



Ricardo Toshio Fujihara
Adriana Cavalieri Sais
Organizadores

**Centro de Ciências
Agrárias da UFSCar:**
Trinta anos de Ensino,
Pesquisa e Extensão



Centro de Ciências Agrárias

Ricardo Toshio Fujihara
Adriana Cavalieri Sais
Organizadores

**Centro de Ciências
Agrárias da UFSCar:**
Trinta anos de Ensino,
Pesquisa e Extensão

editora  **cubo**
soluções para o universo acadêmico

São Carlos, 2023



Este livro é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença *Creative Commons Attribution*, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Centro de Ciências Agrárias da UFSCar [livro eletrônico] : trinta anos de ensino, pesquisa e extensão / organização Ricardo Toshio Fujihara, Adriana Cavalieri Sais. -- 1. ed. -- São Carlos, SP : Cubo Multimídia, 2023.
PDF

Vários colaboradores.
Bibliografia.
ISBN 978-65-86819-35-9

1. Centro de Ciências Agrárias (CCA) - Universidade Federal de São Carlos - História
I. Fujihara, Ricardo Toshio. II. Sais, Adriana Cavalieri.

23-152691

CDD-378.8161

Índices para catálogo sistemático:

1. Centro de Ciências Agrárias : Universidade Federal de São Carlos : São Paulo : História 378.8161

Aline Grazielle Benitez - Bibliotecária - CRB-1/3129

<https://doi.org/10.4322/978-65-86819-35-9>

As ideias e opiniões emitidas nesta publicação são de exclusiva e inteira responsabilidade dos autores, não exprimindo, necessariamente, o ponto de vista da Editora Cubo.

Capa, projeto gráfico e diagramação

editora cubo
soluções para o universo acadêmico

www.editoracubo.com.br
+55 16 3509-7800

Agradecemos a todos os envolvidos na construção da bela história do campus Araras e do Centro de Ciências Agrárias da UFSCar.

SUMÁRIO

Introdução	7
Adriana Cavalieri Sais, Ricardo Toshio Fujihara	
01	
30 Anos do Campus Araras e do Centro de Ciências Agrárias da UFSCar: passado, presente e futuro	9
<i>30 Years of the Araras campus and the Center for Agricultural Sciences at UFSCar: past, present and future</i>	
Gustavo Grandini Bastos, Larissa Rizzatti Gomes, Ricardo Toshio Fujihara, Adriana Cavalieri Sais	
02	
Atividades de ensino, pesquisa e extensão da área de socioeconomia aplicada do Centro de Ciências Agrárias (CCA) – Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) - Campus Araras-SP	29
<i>Teaching, research and extension activities of the applied socioeconomy area of the Center for Agricultural Sciences (CCA) – Federal University of São Carlos (UFSCar) - Campus Araras-SP</i>	
Adriana Estela Sanjuan Montebello, Marta Cristina Marjotta-Maistro, Jerônimo Alves dos Santos	
03	
Espaço de Memória do Instituto do Açúcar e do Alcool (IAA) na Biblioteca Campus Araras da UFSCar	35
<i>Memory Space of the Sugar and Alcohol Institute (IAA) in the Library of the Araras Campus of UFSCar</i>	
Alini Cristiani De Carli Demarchi, Lenita de Godoi	
04	
Produção de milho orgânico em consórcio com adubos verdes	43
<i>Maize production organic in intercropping with green manure</i>	
Anastácia Fontanetti, Leila Bonfanti, Barbara Chrys Gomes Balduino, Taína Cardoso Martins, Renan Rocha de Oliveira	
05	
Perdas pós-colheita de frutas e hortaliças	55
<i>Postharvest losses of fruits and vegetables</i>	
Christiane de Fátima Martins França, Laleska Cesila Rabelo, Victor Augusto Forti	
06	
As licenciaturas do <i>campus</i> de Araras da UFSCar: panorama histórico a partir dos dados do Censo da Educação Superior	67
<i>Teacher training of UFSCar's Araras campus: historical overview based on Higher Education Censo data</i>	
Daniele Lozano	
07	
Biossorventes de resíduos agroindustriais: potencial estratégia para remoção de contaminantes de águas	81
<i>Biosorbents from agroindustrial residues: a potential strategy for the removal of contaminants in water</i>	
Elma Neide Vasconcelos Martins Carrilho, Priscila Aparecida Milani	
08	
Educação inclusiva e ensino de Ciências da Natureza e Matemática: uma síntese da produção do laboratório de tecnologias e inclusão	95
<i>Inclusive education and teaching Nature Sciences its Math: a summary of the production of technologies and inclusion laboratory</i>	
Estéfano Vizconde Veraszto, Juliane Cristina Molena, Luciana Maria Estevam Marques, Osório Augusto de Souza Neto, José Tarcísio Franco de Camargo, Nathália Elisa Ferreira Vicente, Brena Santana Zanzarini, Michele Batista dos Santos	

09

- Análise de níveis máximos/mínimos de variáveis relacionadas às ciências agrárias sob a teoria de valores extremos 111
Maximum/minimum levels analysis of agricultural sciences related variables thought extreme values theory
Gilberto Rodrigues Liska, Josiane Rodrigues

10

- Um estudo sobre condições de vida e qualidade do saneamento ambiental em assentamentos da reforma agrária 123
A study on living conditions and quality of environmental sanitation in agrarian reform settlements
Janice Rodrigues Placeres Borges, Keila Cássia Santos Araújo Lopes

11

- Difusão e popularização do programa R em atividades de ensino, pesquisa e extensão 139
Diffusion and popularization of the R program in teaching, research and extension activities
Josiane Rodrigues, Gilberto Rodrigues Liska, Fernanda Abduche Galvão Pimentel, Alessia Zincone Volponi

12

- Programa de Pós-Graduação em Agricultura e Ambiente: passado, presente e futuro 149
Graduate Program in Agriculture and Environment: past, present and future
Kayna Agostini, Valéria Forni Martins, Roberta Cornélio Ferreira Nocelli, Claudinei Fonseca Souza

13

- Educação musical na universidade: uma análise a partir da criação do estúdio de ensaios no CCA/UFSCar (Araras, SP) 163
Musical education at the university: an analysis based on the creation of the essay studio at CCA/UFSCar (Araras, SP)
Luiz Antonio Cabello Norder, Amanda Araújo Dias de Melo, Gustavo de Andrade Poyares, Leonardo Silva de Oliveira

14

- Programa de Avaliação da Fertilidade do Solo do CCA/UFSCar: relevância social, científica e acadêmico-pedagógica 175
Soil Fertility Assessment Program of CCA/UFSCar: social, scientific, and academic-pedagogical relevance
Marcio Roberto Soares, José Carlos Casagrande

15

- Materiais biodegradáveis para uso na agricultura: estudos realizados no CCA/UFSCar visando o aproveitamento da vinhaça da cana-de-açúcar 193
Biodegradable materials for agriculture applications: research projects at CCA/UFSCar aiming the use of sugarcane vinasse
Mariana Altenhofen da Silva, Reinaldo Gaspar Bastos, Marcio Roberto Soares

16

- GEAgro: trilhando a extensão e a pesquisa ao longo dos últimos 10 anos (2011-2021) 207
GEAgro: trailing extension and research over the last 10 years (2011-2021)
Marta Cristina Marjotta-Maistro, Adriana Estela Sanjuan Montebello, Jeronimo Alves dos Santos

17

- Contribuição à caracterização do açúcar mascavo quanto aos aspectos microbiológicos, físico-químicos e sensoriais 217
Contribution to the characterization for the aspects too brown sugar in microbiological, physical-chemical and sensory
Marta Regina Verruma-Bernardi, Emile Manoele Armange, Sandra Regina Ceccato-Antonini, Silvia Raquel Bettani, Maria Teresa Mendes Ribeiro Borges

18

- Aproveitamento microbiano de subprodutos do processamento de cana-de-açúcar: avanços e perspectivas a partir de pesquisas no CCA/UFSCar 229
Microbial use of by-products from sugarcane processing: advances and perspectives from researches of CCA/UFSCar
Reinaldo Gaspar Bastos, Mariana Altenhofen da Silva

19

O Centro de Ciências Agrárias e a Guarnição da Aeronáutica de Pirassununga: reunindo esforços para a conservação da biodiversidade no estado de São Paulo 247

The Center for Agricultural Sciences and the Air Force Garrison of Pirassununga: joining efforts for the conservation of biodiversity in the state of São Paulo

Renata Sebastiani, Emmanuélly Maria de Souza Fernandes, Giselle Mendes Gurelli, Israel Henrique Buttner Queiroz, José Victor da Silva, Julia Mortatti Monarcha, Lucas Ribeiro Correa, Margareth Lumy Sekiama, Mário Giovanini Antas de Freitas, Samara Thays Moreira Muller, Silvana Barros Silva, Vlamir José Rocha

20

Laboratório de Silvicultura e Pesquisas Florestais da UFSCar: 10 anos de aprendizados e contribuições à restauração de ecossistemas 257

The Forestry and Forest Research Laboratory at UFSCar: 10 years of lessons learned and contributions to ecosystem restoration

Ricardo Augusto Gorne Viani, Ana Carolina Cardoso de Oliveira, Adélia Carla Santos Ornelas, Crislaine de Almeida, Daniel Horle, Marina Pérola Zerbinato José

21

Serviços de polinização: conservação de abelhas para garantir manutenção da biodiversidade e comida na mesa ... 273

Pollination services: conservation of bees to ensure biodiversity and food on the table

Kayna Agostini, Roberta Cornélio Ferreira Nocelli

22

Soro de queijo porungo: da enzima ao prebiótico 283

Porungo cheese whey: from the enzyme to the prebiotic

Sabrina Gabardo

23

A história do LAMAM no CCA: ensino, pesquisa e extensão em microbiologia industrial, agrícola e ambiental no contexto interdepartamental 299

The history of LAMAM at CCA: teaching, research, and extension in industrial, agricultural, and environmental microbiology within an interdepartmental context

Sandra Regina Ceccato-Antonini, Márcia Maria Rosa-Magri, Silvana Perissatto Meneghin, Renato Nallin Montagnolli, Dânia Elisa Christofolletti Mazzeo Morales, Lucia Therezinha Picollo Silva

24

Temas, metodologias e estratégias para a alfabetização científica e tecnológica: dos anos iniciais à formação de professores 313

Subjects, methodologies and strategies for scientific and technological literacy: from early years of elementary school to teacher education

Tathiane Milaré

25

Sementes crioulas: importância e qualidade 327

Landrace seeds: importance and quality

Victor Augusto Forti, Christiane de Fátima Martins França

26

Mamíferos do campus da UFSCar-Araras, os fantásticos “seres invisíveis” 339

Mammals from the UFSCar-Araras campus, the fantastic “invisible beings”

Vlamir José Rocha, Lucas Ribeiro Correa, Lucas Loureiro de Almeida, Gabriele Arthur Ercolin, Carolina Mastriaga Revoredo, Margareth Lumy Sekiama

27

As atividades de Ensino, Pesquisa e Extensão do GEPEG – Grupo de Estudos e Pesquisa em Entomologia Geral 347

The activities of Teaching, Research and Extension of GEPEG - Group of Studies and Research in General Entomology

Ricardo Toshio Fujihara

Introdução

Neste livro, comemoramos os 30 anos de existência do Centro de Ciências Agrárias (CCA), unidade acadêmica da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). O CCA foi criado em 1991 juntamente com o campus Araras. Sua missão é contribuir para o desenvolvimento sustentável da sociedade por meio da formação de profissionais capacitados e comprometidos, da realização de pesquisas relevantes e da disseminação de conhecimento para a comunidade. O CCA também busca promover a inclusão e a diversidade em suas atividades acadêmicas e administrativas.

Para conhecer um pouco mais sobre nossa história, nossos valores, nossa pesquisa e nossas atividades, convidamos todos a ler os capítulos que são sucintamente aqui apresentados nesta breve introdução.

O capítulo 01 é um registro histórico do local hoje ocupado pelo campus Araras da UFSCar: os cafezais do século XIX, sua substituição gradativa pela cana-de-açúcar, que culminou com a implementação do Instituto do Açúcar e do Alcool nos anos 1950, antes de ser incorporado à UFSCar no início dos anos 1990.

O capítulo 02 traz um registro das atividades de ensino, pesquisa e extensão da área de socioeconomia, relatando a trajetória desta área de pesquisa dentro do CCA, com destaque à interdisciplinaridade e à integração, principalmente nas atividades dos cursos de Engenharia Agrônoma, Biotecnologia e Agroecologia.

O capítulo 03 apresenta a experiência da Biblioteca campus Araras da UFSCar na construção de um “Espaço de Memória”, com destaque para o acervo do extinto Instituto do Açúcar e do Alcool.

O capítulo 04 tem como tema a produção de milho em sistema orgânico, que é restrita no Brasil, o que dificulta a consolidação das cadeias produtivas de leite, carne e ovos orgânicos. O texto discute os principais desafios tecnológicos para a produção de milho em sistema orgânico e apresenta os principais resultados das pesquisas sobre a produção de milho orgânico desenvolvidas desde 2009 no CCA.

O capítulo 05 é um estudo de caso que está sendo realizado no CCA com o objetivo de propor estratégias de manejo simples e assertivas, buscando a redução das perdas e do desperdício de hortaliças, contribuindo, assim, tanto para a manutenção do setor varejista como para a garantia da segurança alimentar e nutricional em nível local.

O capítulo 06 traz um panorama das licenciaturas em Química, Física e Ciências Biológicas implementadas no CCA a partir da adesão da UFSCar ao REUNI. O histórico traçado a partir dos microdados do Censo da Educação Superior permitiu aos autores fazer uma análise dos cursos.

O capítulo 07 trata de biossorventes de resíduos agroindustriais, que podem ser uma potencial estratégia para a remoção de contaminantes de águas.

O capítulo 08 aborda a educação inclusiva e o ensino de Ciências da Natureza e Matemática, apresentando uma síntese da produção do Laboratório de Tecnologias e Inclusão (Labintec), ao mostrar as pesquisas que deram origem à efetivação dos estudos até a configuração e organização dos envolvidos no grupo de pesquisa.

O capítulo 09, sob o título “Análise de níveis máximos/mínimos de variáveis relacionadas às ciências agrárias sob a teoria de valores extremos”, discute o uso da teoria de valores extremos em variáveis extremas de poluentes atmosféricos. São abordadas duas situações envolvendo as cidades de Cubatão e Paulínia, ambas do estado de São Paulo, considerando modelos probabilísticos univariados e bivariados para calcular a probabilidade de níveis máximos de poluentes a serem superados, bem como o nível máximo esperado para dado período de retorno.



Este é um capítulo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença [Creative Commons Attribution](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

O capítulo 10 é um estudo sobre as condições de vida e a qualidade do saneamento ambiental em assentamentos da reforma agrária, além de relatar experiências de pesquisa, compartilhamento e construção do conhecimento, a partir da interação dos pesquisadores da equipe com os assentados em seus territórios.

O capítulo 11 traz os desafios da difusão e popularização do Programa R em atividades de ensino, pesquisa e extensão.

O capítulo 12 apresenta a trajetória do Programa de Pós-Graduação em Agricultura e Ambiente (PPGAA) do CCA e mostra a sua importância para a formação de mestres comprometidos com o desenvolvimento da agricultura e proteção do meio ambiente, pautados na ética em desenvolver pesquisas com responsabilidade.

O capítulo 13 traz informações sobre a educação musical na Universidade a partir da criação do estúdio de ensaios no CCA. São apresentados resultados de pesquisa sobre a percepção de discentes sobre o acesso à educação musical e o interesse pelo aprendizado da música no período universitário.

O capítulo 14 apresenta o Programa de Avaliação da Fertilidade do Solo do CCA, que oferece a prestação de serviços de análises químicas de solo, tecido vegetal, resíduos e subprodutos agroindustriais, fertilizantes e corretivos agrícolas, além de diagnósticos e recomendações para o manejo sustentável da fertilidade do solo, permitindo a apropriação de conhecimento tecnológico por diversos segmentos da sociedade.

O capítulo 15 traz as pesquisas da área de materiais biodegradáveis e o aproveitamento de bioprodutos na agricultura. Tem como destaque estudos sobre o aproveitamento da vinhaça da cana-de-açúcar, como o desenvolvimento de fertilizantes de liberação lenta à base de biopolímeros e vinhaça.

O capítulo 16 apresenta a extensão e a pesquisa desenvolvidas pelo GEAgro no período de 2011 a 2021.

O capítulo 17 traz contribuições à caracterização do açúcar mascavo quanto aos aspectos microbiológicos, físico-químicos e sensoriais, descrevendo a experiência acumulada ao longo dos anos no CCA, advinda do contato com pequenos produtores artesanais, agricultores familiares, cooperativas, pequenas agroindústrias e indústrias, analisando seus produtos, bem como a experiência adquirida com a produção de açúcar mascavo em bancada de laboratório e respectivas avaliações tecnológicas.

O capítulo 18 apresenta os fundamentos envolvidos nas linhas de pesquisas conduzidas no LABMAC/CCA/UFSCar em mais de uma década. Em particular, são discutidos os conceitos e estudos, assim como as perspectivas do aproveitamento microbiano de subprodutos do setor sucoenergético.

O capítulo 19, com o título “O Centro de Ciências Agrárias e a Guarnição da Aeronáutica de Pirassununga: reunindo esforços para a conservação da biodiversidade no estado de São Paulo”, apresenta informações preliminares

sobre as formações vegetais representadas na Guarnição, assim como estudos de fauna, fungo e flora conduzidos, com ênfase na ocorrência de novas espécies, tamanho de fragmentos florestais, levantamento de dados a partir de coleções biológicas e importância da área para a conservação da biodiversidade da Bacia do Rio Mogi Guaçu e do estado de São Paulo.

O capítulo 20 traz 10 anos de aprendizados e contribuições à restauração de ecossistemas do Laboratório de Silvicultura e Pesquisas Florestais (LASPEF).

O capítulo 21 discute a importância das abelhas, dos serviços prestados por estes insetos e o grande impacto na manutenção da biodiversidade e na produção agrícola. Apresenta dados básicos da literatura e, principalmente, os resultados obtidos a partir de projetos desenvolvidos pelos dois grupos de pesquisa ASAs e Estudos dos Serviços de Polinização (ESP) no CCA.

O capítulo 22, com o título “Soro de queijo porungo: da enzima ao prebiótico”, apresenta uma abordagem das recentes metodologias e estratégias de obtenção de galacto-oligosacarídeos (GOS) e as variáveis de processo para a sua síntese. Também apresenta os benefícios dos GOS para a saúde e de suas propriedades tecnológicas para a aplicação industrial.

O capítulo 23 traz a história do LAMAM no CCA, abordando atividades de ensino, pesquisa e extensão em microbiologia industrial, agrícola e ambiental no contexto interdepartamental.

O capítulo 24 traz temas, metodologias e estratégias para a alfabetização científica e tecnológica desde os anos iniciais até a formação de professores.

O capítulo 25 discute, num contexto agroecológico, aspectos relacionados à importância e qualidade de sementes crioulas e destaca o que vem sendo construído nessa temática de estudo no CCA. Segundo os autores, as sementes crioulas resistem e se tornam fontes de equilíbrio e de preservação da agrobiodiversidade e da cultura de comunidades que as guardam e propiciam a continuidade da sua produção agrícola sustentável.

O capítulo 26 traz os fantásticos “seres invisíveis”, ou seja, mamíferos que ocorrem nas áreas do campus Araras da UFSCar ou que as usam como rota de deslocamento. O capítulo também descreve os principais métodos de registros desses animais durante o período de 2009 a 2022.




Por fim, o capítulo 27 apresenta um breve relato sobre o histórico e a infraestrutura do GEPEG - Grupo de Estudos e Pesquisa em Entomologia Geral, bem como as atividades de ensino, pesquisa e extensão desenvolvidas nos seus quase 10 anos de existência.

Desejamos a todos uma boa leitura!

Adriana Cavalieri Sais
Ricardo Toshio Fujihara

30 Anos do Campus Araras e do Centro de Ciências Agrárias da UFSCar: passado, presente e futuro

30 Years of the Araras campus and the Center for Agricultural Sciences at UFSCar: past, present and future

Gustavo Grandini Bastos¹ 
 Larissa Rizzatti Gomes²
 Ricardo Toshio Fujihara³ 
 Adriana Cavalieri Sais⁴ 

¹Biblioteca Municipal "Martinico Prado", Araras, SP, Brasil. guggrandini@gmail.com

²Museu Histórico de Jaboticabal Aloisio de Almeida, SP, Brasil. larissa.rizzatti.gomes@gmail.com

³Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Centro de Ciências Agrárias (CCA), Araras, SP, Brasil. rtfujihara@ufscar.br

⁴Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Centro de Ciências Agrárias (CCA), Araras, SP, Brasil. accsais@ufscar.br

RESUMO O campus Araras e o Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) têm uma história muito mais antiga dos que os 30 anos comemorados em 2021. Dos cafezais do século XIX sobraram as construções, em especial a senzala, que nos faz pensar sobre um período que deixou marcas profundas em nossa sociedade e que estão presentes até hoje. A cana-de-açúcar substituiu gradativamente o café e nos anos 1950 foi implementado o Instituto do Açúcar e do Alcool (IAA), instituição federal que foi protagonista no melhoramento da cana-de-açúcar, atividade até hoje extremamente relevante no CCA. No início dos anos 1990, mudanças nas políticas públicas federais decretaram a extinção do IAA, que foi incorporado à UFSCar. Surgiram o campus Araras e o CCA. E nada mais natural que suas atividades fossem iniciadas com o curso de graduação em Engenharia Agrônoma. Sua expansão acadêmica começou nos anos 2000 e se consolidou nos anos 2010 com os cursos do Programa de Apoio a Planos de Reestruturação e Expansão das Universidades Federais (Reuni). Hoje somos cinco departamentos acadêmicos, seis cursos de graduação e quatro de pós-graduação; pesquisas em diferentes áreas do conhecimento e com forte vocação em extensão. Somos plurais. Para celebrar os nossos 30 anos, convidamos vocês à leitura das próximas páginas, que contam um pouco sobre a nossa rica memória histórica, marcada pela recente pandemia de Covid-19 e pelo distanciamento social. Que a história nos fortaleça ainda mais!

Palavras-chave: Fazenda Santa Escolástica; Instituto do Açúcar e do Alcool; Universidade Federal de São Carlos; CCA; IAA.

ABSTRACT The Araras campus and the Center for Agricultural Sciences (CCA) of the Federal University of São Carlos (UFSCar) have a much older history than the 30 years celebrated in 2021. From the coffee plantations of the 19th century, buildings remain, especially the slave quarter, which makes us think about a period that left deep marks on our society and that



Este é um capítulo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença [Creative Commons Attribution](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

is present today. Sugarcane gradually replaced coffee and in the 1950s the Institute of Sugar and Alcohol (IAA) was implemented, a Federal Institution that played a leading role in the improvement of sugarcane, an activity that is still extremely relevant at the CCA. In the early 1990s, changes in federal public policies decreed the extinction of the IAA, which was incorporated into UFSCar. The Araras campus and the CCA emerged. It was only natural that its activities began with the undergraduate course in Agronomic Engineering. Its academic expansion began in the 2000s and was consolidated in the 2010s with courses of the Programa de Apoio a Planos de Reestruturação e Expansão das Universidades Federais (REUNI). Today the CCA has five academic departments, six undergraduate and four graduate courses: research in different areas of knowledge, and a strong vocation for the extension. We are plural. To celebrate our 30th anniversary, we invite you to read the next pages, which tell a little about our rich historical memory, marked by the recent COVID-19 pandemic and social distancing. May history strengthen us even more!

Keywords: Santa Escolástica Farm; Institute of Sugar and Alcohol; Federal University of São Carlos; CCA; IAA.

1. ONDE TUDO COMEÇOU: FAZENDA SANTA ESCHOLÁSTICA, ARARAS (1848-1925)¹

Em meados do século XIX, o alferes da Guarda Nacional, delegado de polícia, fazendeiro e político Joaquim Franco de Camargo, um opulento e poderoso morador de Limeira, era detentor de mais de 18 mil hectares na região, incluindo o Sítio Montevideo, em Araras, que somava, aproximadamente, 8 mil hectares. Em 1861, o sítio foi dividido entre seus herdeiros – e uma das parcelas foi transferida para José Silveira Franco, casado com Escolástica Silveira Franco. O casal teve dois filhos: Joaquim Franco de Camargo Junior e Cândida Silveira Franco. Delineava-se então a Fazenda Santa Escolástica, com quase 900 hectares.

Outras parcelas do antigo latifúndio foram herdadas por duas filhas do alferes, Manoela e Clara, casadas com seus primos, os irmãos Bento e José de Lacerda Guimarães, que viriam, anos depois, a receber os títulos de barões de Araras e de Arary. Posteriormente, uma das filhas de José de Lacerda Guimarães, Maria das Dores, viria a se casar com Joaquim Franco de Camargo Junior, seu primo, herdeiro da Fazenda Santa Escolástica. Assim, parte da fazenda acabou sendo aquinhoadada por essa filha do Barão de Arary. Os descendentes do alferes Franco detinham, portanto, a Fazenda Santa Escolástica e várias outras propriedades em Araras e região.

Naquela época, a Fazenda Santa Escolástica produzia, principalmente, café e cana-de-açúcar com base no trabalho de mais de 70 pessoas escravizadas. Após a Lei do Ventre Livre, em 1871, houve o nascimento de 62 crianças juridicamente livres, mas que permaneceram com as mães que ainda eram cativas. Em um contexto de intensos pro-

testos abolicionistas, enfrentamentos, rebeliões e fugas em massa, Escolástica Silveira Franco e seu filho Joaquim, da mesma forma que vários outros fazendeiros, anunciaram, em julho de 1887, a alforria de 76 pessoas escravizadas na fazenda. Todavia, era uma alforria condicional: exigia-se que os “libertos” permanecessem ali trabalhando mediante uma modesta remuneração, caso contrário a alforria seria cancelada. Nove meses depois, em 8 de abril de 1888, houve a Abolição no município de Araras – cinco semanas antes do 13 de maio.

Duas edificações do século XIX foram parcialmente preservadas: a sede e o engenho/senzala. Em 1925, a Fazenda Santa Escolástica foi vendida para Luiz Del Nero, um empresário de origem italiana, e subdividida 11 anos depois (Figura 1).

2. DE SANTA ESCHOLÁSTICA AO INSTITUTO DO AÇÚCAR E DO ÁLCOOL

O Instituto do Açúcar e do Alcool (IAA) foi uma autarquia federal criada em 1933, com o objetivo de atuar e promover o setor sucroalcooleiro do país, durante o governo do presidente Getúlio Vargas, com ações como a regulação do preço dos produtos e a promoção de pesquisas com o cultivo da cana-de-açúcar (HENRIQUES; MORAIS, 2015). No início da década de 1950, o então prefeito de Araras, Hermínio Ometto – que também era o vice-presidente da Associação de Usineiros do Estado de São Paulo –, liderou as buscas para a construção de uma escola agroindustrial no município, tendo em vista que defendia a necessidade de qualificação técnica no cultivo e industrialização da cana-de-açúcar.

Na mesma época, o IAA objetivava instalar três escolas nacionais para aprendizado da ciência agroindustrial do açúcar no Brasil. Esse objetivo, somado à posição po-

¹ Item baseado em: Norder e Poyares (2022).

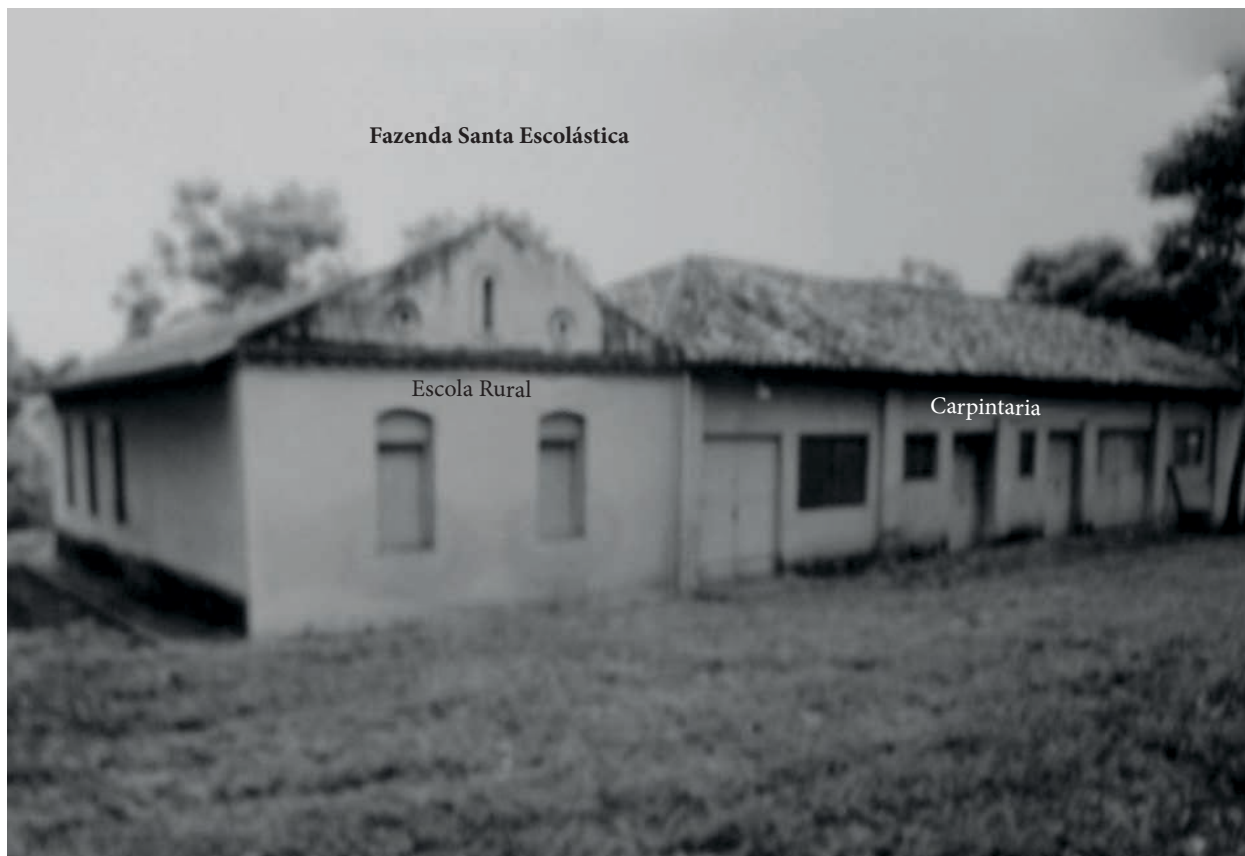


FIGURA 1 - Fazenda Santa Escolástica.
Fonte: Acervo UFSCar.

lítico-econômica de Hermínio Ometto e à ajuda do deputado federal Nelson Ômega e do deputado estadual Ruy de Almeida Barbosa, os quais desempenharam importante papel junto aos seus pares, colaborou para a instalação de uma dessas escolas na cidade de Araras (Figuras 2 e 3). A fazenda acabou se transformando em uma estação experimental.

O projeto de construção do equipamento contemplava o estabelecimento de uma escola com estruturas modernas, sob a forma de um internato, contendo todas as dependências necessárias para tal (Figura 4). Em 1953, a propriedade foi adquirida pela Prefeitura Municipal e logo em seguida transferida ao IAA.

Além da Fazenda Santa Escolástica, duas outras propriedades foram consideradas para a instalação da escola em Araras: a Fazenda São Tomé e a Granja São Paulo (Figura 5). No entanto, segundo relatos, as características da terra e o melhor preço de venda fizeram com que a Fazenda Santa Escolástica fosse a escolhida. Localizada às margens da rodovia Anhanguera e de propriedade de Eliseu Prada (conhecido de Hermínio Ometto, o que também facilitou a compra) desde 1937, a Fazenda Santa Escolástica possuía então

95 alqueires paulistas², sendo que 50 eram cobertos com canaviais e o restante dividido entre pastagens, benfeitorias e outras culturas. Como exemplo de algumas benfeitorias, a fazenda contava com uma grande casa, (onde está localizada a atual administração do campus Araras – Figura 6), para administrador e operários, barracões, tulhas, rancho, chiqueiros e terreiro ladrilhado. Além de compor uma área com alta qualidade territorial e boa localização.

Preocupado com a agilidade (ou falta dela) de uma estatal para resolver a questão da compra do local, Hermínio Ometto adiantou uma parcela do montante para efetivar a compra e agilizar a instalação de uma escola em Araras, a qual acreditava representar o futuro da indústria açucareira. Em novembro de 1953, a fazenda passou então a pertencer oficialmente ao IAA e a construção da escola, que deveria ser iniciada em breve e receberia o nome de Escola Agroindustrial Getúlio Vargas, ficou em suspenso após a morte de Getúlio Vargas, em 1954, e a consequente troca do presidente do IAA.

² Um alqueire paulista equivale a 24.200m²



FIGURA 2 - Reportagem do *Jornal de Araras* (24/9/1953).
 Fonte: *Jornal de Araras* (24/9/1953). Acervo: Biblioteca Municipal Martinico Prado.

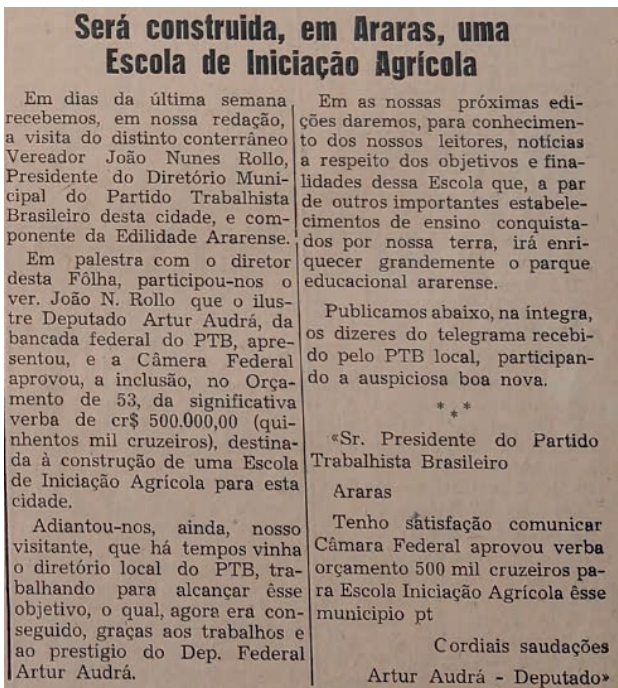


FIGURA 3 - Reportagem do jornal *Tribuna do Povo* (25/1/1953).
 Fonte: *Jornal Tribuna do Povo* (25/1/1953). Acervo: Biblioteca Municipal Martinico Prado.

Desapontado com a não instalação da escola, Herminio Ometto, no entanto, persistia em ressaltar a necessidade do investimento na produtividade da cultura de cana-de-açúcar (Figura 7), e convenceu o engenheiro agrônomo José Alberto Gentil Costa Sousa, integrante do instituto e responsável técnico da estação em Araras, e João Teófilo de Almeida Filho, administrador da fazenda, de que era importante produzir mudas e distribuir aos interessados, pois os produtores necessitavam de boas variedades (Figura 8).

Com isso a fazenda se transformou em um centro de referência de mudas de cana-de-açúcar, e, em 27 de maio de 1969, a antiga Fazenda Santa Escolástica de propriedade do IAA foi transformada oficialmente em “Estação Experimental de Cana-de-Açúcar do IAA” (Figura 9), ficando sua direção técnica jurisdicionada à Divisão de Assistência à Produção (DAP) e subordinada ao Setor Técnico Agrônomo Regional de São Paulo (STIR-SP) (HENRIQUES; MORAIS, 2015).

3. INSTITUTO DO AÇÚCAR E DO ÁLCOOL – ANOS 1970

Na década de 1970, o governo investe no setor de cana-de-açúcar com foco na ampliação e competitividade internacional de produtos, o que desencadeia na retomada de investimentos no setor (Figuras 10-13), incluindo a criação do Programa Nacional de Melhoramento da Cana-de-Açúcar (Planalsucar), como projeto do IAA, em 1971, com objetivos como: assegurar a ampliação das variedades de cana-de-açúcar, atuar com o melhoramento genético de espécies de cana, auxiliar produtores e ampliar investimentos na área de produção agrícola do setor no país (Figura 14).

O Programa Nacional do Alcool (Proálcool) surge em 1975 e, segundo a Agência FAPESP (2016), “representa uma das maiores realizações genuinamente brasileiras baseadas em ciência e tecnologia”, atuando com foco no investimento na produção do álcool e sua promoção como combustível viável frente ao petróleo, visto que o mundo sofria com o choque do petróleo, em 1973.

O etanol vem sendo usado como combustível no Brasil desde os anos 1920, mas foi somente com o advento do Proálcool, em novembro de 1975, que seu papel ficou claramente definido a longo prazo, permitindo que o setor privado investisse maciçamente no aumento de produção. A motivação do governo para lançar o Proálcool foi o peso devastador da conta petróleo na balança de pagamentos do país, que importava na época mais de 80% do petróleo que consumia. A produção anual, que estava em torno de 600 milhões de litros, aumentou rapidamente e ultrapassou a meta do programa, de 10,6 bilhões de litros anuais, em menos de dez anos. (LEITE; LEAL, 2007, p. 17).

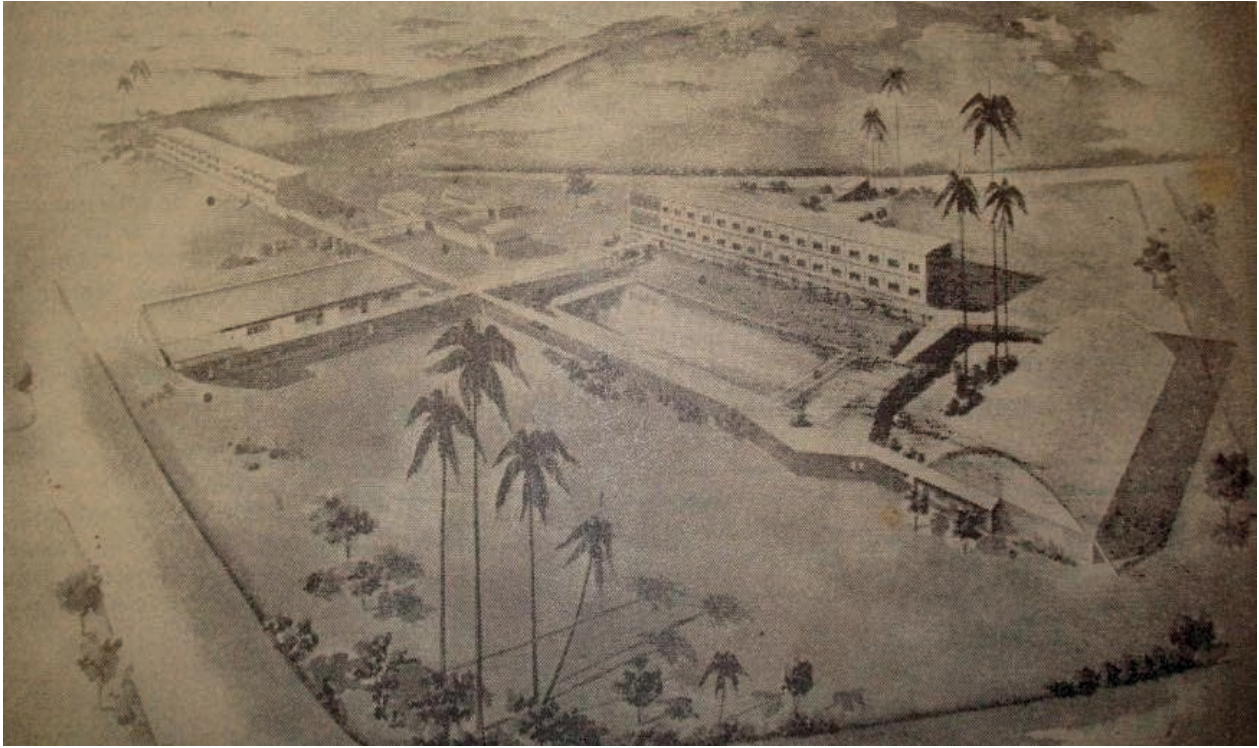


FIGURA 4 - Projeto da Escola Agroindustrial de Araras.
Fonte: Almeida (1954).

O PLANALSUCAR e o Proálcool foram chaves no fortalecimento da cultura da cana-de-açúcar no Brasil, inclusive, com a ampliação das regiões que passam a cultivar a planta. O programa contou com quatro regionais no país, Rio Largo/AL (Regional Nordeste), Carpina/PE (Regional Norte), Campo dos Goytacazes/RJ (Regional Leste) e Araras/SP (Regional Sul), ressaltando a relevância da cidade de Araras como polo de pesquisa e produção reconhecido na área da cana-de-açúcar. (HENRIQUES; MORAIS, 2015).

O IAA, o PLANALSUCAR e o Proálcool tiveram o encerramento das suas atividades ligado ao processo de desregulamentação do setor da cana-de-açúcar no país, crise financeira e alterações políticas ocorridas no início da década de 1990, sob a gestão do presidente Fernando Collor de Mello (1990-1992), com os programas de desestatização, assim o Estado deixa de ter o papel chave nos investimentos dessa área, bem como a redução significativa de subsídios voltados à produção de álcool (Figuras 15 e 16). No período, passou a ser mais interessante os empresários atuarem com a produção de açúcar do que de álcool, considerando a demanda internacional do produto, e isso gerou a redução da oferta do combustível e a consequente diminuição dos carros a álcool. Por tudo isso, o IAA foi extinto no começo de 1990.

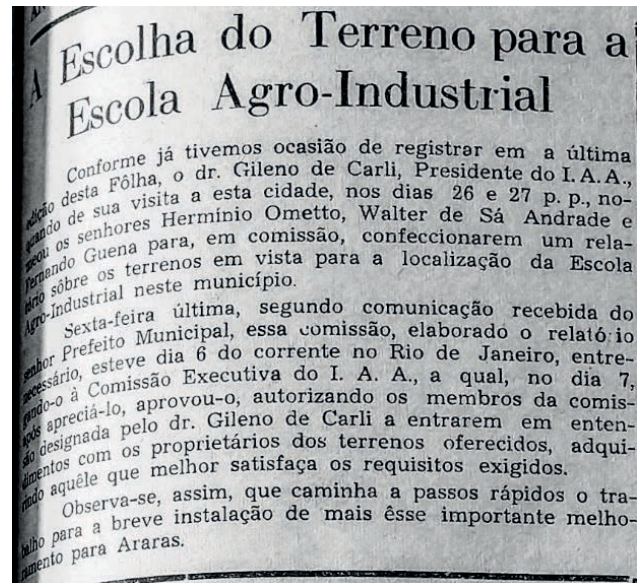


FIGURA 5 - Reportagem do jornal *Tribuna do Povo* (25/1/1953).
Fonte: Jornal *Tribuna do Povo* (11/10/1953). Acervo: Biblioteca Municipal Martinico Prado.

Ocorre a extinção do Instituto do Açúcar e do Álcool (IAA), dando fim aos mecanismos de intervenção na ati-



FIGURA 6 - Edifício da administração do campus Araras.
Fonte: Universidade Federal de São Carlos (2023b).

vidade produtiva que iam desde o estabelecimento de quotas de produção, fixação de preços para a cana-de-açúcar, açúcar e álcool, até a concessão de subsídios (SHIKIDA; PEROSA, 2012, p. 249).

4. O CAMPUS ARARAS E O CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS (CCA)

O fim do IAA de Araras resultou em 75 funcionários postos em disponibilidade remunerada, 17 foram demitidos e 14 continuaram a trabalhar em uma Comissão de Liquidação da instituição. Ao final de 1990, a mobilização de institutos de pesquisa e ensino federais atuou junto ao governo federal para assumir a estrutura e o patrimônio dos antigos institutos e, após negociações, isso foi concluído em dezembro de 1990, em processo liderado pelas universidades federais de Alagoas, Pernambuco, Rural do Rio de Janeiro, São Carlos e Viçosa, o que também resultou na Rede Interinstitucional de Desenvolvimento do Setor Sucroalcooleiro (RIDESA), composta por dez universidades federais, iniciando suas ações em 1991 e que conseguiu dar continuidade aos esforços realizados até o momento nas atividades de pesquisa do PLANALSUCAR, ampliando e aperfeiçoando o trabalho genético com espécies de cana no país.

A UFSCar deu continuidade aos trabalhos desenvolvidos pelo PLANALSUCAR/IAA de Araras, o que assegurou a continuidade de atividades já realizadas; desse modo, em março de 1992, foi aprovada a implementação do Programa de Melhoramento Genético de Cana-de-Açúcar (PMGCA), iniciativa que dá continuidade ao PLANALSUCAR, contando com a parceria com outras instituições da RIDESA e a iniciativa privada.

A Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento do Sucroenergético, foi formada por um convênio de cooperação técnica entre dez Universidades Federais. Assim, as atividades de pesquisa da RIDESA são desenvolvidas e compartilhadas entre todas as universidades, estimulando-se o inter-

Primeiro embarque de álcool para os EE. UU.: 12 milhões de litros

Terá início na próxima semana o primeiro embarque de álcool etílico para os Estados Unidos. Serão embarcados 12 milhões de litros (a granel) pelo navio "Grena", através do Instituto do Açúcar e do Alcool. O produto desse primeiro embarque provem da cidade de Araras, Estado de São Paulo, e registra o peso de 9 753 600 quilos. O "Grena" receberá a carga, que se destina à Texas City, na Ilha Barnabé. Conforme pedido de exame endereçado ao Ministério da Agricultura, o produto é álcool hidratado com 95/90%. O valor da transação é da ordem de Cr\$ 110.947.200,00.

FIGURA 7 - Reportagem do jornal A Tribuna (14/8/1960).

Fonte: A Tribuna (14/8/1960). Acervo: Biblioteca Nacional – Hemeroteca Digital.

ARARAS Reunião de Plantadores de Cana em Fazenda do I.A.A.

ARARAS (Correspondente) — Promovida pelo Instituto do Açúcar e do Alcool e pela Casa da Lavoura de Araras, será realizada na Fazenda Santa Escolástica — Campo Experimental de Cana do I.A.A. — no quilômetros 175 da Via Anhanguera, dia 15 do corrente, uma reunião de plantadores de cana.

O programa é o seguinte: 8 horas — Abertura e palestra: Medidas essenciais para o aumento da produtividade; 9 horas — Demonstração técnica: Tratamento térmico de mudas; 9.15 horas — Visita ao viveiro de mudas e coleção de variedades; 10 horas — Concurso de corte de cana; 11 horas — Churrasco; 13,30 horas — Distribuição de prêmios aos concorrentes e 14 horas — Demonstrações técnicas — a) Funcionamento da Plantadeira de cana — Adubadeira — Pulverizadora; b) — Funcionamento da Colhedeira de cana e c) — Funcionamento do Carregador de cana.

Aos vencedores do concurso de corte de cana, serão entregues

prêmios em dinheiro e medalhas. **ARARAS COMEMORA O DIA DE NOSSA SENHORA DO PATROCÍNIO**

Grandes solenidades religiosas serão levadas a efeito na Igreja Matriz de Nossa Senhora do Patrocínio, em Araras, num preito de gratidão à sua Padroeira.

As festividades tiveram início com novena e bênção do Santíssimo Sacramento e se encerrarão no dia 15 próximo, com missa, comunhão geral e procissão que percorrerá as ruas centrais da cidade.

SINALIZAÇÃO DO TRANSITO

A Municipalidade entrou em entendimentos com firma da Capitel, que se encarregou de proceder a reorganização dos sinais de trânsito. A esse respeito um técnico já esteve na cidade e procedeu aos levantamentos necessários.

Dr. Uzeda Moreira

FIGURA 8 - Correio Paulistano (16/8/1961).

Fonte: Correio Paulistano (16/8/1961). Acervo: Biblioteca Nacional – Hemeroteca Digital.



FIGURA 9 - Entrada da Estação Experimental de Cana-de-Açúcar do IAA em Araras.

Fonte: Acervo do CCA/UFSCar.

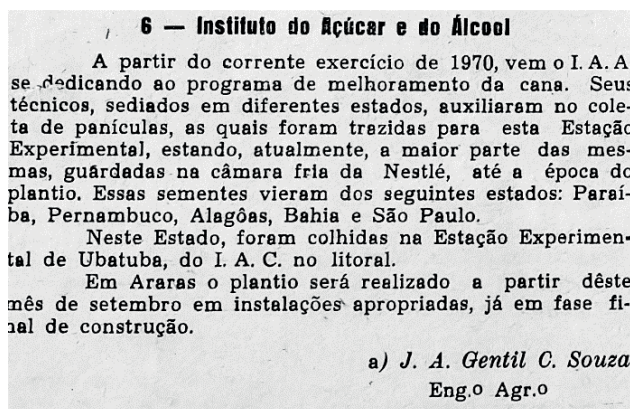


FIGURA 10 - Reportagem do jornal Tribuna do Povo (06/9/1970). Fonte: Tribuna do Povo (6/9/1970). Acervo: Biblioteca Municipal Martinico Prado.

câmbio de informações, de conhecimento e de resultados. Isso aumenta muito a capacidade e a abrangência nacional dos resultados da pesquisa e da inovação. Portanto, a Rede atua em nível nacional e, hoje, é o principal núcleo de pesquisa canavieira no âmbito do Governo Federal. Para que estas novas variedades sejam criadas, a RIDESA conta com 79 bases de pesquisa, englobando Laboratórios das Universidades, Estações de Cruzamento, Estações Experimentais e Bases de Seleção, sendo essas últimas conduzidas em parceria com as empresas do setor canavieiro. A RIDESA produziu 75 cultivares desde 1990, que somados com as cultivares liberadas pelo PLANALSUCAR, somam 94 variedades RB, produzidas em 45 anos de pesquisa em Cana-de-Açúcar. Atualmente, a rede responde por 68% da

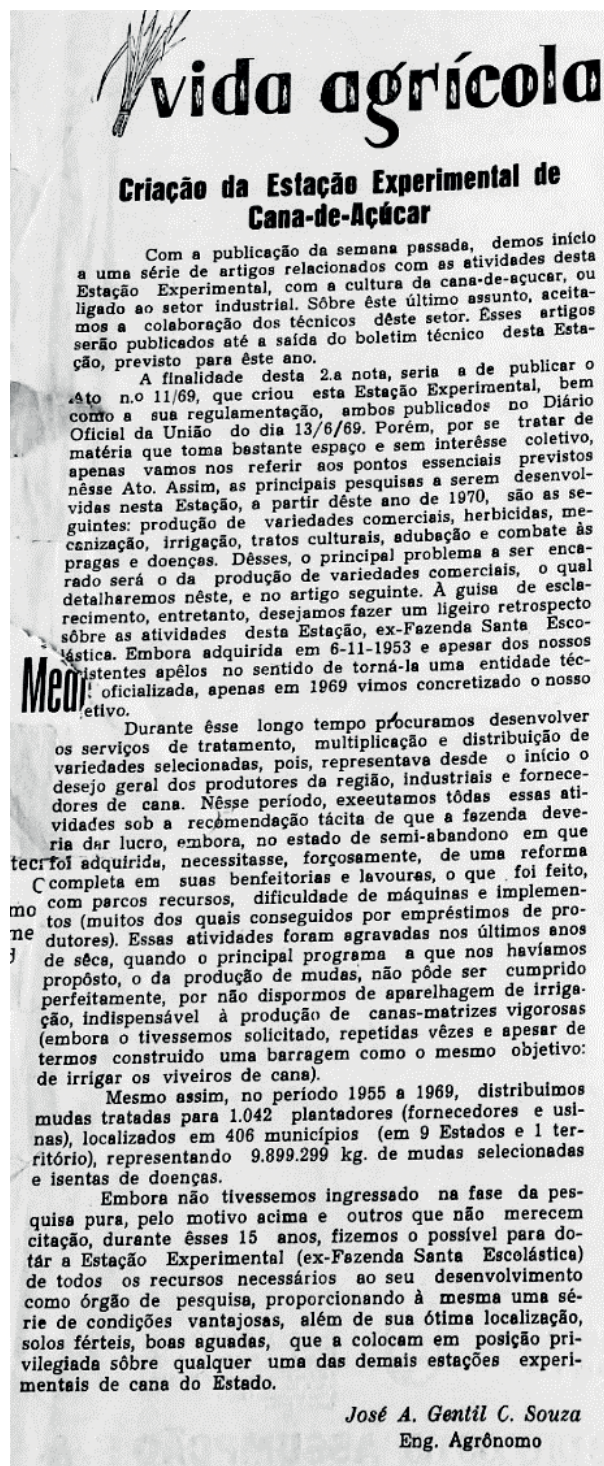


FIGURA 11 - Tribuna do Povo (11/1/1970). Fonte: Tribuna do Povo (11/1/1970). Acervo: Biblioteca Municipal Martinico Prado.

área total de cultivo com essa planta no Brasil (REDE INTERUNIVERSITÁRIA PARA O DESENVOLVIMENTO DO SUCROENERGÉTICO, 2021).

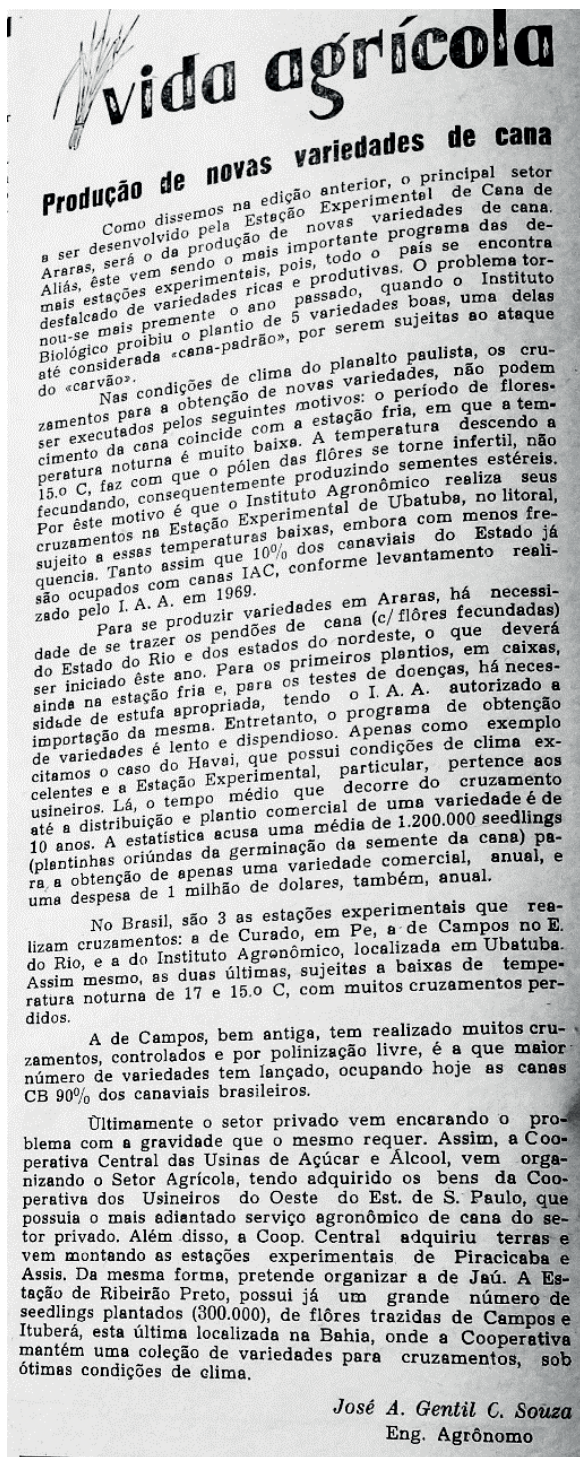


FIGURA 12 - Tribuna do Povo (18/11/1970).
 Fonte: Tribuna do Povo (18/11/1970). Acervo: Biblioteca Municipal Martinico Prado.

UFSCar integra a RIDESA e ficou com o patrimônio do IAA dos estados de São Paulo, Mato Grosso do Sul e Santa Catarina, mas acabou, por questões de logística, ape-

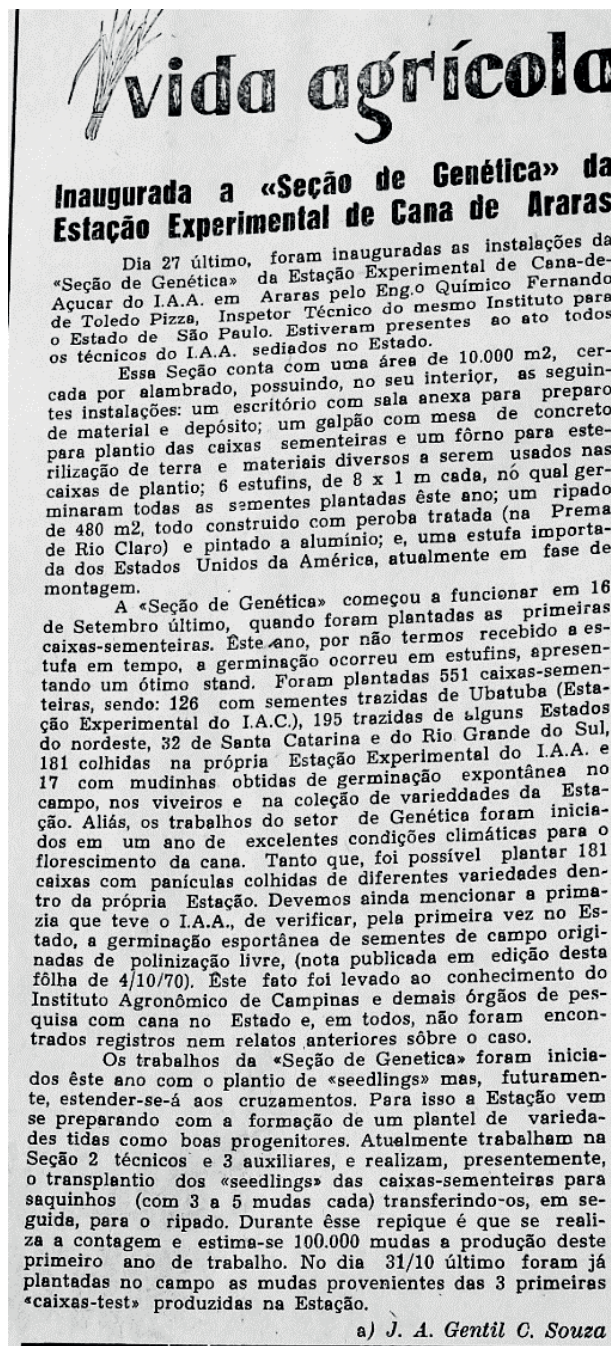


FIGURA 13 - Tribuna do Povo (29/11/1970).
 Fonte: Tribuna do Povo (29/11/1970). Acervo: Biblioteca Municipal Martinico Prado.

nas com os espaços das unidades localizadas no estado de São Paulo, totalizando 309,95 hectares, situados em Araras (229,90 hectares), Valparaíso (60,52 hectares), Anhembi (12,33 hectares) e Piracicaba (7,22 hectares). A transferência de bens e pessoal para a UFSCar foi realizada ao longo dos anos de 1990 e 1991. É em fevereiro de 1991, com o parecer do Conselho Universitário da UFSCar n. 146/91,



FIGURA 14 - Atividades do IAA.
 Fonte: Acervo do CCA/UFSCar.

que é autorizada a implementação do Centro de Ciências Agrárias, com o campus em Araras, com seu funcionamento autorizado no espaço do antigo IAA, foi o Prof. Dr. Silvio P. Batomé o responsável pela coordenação do processo de incorporação (HENRIQUES; MORAIS, 2015).

Inicialmente, o campus Araras contou com área total de 22.200 m², composta por prédios, estrutura de irrigação e apoio das atividades (Figura 17). Foram necessários ajustes e melhorias para a volta das atividades do espaço, considerando o período de inatividade, alterações de estrutura e mudanças organizacionais resultantes do novo

gerenciamento institucional por parte da UFSCar. O papel dos servidores existentes foi essencial nesse processo, considerando as dificuldades e mudanças que a volta das atividades gerou, os trabalhadores em disponibilidade foram incorporados ao quadro de funcionários da UFSCar, contando com 40 docentes e 70 servidores da área técnico-administrativa.

Foi então criado o Centro de Ciências Agrárias (CCA) e três departamentos acadêmicos, de acordo com as especialidades dos docentes: Departamento de Biotecnologia Vegetal (DBV), Departamento de Recursos Naturais e Proteção Ambiental (DRN) e Departamento de Tec-



FIGURA 15 - *Opinião Jornal* (26/5/1990).
 Fonte: *Opinião Jornal* (26/5/1990). Acervo: Biblioteca Municipal Martinico Prado.



FIGURA 17 - UFSCar campus Araras em 1991.
 Fonte: Acervo do CCA/UFSCar.

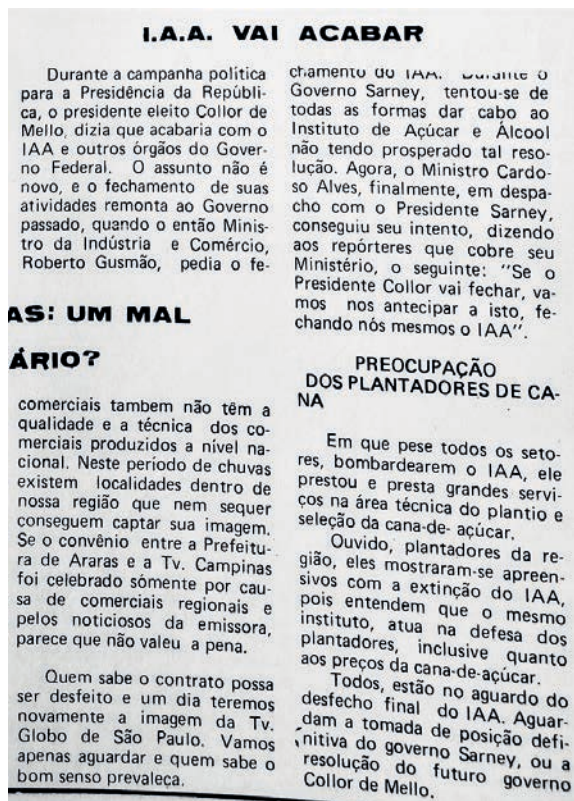


FIGURA 16 - *Jornal de Araras* (13/1/1990).
 Fonte: *Jornal de Araras* (13/1/1990). Acervo: Biblioteca Municipal Martinico Prado.



FIGURA 18 - *Jornal de Araras* (4/4/1991).
 Fonte: *Jornal de Araras* (4/4/1991). Acervo: Biblioteca Municipal Martinico Prado.

nologia Agroindustrial e Socioeconomia Rural (DTAI) (Figura 18).

O primeiro curso a ser criado na UFSCar campus Araras foi o bacharelado em Engenharia Agrônoma, no ano de 1993, integral e com 40 vagas anuais³ (Figura 19).

Já em 2006 ocorre a primeira expansão institucional: com a criação do curso de graduação em Biotecnologia, curso com 30 vagas e integral, sendo também criados, no mesmo ano, o primeiro curso de pós-graduação, o mestrado em Agroecologia e Desenvolvimento Rural.

Em 2008, mais quatro cursos foram criados, seguindo as possibilidades decorrentes do Reuni, sendo eles: bacharelado em Agroecologia, curso integral, com oferta de 40 vagas, em 10 semestres, e as licenciaturas em Ciências Biológicas,

³ Atualmente são ofertadas 50 vagas anuais em período integral, e o curso pode ser concluído em 10 semestres.

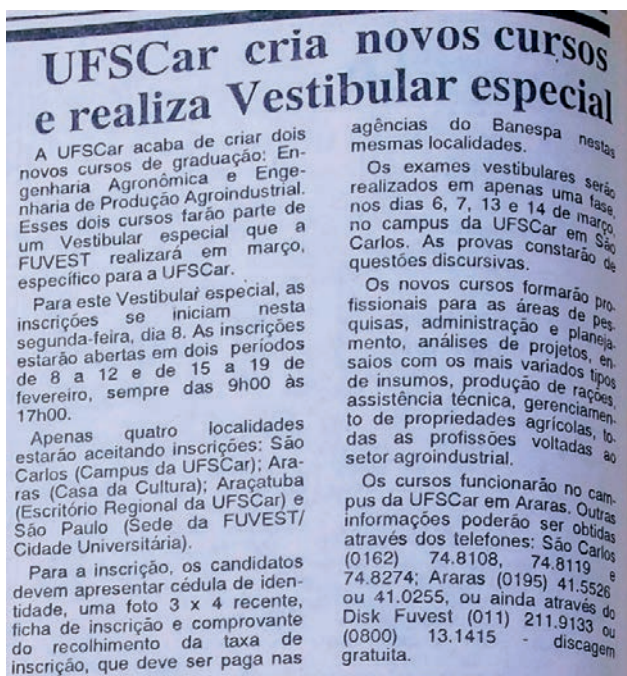


FIGURA 19 - Jornal A Cidade (6/2/1993).

Fonte: Jornal A Cidade (6/2/1993). Acervo: Biblioteca Municipal Martinico Prado.

Física e Química, todas com 40 vagas e com as disciplinas ministradas no período noturno. Também foi criado o mestrado em Agricultura e Ambiente, inaugurando o segundo curso de pós-graduação do campus. Em 2013 e 2016, respectivamente, são criados os mestrados em Produção Vegetal e Bioprocessos Associados e Educação em Ciências e Matemática. Registra-se também o Master of Technology Administration (MTA) em Gestão Industrial Sucroenergética, criado em 2007 e constituindo o primeiro Lato Sensu do campus.

A UFSCar (Universidade Federal de São Carlos) foi criada em 1968 e ainda hoje é a única Universidade Federal do interior do estado de São Paulo. Atualmente, oferece 65 cursos e 3.047 vagas na graduação presencial, além de 59 programas de pós-graduação, sendo 47 de mestrado, 33 de doutorado, e 12 de mestrado profissional. O segundo campus da UFSCar foi criado em 1991, em Araras/SP, quando a Universidade incorporou as unidades paulistas do extinto Planalsucar (Programa Nacional de Melhoria da Cana-de-Açúcar), ligado ao IAA (Instituto do Açúcar e do Alcool). A Universidade possui ainda outros dois campi: Sorocaba, criado em 2005, e Lagoa do Sino, em 2012 (DAROS; OLIVEIRA; BARBOSA, 2015, p. 57; SECRETARIA GERAL DE PLANEJAMENTO E DESENVOLVIMENTO INSTITUCIONAIS, 2022).

O campus Araras, Centro de Ciências Agrárias, possui área total de 230.000 m² com aproximadamen-

te 48.000 m² de área construída. Sua infraestrutura possui mais de 40 laboratórios de ensino e pesquisa, 23 salas de aula, dois laboratórios de informática, uma biblioteca, um ambulatório, um anfiteatro para 200 pessoas, um núcleo de inovação e empreendedorismo, uma quadra poliesportiva, dois campos de futebol, um núcleo de esportes aquáticos, um restaurante universitário e uma lanchonete (Figuras 20-31).

O CCA é responsável também pela Estação Experimental de Valparaíso (EEV), localizada no município de Valparaíso/SP, em uma área de 60,5ha. A EEV tem como objetivo o desenvolvimento de variedades de cana-de-açúcar melhoradas e adaptadas às diversas condições edafoclimáticas, ou seja, iguais ou superiores às variedades plantadas hoje comercialmente, atendendo as necessidades do setor sucroalcooleiro.

Outro ponto relevante foi a criação de espaços de apoio ao ensino, pesquisa e extensão, que balizam o tripé de atuação de instituições universitárias federais, como biblioteca, conselhos departamentais e o Programa de Melhoramento Genético da Cana-de-Açúcar (PMGCA) (Figura 32).

Atualmente, o CCA tem suas atividades de ensino, pesquisa e extensão estruturadas em cinco departamentos: Departamento de Biotecnologia e Produção Vegetal e Animal (DBPVA); Departamento de Recursos Naturais e Proteção Ambiental (DRNPA); Departamento de Tecnologia Agroindustrial e Socioeconomia Rural (DTAiSeR); Departamento de Desenvolvimento Rural (DDR); e Departamento de Ciências da Natureza, Matemática e Educação (DCNME) (UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS, 2021a).

São oferecidos seis cursos de graduação: Engenharia Agrônoma, Biotecnologia, Agroecologia, Ciências Biológicas, Física e Química. São quatro os programas de pós-graduação em nível de mestrado: Agroecologia e Desenvolvimento Rural (PPGADR), Agricultura e Ambiente (PPGAA), Produção Vegetal e Bioprocessos Associados (PPGPVBA) e Educação em Ciências e Matemática (PPGEdCM). Também é oferecido um curso de especialização em Gestão Industrial Sucroenergética, além de diversos cursos de duração ao longo do ano (UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS, 2021a).

Conta com uma comunidade universitária de mais de 1.100 alunos entre **graduação e pós-graduação presencial** (Quadro 1 e Figura 33), 86 docentes e 81 técnico-administrativos, além de vários terceirizados que atuam na limpeza, manutenção e vigilância do campus. O aumento na oferta de vagas e cursos oferecidos gerou consequências, como o aumento no número de alunos, a contratação de novos docentes e técnicos administrativos, além de alterações estruturais importantes, já que a estrutura do campus passou a ser utilizada à noite, pois muitas aulas começaram a ser rea-

QUADRO 1 - Ingressantes na graduação da UFSCar em 2020.

Campus	SiSU	Ind	Ref	CC	PEC-G	TEx	Tin	Total
São Carlos	1806	58	1	18	7	118	133	2141
Araras	231	3	0	0	0	9	10	253
Sorocaba	601	14	0	0	1	35	11	662
Lagoa do Sino	244	6	0	0	0	10	1	261
Total	2882	81	1	18	8	172	155	3317

SiSU: Vestibular para cursos presenciais. Ind: Vestibular para Indígenas. Ref: Vestibular para Refugiados. CC: Complementação de Curso. PEC-G: Programa Estudante Convênio de Graduação. TEx: Transferência Externa. Tin: Transferência Interna. Fonte: Universidade Federal de São Carlos (2020).

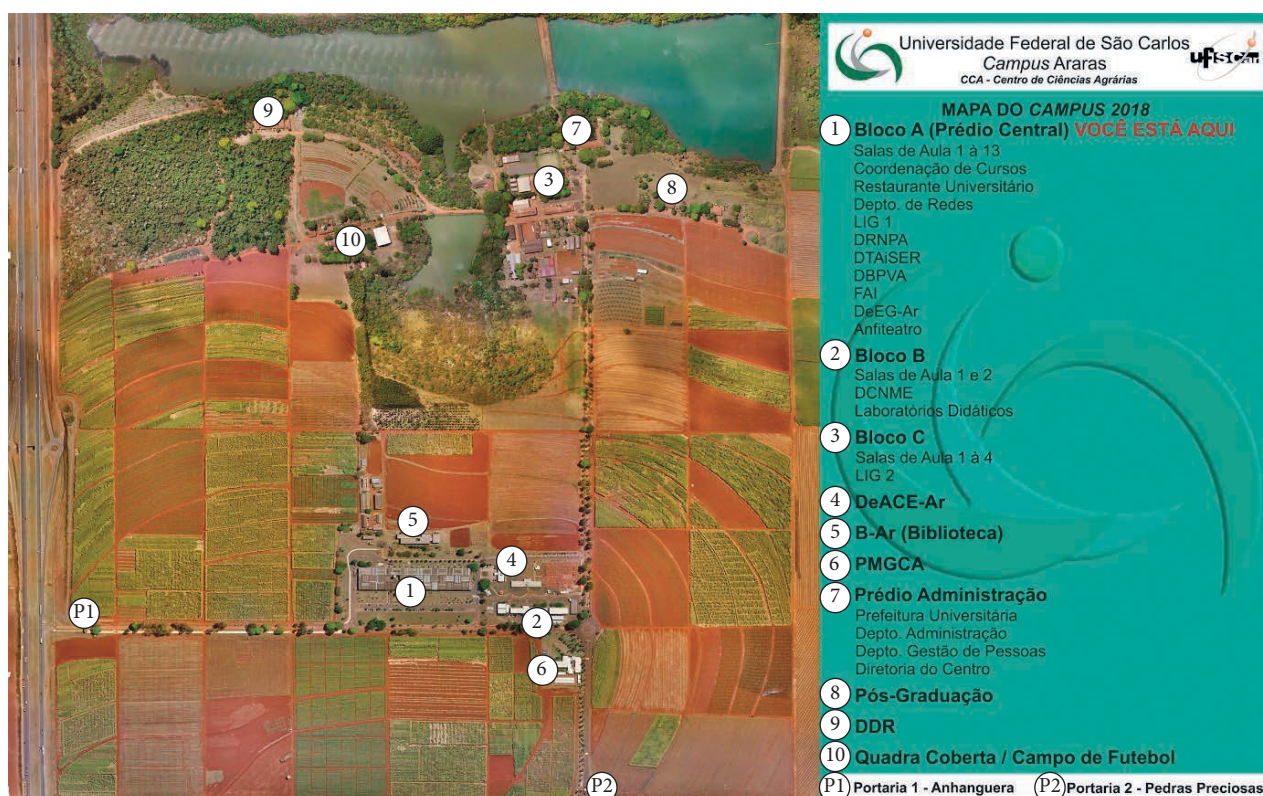


FIGURA 20 - Mapa de localização do campus Araras, CCA.

Fonte: Universidade Federal de São Carlos (2023a).



FIGURA 21 - Portaria I do campus Araras (Rodovia Anhanguera).

Fonte: Acervo do CCA/UFSCar.



FIGURA 22 - Portaria II do campus Araras (Pedras Preciosas).
Fonte: Acervo do CCA/UFSCar.



FIGURA 23 - Campus Araras, bloco A. Acima: Prédio Central "Edifício Gilberto Miller Azzi". Abaixo: Biblioteca do campus Araras (B-Ar).
Fonte: Acervo do CCA/UFSCar.



FIGURA 24 - Campus Araras, bloco B.
Fonte: Acervo do CCA/UFSCar.



FIGURA 25 - Campus Araras, bloco B, Edifícios de Pesquisa: CT-INFRA I, II e III.
Fonte: Universidade Federal de São Carlos (2023c, 2023d).



FIGURA 26 - Campus Araras, bloco B: Laboratório de Química.
 Fonte: Universidade Federal de São Carlos (2023c)



FIGURA 27 - Campus Araras, bloco C.
 Fonte: Acervo do CCA/UFSCar. Biblioteca do campus Araras (B-Ar). Fonte: Acervo do CCA/UFSCar.

lizadas nesse período, o que resultou em novas construções, na adequação e reestruturação dos espaços já existentes, bem como novos horários para o atendimento na instituição. Os dados referentes ao número de alunos que ingressaram na graduação em 2020, segundo o Relatório Anual de Atividades de 2020 podem ser observados no Quadro 1.

De acordo com o Exame Nacional de Desempenho dos Estudantes (Enade), o curso de bacharelado em Agroecologia obteve nota 5, e o curso de Engenharia Agrônômica e as licenciaturas em Ciências Biológicas, Física e Química, nota 4 (EXAME NACIONAL DE DESEMPENHO

DOS ESTUDANTES, 2022). No ano de 2022, todos os cursos de graduação do CCA obtiveram quatro, de cinco estrelas possíveis, no Guia da Faculdade (ESTADÃO, 2022).

Segundo dados do Relatório Anual de Atividades de 2019 (UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS, 2020), o CCA concentra 6,8% dos cursos de pós-graduação oferecidos, no período de 2016 a 2019, 140 alunos, o que corresponde a 3% dos alunos de pós-graduação da UFSCar (Figura 33). Até o ano de 2021, já haviam se formado 1.546 estudantes de graduação e 405 de pós-graduação.



FIGURA 28 - Departamento de Assuntos Comunitários e Estudantes (DeACE), campus Araras.
Fonte: Acervo do CCA/UFSCar.



FIGURA 29 - Anfiteatro do campus Araras.
Fonte: Acervo do CCA/UFSCar.

Com relação às atividades de pesquisa, a UFSCar foi em 2020 a 13ª universidade e a 15ª instituição do Brasil em nú-

mero de publicações indexadas na base de dados *Web of Science*. Apesar de contar com um corpo docente de so-



FIGURA 30 - Quadra poliesportiva do campus Araras.
Fonte: Acervo do CCA/UFSCar.



FIGURA 31 - Projeto de canoagem no campus Araras.
Fonte: Universidade Federal de São Carlos (2023b).

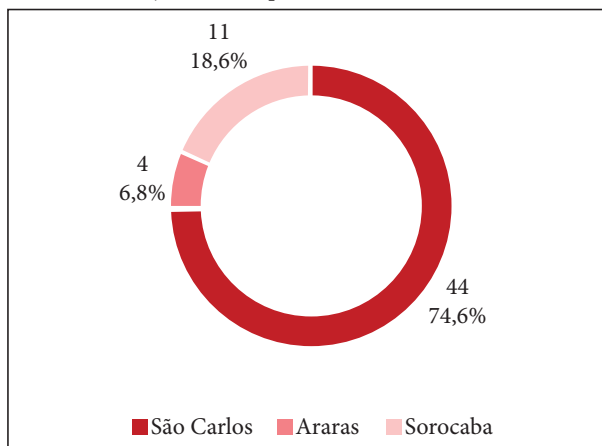
mente 86 docentes/pesquisadores, o CCA foi o quarto centro da UFSCar com o maior número de publicações indexadas na *Web of Science* e na Plataforma Lattes em 2020 (Figuras 34 e 35) (UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS, 2021b).

Em termos de extensão, das 1.652 atividades que estiveram em fase de execução pela UFSCar ao longo de 2020, 140 foram desenvolvidas por docentes/pesquisadores do CCA (Figura 36) (UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS, 2021b).



FIGURA 32 - Edifício do Programa de Melhoramento Genético da Cana-de-Açúcar (PMGCA).
 Fonte: Universidade Federal de São Carlos (2023e).

Número e percentual de Programas de Pós-Graduação nos campi



Média de alunos matriculados no Mestrado e Doutorado (2016-2019)

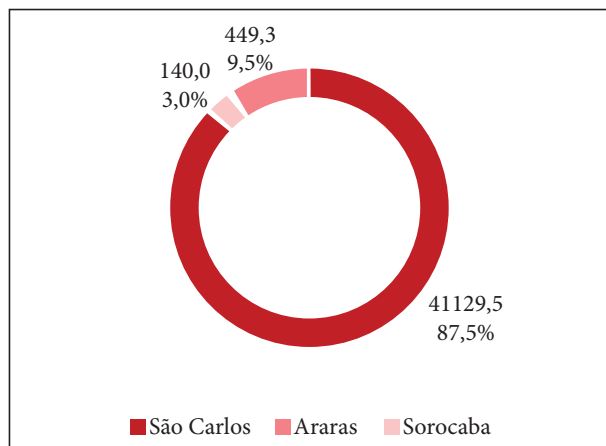


FIGURA 33 - Programas de pós-graduação e quantidade de estudantes (2016-2019).
 Fonte: Universidade Federal de São Carlos (2020).

Gráfico 5.20 - Número de publicações da UFSCar indexadas na Web of Science, por Centro, 2020

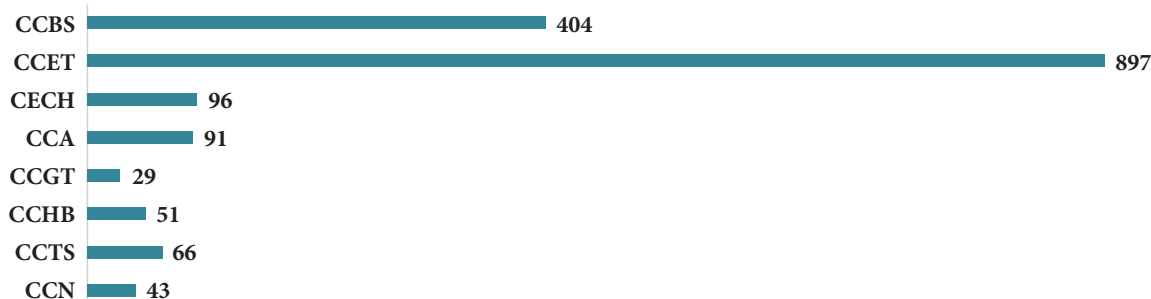


FIGURA 34 - Número de publicações da UFSCar indexadas na Web of Science, por Centro, 2020.

Fonte: Web of Science. Acesso em: 30/09/2020. Busca: OG=(Universidade Federal de São Carlos) OR OO=(ufscar). Elaborado ProPq/SPDI. Observações: 1) Foram considerados todos os tipos de publicações presentes na base de dados, inclusive publicações em eventos; 2) A soma das publicações dos Centros é superior às publicações da UFSCar porque já co-autorias entre docentes de diferentes Centros. (Universidade Federal de São Carlos, 2021b).

Gráfico 5.21 - Número de publicações da UFSCar indexadas na Plataforma Lattes, por Centro, 2020

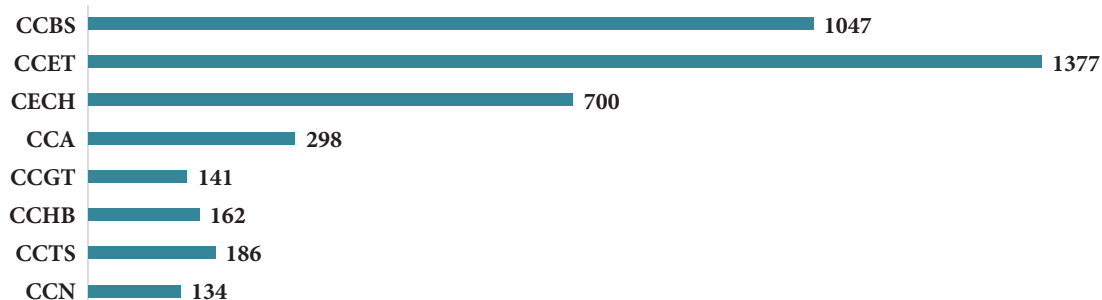


FIGURA 35 - Número de publicações na UFSCar indexadas na Plataforma Lattes, por Centro, 2020.

Fonte: Plataforma Lattes. Acesso em: 07/04/2021. Coleta a partir de lista de docentes vinculados à UFSCar fornecida pela Sin. Elaborado por ProPq/SPDI. Observações: 1) Foram consideradas publicações em periódicos e eventos; 2) A soma das publicações dos Centros é superior às publicações da UFSCar porque há co-autorias entre docentes de diferentes Centros (Universidade Federal de São Carlos, 2021b).

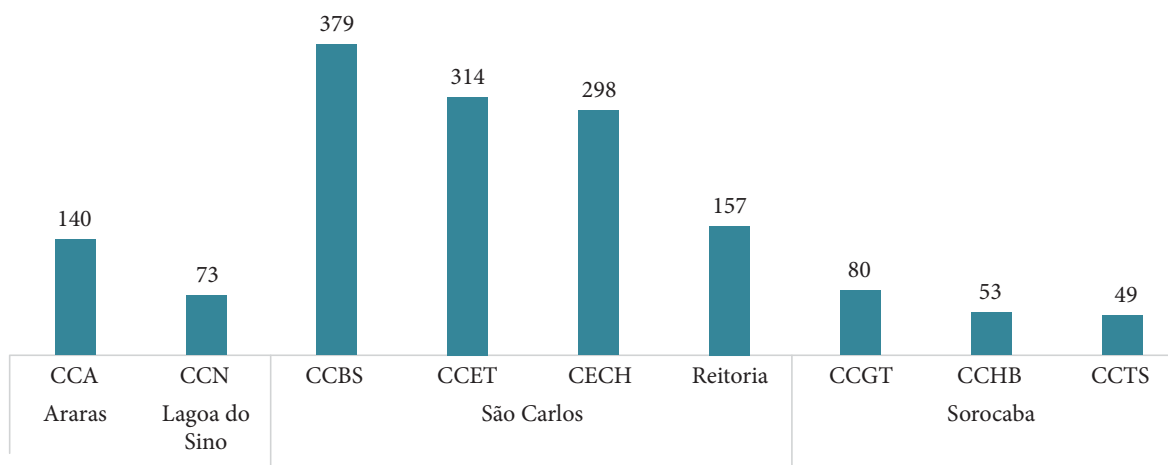


FIGURA 36 - Número de projetos de extensão em execução, em 2020, por Centro Acadêmico da UFSCar.

Fonte: Adaptado do relatório do ProExWeb, 2020 (Universidade Federal de São Carlos, 2021b).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Atualmente, o campus Araras e o CCA realizam uma infinidade de ações nos campos de ensino, pesquisa e extensão que destacam a sua relevância no cenário nacional e internacional, o que resulta em ações conjuntas com o poder público, privado e a obtenção de premiações importantes. Segundo dados do Relatório Anual de Atividades da UFSCar, os pesquisadores do CCA foram responsáveis, em 2020, pela coordenação de 109 projetos de iniciação científica e 140 projetos de extensão. Para fins de permanência, os estudantes contam com o auxílio de bolsas de suporte, como bolsa moradia, bolsa e auxílio alimentação, auxílio de transporte coletivo, bolsa permanência, além de atividades de cuidado à saúde e à prática de esportes.

AGRADECIMENTOS




Agradecemos a todas as pessoas que contribuíram para o crescimento e desenvolvimento do CCA e do campus Araras da UFSCar. Agradecemos também as servidoras Alini Cristiani De Carli Demarchi e Fabia Zanon Nardi Farbelow, o ex-servidor Gilberto Cioffi, o secretário de Cultura de Araras Roslavio Alfredo Graf Júnior (Fredo Júnior) e os servidores municipais Antonio Quintiliano Neto, da Secretaria de Cultura, e Vinícius Duarte Caetano, da Biblioteca Municipal Martinico Prado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGÊNCIA FAPESP. **Proálcool**: uma das maiores realizações do Brasil baseadas em ciência e tecnologia. São Paulo: Agência FAPESP, 2016. Disponível em: <<https://agencia.fapesp.br/proalcool-uma-das-maiores-realizacoes-do-brasil-baseadas-em-ciencia-e-tecnologia/24432/>>. Acesso em: 06 out. 2021.
- ALMEIDA, N. M. Escola Agroindustrial Getúlio Vargas. **Jornal de Araras**, Araras, n. 142, 1954.
- DAROS, E.; OLIVEIRA, R. A.; BARBOSA, G. V. S. **45 anos de variedades RB de cana-de-açúcar**: 25 anos de RIDESA. Curitiba: Graciosa, 2015.
- ESTADÃO. **GUIA DA FACULDADE**: avaliação e informações sobre milhares de cursos superiores em todo o país. Disponível em: <<https://publicacoes.estadao.com.br/guia-da-faculdade-2022/>>. Acesso em: 19 dez. 2022.
- EXAME NACIONAL DE DESEMPENHO DOS ESTUDANTES - ENADE. **Resultados**. Disponível em: <<https://www.gov.br/inep/pt-br/areas-de-atuacao/avaliacao-e-exames-educacionais/enade/resultados>>. Acesso em: 19 dez. 2022.
- HENRIQUES, F. L.; MORAIS, J. P. G. **Memórias UFSCar campus Araras**. Araras: Gráfica Araras, 2015.
- LEITE, R. C. C.; LEAL, M. R. L. V. O biocombustível no Brasil. **Novos Estudos CEBRAP**, São Paulo, n. 78, p. 15-21, 2007. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/nec/a/8FyQn8jGsFVfzGZyst4CWbc/?lang=pt#>>. Acesso em: 06 out. 2021.
- NORDER, L. A.; POYARES, G. A. **Histórico da Fazenda Santa Escolástica (Araras, 1848-1925)**. Disponível em: <<https://www.cca30anos.ufscar.br/fazenda>>. Acesso em: 12 out. 2022.
- REDE INTERUNIVERSITÁRIA PARA O DESENVOLVIMENTO DO SUCROENERGÉTICO - RIDESA. **Universidades Federais RIDESA**. Disponível em: <<https://www.ridesa.com.br/universidades>>. Acesso em: 06 out. 2021.
- SECRETARIA GERAL DE PLANEJAMENTO E DESENVOLVIMENTO INSTITUCIONAIS - SPDI. **Indicadores**. Disponível em: <<https://www.spdi.ufscar.br/>>. Acesso em: 15 dez. 2022.
- SHIKIDA, P. F. A.; PEROSA, B. B. Álcool combustível no Brasil e path dependence. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v. 50, n. 2, p. 243-262, 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-20032012000200003>.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS. **Apresentação**. São Carlos. Disponível em: <<https://www.araras.ufscar.br/o-campus>>. Acesso em: 06 out. 2021a.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS. **Centro de Ciências Agrárias (CCA)**: mapa de localização. Disponível em: <<https://www.cca.ufscar.br/pt-br/o-centro/mapa-de-localizacao>>. Acesso em: 15 fev. 2023a.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS. **Ciências Biológicas UFSCar Araras**. Disponível em: <<https://www.cienciasbiologicasararas.ufscar.br/>>. Acesso em: 15 fev. 2023b.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS. **Laboratório Multiusuário CCA UFSCar**. Disponível em: <<https://www.multiequipamentoscca.ufscar.br/>>. Acesso em: 15 fev. 2023d.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS. **Química UFSCar Araras**. Disponível em: <<https://www.quimicaararas.ufscar.br/>>. Acesso em: 15 fev. 2023c.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS. **Relatório anual de atividades 2019**. São Carlos: UFSCar, 2020.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS. **Relatório anual de atividades 2020**. São Carlos: UFSCar, 2021b.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS. **RIDESA UFSCar**: Programa de Melhoramento Genético da Cana-de-açúcar. Disponível em: <<https://www.ridesaufscar.com.br/>>. Acesso em: 15 fev. 2023e.

Atividades de ensino, pesquisa e extensão da área de socioeconomia aplicada do Centro de Ciências Agrárias (CCA) – Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) - Campus Araras-SP

*Teaching, research and extension activities of
the applied socioeconomy area of the Center for
Agricultural Sciences (CCA) – Federal University
of São Carlos (UFSCar) - Campus Araras-SP*

Adriana Estela Sanjuan Montebello¹ 
Marta Cristina Marjotta-Maistro² 
Jerônimo Alves dos Santos³ 

¹Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Centro de Ciências Agrárias (CCA), Departamento de Tecnologia Agroindustrial e Socioeconomia Rural (DTAiSER), Araras, SP, Brasil. adrianaesm@ufscar.br

²Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Centro de Ciências Agrárias (CCA), Departamento de Tecnologia Agroindustrial e Socioeconomia Rural (DTAiSER), Araras, SP, Brasil. marjotta@ufscar.br

³Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Centro de Ciências Agrárias (CCA), Departamento de Tecnologia Agroindustrial e Socioeconomia Rural (DTAiSER), Araras, SP, Brasil. jeronimo@ufscar.br



Este é um capítulo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença [Creative Commons Attribution](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

RESUMO O objetivo geral do capítulo é apresentar e analisar as atividades de pesquisa, extensão e ensino vinculadas ao Programa de Extensão em Socioeconomia e Estatística Aplicada (PESEA) e ao Grupo de Pesquisa em Economia Aplicada e Administração (GEA). Os objetivos específicos são: a) retratar o histórico e finalidade do PESEA e do GEA; b) apresentar as atividades de pesquisa, ensino e extensão vinculadas ao PESEA e ao GEA e seus resultados com docentes e estudantes do campus Araras; c) destacar as linhas de atuação dos docentes que fazem parte da área de Socioeconomia Aplicada; d) apresentar a evolução das publicações vinculadas a estas atividades; e) mostrar as atividades de ensino que são ofertadas por estes docentes entre 2011 e agosto de 2022. A metodologia empregada neste capítulo consistiu em uma análise descritiva por meio do levantamento das informações registradas no PESEA e no GEA durante o período supramencionado. Este capítulo busca retratar e difundir a trajetória desta área de pesquisa dentro do Centro de Ciências Agrárias (CCA), que veio se consolidando nos últimos anos e que mostra a interdisciplinaridade desta área do conhecimento com os cursos, principalmente, de Engenharia Agrônoma, Biotecnologia e Agroecologia. Nota-se aumento das atividades de pesquisa e extensão desenvolvidas pela equipe participante do PESEA e do GEA, bem como estas atividades estão contribuindo na realização de

seus objetivos propostos e trazendo resultados pertinentes tanto para os docentes quanto para os alunos envolvidos nestas atividades.

Palavras-chave: Trajetória; programa de extensão; grupo de pesquisa; economia aplicada.

ABSTRACT This chapter presents and analyzes the research, extension and teaching activities linked to the Extension Program in Socioeconomics and Applied Statistics (PESEA) and the Research Group in Applied Economics and Administration (GEA). Specifically, it intends to a) portray the history and purpose of PESEA and GEA; b) present the research, teaching and extension activities linked to PESEA and GEA and their results with professors and students from the Araras campus. c) highlight the lines of action of professors that are part of the Applied Socioeconomics area; d) present the evolution of publications linked to these activities e) show the teaching activities offered by these professors between 2011 and August 2022. It used the method of descriptive analysis through the collection of information recorded in PESEA and GEA and covering during the period. This chapter seeks to portray and disseminate the trajectory of this research area within the Center for Agricultural Sciences (CCA) that has been consolidating in recent years and that shows the interdisciplinarity of this area of knowledge with the courses of Agronomic Engineering, Biotechnology and Agroecology. There is an increase in research and extension activities developed by the team participating in PESEA and GEA, as well as these activities are contributing to the achievement of their proposed objectives and bringing relevant results for both teachers and students involved.

Keywords: Trajectory; extension program; search group; applied economics.

1. INTRODUÇÃO

Com a finalidade de proporcionar a inter-relação e impulsionar atividades de extensão entre as linhas de pesquisa trabalhadas pelos professores da área de Socioeconomia e Estatística Aplicada do Departamento de Tecnologia Agroindustrial e Socioeconomia Rural, foi criado, em 2014, o Programa em Socioeconomia e Estatística Aplicada do Centro de Ciências Agrárias (CCA) campus Araras-SP. Além disso, em 2017, foi criado e registrado no Diretório do Grupo de Pesquisa do CNPq, o Grupo de Pesquisa em Economia Aplicada e Administração (GEA) para incluir os trabalhos de pesquisa dos docentes desta área, bem como impulsionar atividades e trabalhos que tragam uma maior qualidade científica. Destaca-se que o corpo docente é interdisciplinar, abrangendo economistas, estatísticos, engenheiro agrônomo e gestor em agronegócios.

Diante deste contexto, o objetivo geral do capítulo é apresentar e analisar as atividades de pesquisa, extensão e ensino vinculadas ao Programa de Extensão em Socioeconomia e Estatística Aplicada (PESEA) e do Grupo de Pesquisa em Economia Aplicada e Administração (GEA). Os objetivos específicos são: a) retratar o histórico e finalidade do PESEA e do GEA; b) apresentar as atividades de pesquisa e extensão vinculadas ao PESEA e ao GEA e seus resultados com docentes e estudantes do campus Araras; c) destacar as linhas de atuação dos docentes que fazem parte da

área de Socioeconomia Aplicada; d) apresentar a evolução das publicações vinculadas a estas atividades; e) mostrar as atividades de ensino que são ofertadas por estes docentes. A importância do capítulo está em retratar a trajetória desta área de pesquisa dentro do CCA, que veio se consolidando nos últimos anos e que mostra a interdisciplinaridade desta área do conhecimento com os cursos, principalmente, de Engenharia Agrônoma, Biotecnologia e Agroecologia. A metodologia empregada neste capítulo consistiu em uma análise descritiva por meio do levantamento das informações registradas no PESEA e no GEA. O período de análise compreende 2011 a agosto de 2022, desde quando a primeira autora do capítulo ingressou no CCA em fevereiro de 2011. O material sobre o grupo de pesquisa consta no Diretório dos Grupos de Pesquisa do CNPq, o qual realiza o levantamento de informações sobre os grupos de pesquisa científica e tecnológica registrados no país. As informações sobre os participantes do GEA estão na Plataforma Lattes do CNPq, que coleta informações curriculares de pesquisadores vinculados a institutos de pesquisa, instituições de fomento e universidades. Em relação ao PESEA, o material utilizado consta no sistema PROEXWEB, da Pró-Reitoria de Extensão da UFSCar (ProEx), que é responsável pela gestão das atividades de extensão realizadas na UFSCar, sendo pesquisadas neste sistema as atividades de extensão ligadas ao respectivo programa supracitado.

2. HISTÓRICO, FINALIDADE E ATIVIDADES DO PESEA

O Programa de Extensão em Socioeconomia e Estatística Aplicada (PESEA) foi criado em 2014. O programa é coordenado pela docente Adriana Estela Sanjuan Montebello e reúne as linhas de pesquisa trabalhadas pelos professores da área de Socioeconomia Rural do Departamento de Tecnologia Agroindustrial e Socioeconomia Rural (DTAiSER) da UFSCar campus Araras-SP. O presente programa tem como finalidade proporcionar a inter-relação entre suas áreas de pesquisas, criando ativida-

des em parceria, dando suporte metodológico e analítico na tomada de decisão para o público interno e externo; e visa ampliar as possibilidades de contato dos alunos e professores do CCA/UFSCar com problemas focados na economia e estatística aplicada. Além disso, tem como foco disseminar o ferramental da Economia e da Estatística Aplicada por meio da criação das atividades de extensão vinculadas a este programa.

As atividades de extensão vinculadas ao PESEA, desde sua criação, são mostradas no Quadro 1, que destaca quais

QUADRO 1 - Atividades vinculadas ao Programa de Extensão em Socioeconomia e Estatística Aplicada – PESEA – 2012 a 2022

Atividade	Período	Proposta/Objetivo/Resultados	Coordenador
Laboratório de Análise e Assessoramento Estatístico	2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019	(i) Ampliar o contato dos alunos e professores do CCA/UFSCar que necessitam de suporte estatístico; (ii) Permitir a disseminação do instrumental matemático de análise estatística; (iii) Dar suporte metodológico e analítico na tomada de decisão para pesquisas vinculadas a empresas privadas, órgãos da administração pública e de alunos de graduação e pós-graduação, entre outros. Foram alcançadas 107 pessoas, totalizando todo o período, que buscavam assessoria em relação ao planejamento de experimentos (montagem e coleta de dados) e/ou análises estatísticas básicas e/ou avançadas. Neste período, a atividade teve três bolsistas de extensão.	Profa. Dra. Simone Daniela Sartorio
Atividade Curricular de Integração Ensino, Pesquisa e Extensão (ACIEPE): Desmistificando a Economia	2015	A proposta desta ACIEPE procurou agregar os três pilares (pesquisa, ensino e extensão) e teve a finalidade de trazer a economia para perto da sociedade. Assim, buscou-se responder questões como: O que é economia? Por que estudar economia? O que é inflação? Por que a taxa de juros sobe? Por que as decisões de política econômica afetam todos os setores de atividade? Quais são as instituições econômicas que fazem parte do dia a dia da sociedade? Quem são os agentes econômicos desta sociedade? Desta forma, os encontros propostos nesta ACIEPE tiveram como finalidade mostrar que a economia é uma ferramenta que faz parte do cotidiano da sociedade. Esta experiência buscou contribuir para que tanto a comunidade interna quanto a externa tivessem, além de sua área de interesse, uma visão multidisciplinar do conhecimento, que é papel imprescindível de uma universidade. Foi oferecida por meio desta atividade uma palestra sobre Financiamento Agrícola com palestrante externo, totalizando 26 participantes. A atividade contou também com um bolsista de extensão e um aluno de graduação voluntário. Além disso, os resultados desta atividade foram publicados em uma revista de extensão em 2016.	Profa. Dra. Adriana Estela Sanjuan Montebello
Atividade Curricular de Integração Ensino, Pesquisa e Extensão (ACIEPE) Conjuntura Econômica do Município de Araras (2015) e Atividade Curricular de Integração Ensino, Pesquisa e Extensão (ACIEPE) Conjuntura Econômica e Cesta Básica do Município de Araras-SP (2017)	2015 e 2017	As propostas destas atividades tiveram a finalidade de interligar o ensino, a pesquisa e a extensão com foco nos aspectos econômicos do município de Araras-SP. Estes pilares se justificam da seguinte forma: 1) Ensino, pois primeiramente os participantes destas duas atividades estudaram o que é um boletim de informações econômicas e qual a sua importância. 2) Pesquisa, pois as atividades tiveram como objetivo geral coletar e analisar os principais indicadores de desempenho econômico e social do município de Araras. 3) Extensão, pois a finalidade, com a oferta destas atividades, foi iniciar a construção de um boletim de conjuntura econômica com periodicidade anual que foi discutido e analisado, a fim de fornecer informações para elaboração de análises e tendências sobre o município de Araras-SP. A atividade contou com dois bolsistas de extensão e neste período envolveu 8 alunos de graduação. Estas atividades sobre a Conjuntura Econômica no município de Araras-SP, em 2015 e 2017, juntamente com a atividade Desmistificando a Economia, contribuíram na formação da atividade de extensão Cálculo da Cesta Básica do Município de Araras-SP, que se iniciou em 2018.	Profa. Dra. Adriana Estela Sanjuan Montebello
Concurso de Cases das Empresas Juniores da UFSCar	2015	O objetivo do evento foi reconhecer e premiar as boas práticas realizadas pelas empresas juniores da UFSCar, fomentando a troca de experiências destas empresas. Foram contabilizadas 62 pessoas atendidas com este evento.	Profa. Dra. Marta Cristina Marjotta-Maistro

QUADRO 1 - Continuação...

Atividade	Período	Proposta/Objetivo/Resultados	Coordenador
I Treinamento de Introdução ao R (software livre estatístico)	2015	Neste curso, a proposta foi apresentar e fornecer conhecimentos básicos do software livre estatístico R, que é utilizado mundialmente, com a finalidade de realizar análise de dados em diversas áreas do conhecimento. Os temas abordados foram: Instalação; Comandos básicos; Operações básicas; Tipos de objetos; Estatística descritiva; Ajuste de modelos lineares e não lineares. Foram registrados 25 participantes neste curso.	Prof. Dra. Simone Daniela Sartorio
O Projeto de Lei e a Regulamentação de Empresas Juniores nas Instituições de Ensino Superior	2015	Este evento teve a finalidade de apresentar o Projeto de Lei 8084/2014 e discussão sobre a adequação das empresas juniores da UFSCar. Teve 57 participantes, incluindo docentes, empresários juniores e alunos de graduação.	Prof. Dra. Marta Cristina Marjotta-Maistro
Grupo de Estudos em Probabilidade e Estatística (GEPE)	2020, 2021, 2022	A atividade foi criada para apresentar soluções estatísticas nos mais variados problemas relacionados à área agrária. Dessa forma, os objetivos foram: (i) apresentar soluções para problemas estatísticos variados; (ii) contribuir para a formação de recursos humanos por meio de orientação de alunos de graduação em projeto de extensão; (iii) contribuir para a qualificação da comunidade acadêmica e externa por meio de minicursos. As ações de consultoria são supervisionadas por professores da área. A atividade, durante o período, contabilizou três bolsistas de extensão, e o público atendido até o momento (a atividade de extensão do ano de 2022 está em andamento) totalizou 63, envolvendo tanto a comunidade acadêmica quanto a externa. Com base em parte do material criado com esta atividade, houve apresentação de trabalho em simpósio e seleção de trabalho para publicação em revista.	Prof. Dra. Josiane Rodrigues
Introdução ao ambiente RStudio e criação de gráficos com ggplot2	2020	O minicurso teve a finalidade de apresentar o programa, bem como suas principais funcionalidades em problemas variados; estimular o uso desse programa pela comunidade acadêmica e sociedade para que potenciais usuários colaboradores continuem com o desenvolvimento do programa. O curso teve um total de 473 inscrições, sendo que os alunos foram selecionados de acordo com a ordem de preenchimento do questionário e foram preenchidas 50 vagas.	Prof. Dr. Gilberto Rodrigues Liska
Cálculo da Cesta Básica do Município de Araras-SP	2018, 2019, 2020, 2021 2022	Com a oferta das atividades de extensão anteriores (como, por exemplo, Desmistificando a Economia e Conjuntura Econômica do Município de Araras-SP), notou-se a necessidade de elaborar e trabalhar as informações econômicas com as quais os alunos se deparam aplicadas ao município. Assim, a presente proposta tem como objetivos: 1) Quantificar a variação média dos preços de produtos básicos para alimentação, higiene e limpeza, tomando como base as pesquisas sobre cesta básica do Procon-SP e DIEESE. Isto justifica ser útil para o auxílio de políticas públicas, como, por exemplo, qual a participação do custo da cesta básica no salário mínimo; 2) Elaborar e ampliar a divulgação dos informativos gerados nesta atividade através de um site específico e em redes sociais como Facebook e Instagram. O intuito é que o público externo conheça como o custo da cesta básica interfere em sua renda e como isto influencia na tomada de decisão dos agentes econômicos. 3) Elaborar artigos de extensão para divulgação de trabalhos em revistas e congressos mencionando o apoio da ProEx. A atividade é ofertada no segundo semestre desde sua formação, seguindo as datas de divulgação do edital ProEx. Os resultados, durante estes anos, totalizaram 60 alunos de graduação (sem contabilizar os resultados de 2022, pois a atividade está em andamento) como voluntários e 5 alunos como bolsistas da atividade de extensão. Com a divulgação nas redes sociais, entre 2020 e 2021, ampliou-se o número de pessoas alcançadas com a visualização dos trabalhos nas redes sociais. Os informativos publicados totalizaram 23 (entre 2017 e 2021) e foram divulgados no site da atividade de extensão (https://cestabasicaufscar2.wixsite.com/extensao) e nas redes sociais. No ano de 2017, os informativos deste ano foram criados pela atividade Conjuntura Econômica e Cesta Básica do Município de Araras-SP. Além disso, foram incluídos resultados da atividade em congressos de iniciação científica e publicação de um artigo em revista de extensão no ano de 2022. Desde 2020, a atividade conta com a participação do Grupo de Estudos do Agronegócio – GEAgro.	Prof. Dra. Adriana Estela Sanjuan Montebello

foram as atividades, seus respectivos coordenadores, objetivos e período da atividade.

3. HISTÓRICO, FINALIDADE E ATIVIDADES DO GEA

O Departamento de Tecnologia Agroindustrial e Socioeconomia Rural (DTAiSER/CCA), campus Araras, vem, nos últimos anos, ampliando trabalhos de pesquisa dentro da área de Economia e Administração com foco nos temas ligados ao agronegócio. Além disso, nota-se interesse muito grande dos alunos dos cursos de graduação e pós-graduação da UFSCar deste campus em trabalhar com esta área, a qual é importante para ampliar os conhecimentos dos alunos que fazem parte dos cursos de graduação em Engenharia Agrônoma, Biotecnologia e Agroecologia. Como há escassez dentro da UFSCar de grupos de pesquisa com abrangência na área supramencionada, foi criado, em 2017, o Grupo de Pesquisa em Economia Aplicada e Administração (GEA) para incluir os trabalhos de pesquisa dos docentes e seus estudantes ligados a esta área, bem como impulsionar atividades e trabalhos que tragam maior qualidade científica. Este grupo está certificado pelo Diretório de Grupos de Pesquisa do CNPq e tem como líder de grupo a docente Adriana Estela Sanjuan Montebello.

Os docentes vinculados a este grupo cadastram seus alunos para o desenvolvimento das pesquisas de iniciação científica, dos trabalhos de Pesquisa do Grupo de Estudos do Agronegócio (GEAgro), dos trabalhos finais de graduação

e dos trabalhos vinculados ao programa de Pós-Graduação da UFSCar Campus-Araras, em que os docentes têm atuação. Para projetos dentro do Programa Institucional de Iniciação Científica e Tecnológica, e que concorrem às bolsas de Iniciação Científica e Tecnológica do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), é necessário que o orientador esteja cadastrado em um grupo de pesquisa certificado pelo CNPq, e após a aprovação do projeto o aluno também deve estar vinculado ao grupo do orientador. No total, o GEA tem sete pesquisadores, considerando 2018 a agosto de 2022, sendo dois pesquisadores externos e os demais são pesquisadores docentes do Centro de Ciências Agrárias (CCA) da UFSCar campus Araras-SP, conforme o Quadro 2.

As linhas de pesquisa do grupo e dos docentes vinculados ao GEA são: Mercados Agrícolas, Administração Rural, Estatística Aplicada, Economia e Política Agrícola, Políticas Públicas e Desenvolvimento Rural, Logística Agroindustrial, Marketing no Agronegócio, Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, Agricultura Orgânica, Fitotecnia, Estrutura e Dinâmica dos Sistemas Agroindustriais e Agroempreendedorismo.

Desde a criação do grupo, passaram pelo GEA um total de 48 estudantes de graduação e pós-graduação. Deste total, 39 alunos são de graduação dos cursos de Engenharia Agrônoma, Biotecnologia e Agroecologia do CCA, que tiveram suas pesquisas vinculadas ao GEA, e os demais, 9 estudantes de pós-graduação, particularmente do Programa

QUADRO 2 - Composição dos pesquisadores do GEA

Pesquisador	Atuação/Instituição	Formação	Titulação	Ano de inclusão no GEA
Adriana Estela Sanjuan Montebello	Docente/UFSCar/ CCA/Araras	Economia	Doutorado em Economia Aplicada	2018
Marta Cristina Marjotta-Maistro	Docente/UFSCar/ CCA/Araras	Economia	Doutorado em Economia Aplicada	2018
Jerônimo Alves dos Santos	Docente/UFSCar/ CCA/Araras	Gestão em Agronegócios	Doutorado em Economia Aplicada	2018
Simone Daniela Sartorio de Medeiros	Docente/UFSC	Matemática	Doutorado em Estatística e Experimentação Agrônoma	2018
Victor Augusto Forti	Docente/UFSCar/ CCA/Araras	Engenharia Agrônoma	Doutorado em Fitotecnia	2018
Josiane Rodrigues	Docente/UFSCar/ CCA/Araras	Matemática	Doutorado em Estatística e Experimentação Agrônoma	2020
Maria Thereza Macedo Pedroso	Pesquisadora Embrapa	Engenharia Agrônoma	Doutorado em Ciências Sociais - Estudos Comparados sobre as Américas	2021

de Pós-Graduação em Agroecologia e Desenvolvimento Rural, que também tiveram suas pesquisas vinculadas às linhas de pesquisa do grupo. Somando a produção de cada docente registrada na Plataforma Lattes, vinculada ao GEA, durante o ano de 2018, quando o grupo foi registrado no diretório de grupos de pesquisa do CNPq, tem-se 21 artigos publicados em periódicos; 7 trabalhos completos publicados em anais de congresso; 1 resumo expandido e 18 resumos simples publicados em congressos. Já entre 2021 e agosto de 2022, notou-se aumento no número de publicações com 43 artigos publicados em periódicos; 28 artigos completos publicados em anais de eventos, incluindo artigos em congressos nacionais e internacionais; 28 capítulos de livros; 3 resumos expandidos; e redução apenas no número de resumos simples, que passou para 16. Dessa forma, nota-se incremento no número de publicações e ampliação dos meios de publicação.

4. ATIVIDADES DE ENSINO QUE SÃO OFERTADAS PELOS DOCENTES NA ÁREA DE SOCIOECONOMIA APLICADA

As atividades de ensino são principalmente disciplinas com conteúdo sobre economia, gestão, administração, empreendedorismo, marketing no agronegócio, logística agroindustrial, políticas agrícolas, desenvolvimento rural, sustentabilidade e estatística aplicada e métodos quantitativos. Estas atividades de ensino contribuem para desmistificar como as áreas de Socioeconomia e Estatística Aplicada podem ser utilizadas e são interligadas em diversos ramos do conhecimento com foco para as atividades vinculadas ao agronegócio. Por meio

destas atividades de ensino, os docentes buscam disseminar as ferramentas destas áreas supramencionadas e interligar com o conhecimento adquirido nos cursos de graduação e pós-graduação que abrangem estas disciplinas, as quais contribuem para uma visão multidisciplinar de seus estudantes.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os objetivos das atividades de ensino, pesquisa e extensão da área de Socioeconomia Aplicada, do CCA campus Araras-SP, vêm sendo alcançados e aprimorados ano após ano. As atividades vinculadas ao Programa de Extensão em Socioeconomia e Estatística Aplicada (PESEA) e as atividades de pesquisa do Grupo de Pesquisa em Economia Aplicada e Administração (GEA) vêm contribuindo na realização destes objetivos e trazendo resultados pertinentes tanto para os docentes quanto para os alunos envolvidos nestas atividades. Além disso, por meio destas atividades, vem sendo possível difundir os resultados de ensino, pesquisa e extensão desta área dentro do campus de Araras, tanto para a comunidade interna quanto externa.

Por meio dos resultados alcançados, notou-se um maior engajamento dos alunos de graduação envolvidos nestas atividades e que contribuem não somente para a formação acadêmica, como também dão suporte para uma formação mais multidisciplinar e que pode ser usada como diferencial na inserção para o mercado de trabalho.

Futuras propostas e parcerias vêm sendo pensadas e aprimoradas com estas atividades e espera-se que possam cada vez mais contribuir com as atividades dos docentes e de seus estudantes envolvidos.

03

Espaço de Memória do Instituto do Açúcar e do Alcool (IAA) na Biblioteca *Campus* Araras da UFSCar

Memory Space of the Sugar and Alcohol Institute (IAA) in the Library of the Araras Campus of UFSCar

Alini Cristiani De Carli Demarchi¹ 
Lenita de Godoi² 

¹Universidade Federal de São Carlos,
Araras, SP, Brasil. alini@ufscar.br

²Universidade Federal de São Carlos, Araras,
SP, Brasil. lenita@ufscar.br

RESUMO Este trabalho tem como objetivo discutir a importância da memória institucional na universidade. Apresenta o relato de experiência da Biblioteca *Campus* Araras da UFSCar na construção de um “Espaço de Memória” na biblioteca, com destaque para o acervo do extinto Instituto do Açúcar e do Alcool (IAA).

Palavras-chave: Memória institucional; acervo - preservação; história oral.

ABSTRACT This work aims to discuss the importance of institutional memory in the university. Presenting the experience report of the Campus Araras Library of UFSCar in the construction of a “Memory Space” in the library, highlighting the collection of the extinct Sugar and Alcohol Institute (IAA).

Keywords: Institutional memory; collection - preservation; oral history.



Este é um capítulo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença [Creative Commons Attribution](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

1. MEMÓRIA – DEFINIÇÃO

A palavra “memória”, do grego *mnemis* (em referência à deusa *Mnemosýne*), ou do latim *memoria*, é definida como a faculdade de reter ideias, sensações, impressões, lembranças (DICIONÁRIO ONLINE DE PORTUGUÊS, 2022).

Le Goff (2003) cita a memória como propriedade de conservar informações que remetem a um conjunto de funções psíquicas, em que o indivíduo pode atualizar impressões ou informações passadas, ou que representa como passadas. Já Chapouthier (2006, p. 9 apud RUEDA; FREITAS; VALLS, 2011, p. 78) cita dois sentidos para a memória; no primeiro, a “[...] memória é a capacidade que certos seres vivos têm de armazenar, no sistema nervoso, dados ou informações sobre o meio que os cerca, para assim modificar o próprio comportamento”. No segundo, de forma mais ampla, define a memória como “[...] todo traço deixado no mundo ou nos componentes deste por um determinado evento”.

Ainda com foco em memória, no sentido de conservação de lembranças, distanciando do mundo atual tão descartável e passageiro, inconstante, mutável quase que instantaneamente, aparecem dois tipos de memória: a individual – aquela que as pessoas carregam consigo – e a coletiva – construída junto a outros indivíduos dentro de uma lógica de sociedade e que, segundo Halbwichs (2006, p. 69), “[...] cada memória individual é um ponto de vista sobre a memória coletiva”, ou seja, mutável segundo o lugar que se ocupa e as relações que se mantém com outros ambientes. Segundo ele ainda, é preciso ter como ponto de partida os contextos sociais reais que balizam a reconstrução dessa memória (HALBWACHS, 2006).

A memória pode ser ainda classificada como: curta ou longa. Curta é a que utilizamos no cotidiano, para conversas, leituras. Izquierdo (2010, p. 26) define a memória curta como sendo a que “[...] usamos para entender a realidade que nos cerca, e poder efetivamente formar ou evocar outras formas de memória”, e a longa formada pelas memórias curtas persistentes por meses, anos e que somadas darão origem às histórias. Considerando o esquecimento em uma perspectiva positiva, Izquierdo (2010, p. 24) destaca que, “[...] em boa parte esquecemos para podermos pensar, e esquecemos para não ficarmos loucos. Esquecemos para podermos conviver e sobreviver”, o que justificaria a necessidade de registro das lembranças, e, neste caso, das memórias a serem preservadas.

2. MEMÓRIA INSTITUCIONAL

A história da formação das instituições tem grande importância no processo de entendimento, aprendizado e guarda de saberes, valores e significados para aqueles que atuam nas instituições e para o resgate de informações históricas da comunidade na qual estão inseridos.

As instituições públicas, destacando-se aqui as universidades, produzem muitas memórias, por meio das pesquisas realizadas nas universidades e centros de pesquisas, onde são ancorados um vasto mundo de conhecimentos e informações.

Essas produções são realizadas por indivíduos ou grupos, ou seja, fazem parte de uma comunidade que é formada por discentes, docentes, técnicos administrativos e pesquisadores, inter-relacionados ou com seus pares. Inclusive, não há como falar da história das instituições sem falar das pessoas que atuam nelas, os chamados atores sociais. Estes são responsáveis pelas memórias e experiências individuais que colaboram para a formação da história institucional. De acordo com Santos e Valentim (2021, p. 211), “[...] o indivíduo é compreendido como sujeito e objeto da memória”. Segundo eles, “[...] a memória deve ser analisada como fenômeno social, uma vez que é processo e produto de relações sociais, bem como está incorporada aos ambientes organizacionais e institucionais”.

Para Silva, Papali e Zanetti (2019), a memória é constituída pelas práticas sociais que as pessoas estabelecem com as instituições. “A memória está relacionada a experiências, individualidades e subjetividades construídas a partir de seleções as quais se atribui sentido por meio do registro (memória repositório) ou contexto (memória repertório)” (SANTOS; VALENTIM, 2021, p. 217). A memória é formada por um conjunto de ações sociais, assim como destacam Santos, Oliveira e Silva (2021, p. 5), ao afirmarem que as memórias “[...] são provenientes das ações realizadas no passado e que no futuro serão capazes de colaborar com a construção do pensamento social”.

Neste sentido, podemos destacar a importância da memória como instrumento de resgate, guarda e disseminação das informações geradas pelas pessoas que atuam nas instituições, por meio da produção de documentos, a partir das atividades desenvolvidas por elas “[...] e, através da adoção de práticas que possibilitem a guarda, preservação e manutenção dessa documentação, contribuindo com a construção da história e das reminiscências da instituição.” (SANTOS; OLIVEIRA; SILVA, 2021, p. 6).

Nesta perspectiva, Santos e Valentim (2021, p. 222) destacam que:

[...] a importância dos centros de memória para as instituições e para a sociedade institucional tem potencial para fortalecer laços e ampliar a legitimidade institucional, uma vez que as práticas sociais refletem as instituições, e não são fenômenos individuais, mas sim coletivos que lutam pela sua regularidade.

Desta forma, a memória institucional pode ser entendida como a representação que os indivíduos fazem do passado e das próprias experiências vividas nas suas trajetórias, en-

fatizando a importância de cada ator social dentro do contexto institucional. “Conhecer a história na qual se insere dá novo sentido ao trabalho desempenhado pelas pessoas e pode transformá-las em agentes de fortalecimento da cultura” (PAZIN, 2015).

As memórias individuais ou coletivas darão origem às memórias institucionais, as quais, por meio de depoimentos, registros, objetos, representações, constituirão a história da instituição, partindo de ocorrências passadas em direção ao futuro, caracterizando a instituição, bem como sua cultura organizacional, sua identidade e a preservação do acervo. Destaca-se que esta preservação é sempre dinâmica, pois como afirma Lepetit (2001, p. 223), o “[...] passado não se conserva, mas constitui o objeto de uma reconstrução sempre recomeçada”, ou seja, os pesquisadores utilizarão a memória institucional preservada para reconstruir e ressignificar a história.

Todo esse cabedal de conhecimento e informação não pode se perder no tempo, e dentro desta perspectiva criar um espaço de memória onde sejam armazenados livros, periódicos, mobiliários, equipamentos de laboratórios, registros fotográficos do local, das equipes envolvidas no trabalho, é de suma importância.

Visando à preservação da memória institucional, mantendo-a viva e fortalecendo suas bases, torna-se necessário recuperar, preservar, conservar e reparar documentos, fotos, objetos e mobiliários da época, organizar os registros e considerar as pessoas que dedicaram todo seu trabalho no desenvolvimento ou apoio às pesquisas realizadas na instituição durante a sua história.

Na ótica de Costa (1997, p. 32), para compor o conceito de memória institucional é preciso identificar elementos

conceituais que atuem no processo de institucionalização de relações sociais. Ao preservar a memória institucional, é possível compreender os acontecimentos e contribuições de cada período e ter referências para construir o presente. “É descobrir valores e renovar os vínculos. É refletir sobre a história, não apenas como quem recorda, mas exercitando uma verdadeira práxis, em que a reflexão e a prática andam lado a lado.” (BRASIL, 2021).

3. ESPAÇO DE MEMÓRIA DO IAA NA BIBLIOTECA CAMPUS ARARAS DA UFSCAR

A Biblioteca *Campus Araras* da UFSCar (B-Ar) vem trabalhando na criação de um espaço de memória que contará a história do Instituto do Açúcar e do Alcool (IAA), inaugurado em 1933, com sede no Rio de Janeiro e uma unidade na cidade de Araras (SP), e que teve o intuito de atuar como agente regulador e planejador do setor sucroenergético do Brasil até 1990.

De acordo com Henriques e Moraes (2015), o Centro de Ciências Agrárias (CCA) teve seu início nas terras da Fazenda Escolástica, na cidade de Araras. A fazenda, que até 1953 possuía em toda sua extensão uma plantação de café, posteriormente foi adaptada para abrigar uma das estações experimentais do IAA, que seria a Coordenação Sul do Programa Nacional de Melhoramento da Cana-de-Açúcar (Planalsucar), e onde também foi implantado o Programa Nacional do Alcool (Proálcool), conforme pode ser observado na Figura 1.

Ainda para esses autores, em 1990 o IAA foi extinto pelo governo federal e em seguida, a sua estrutura física e recursos humanos foram incorporados à Universidade Fe-



FIGURA 1 - Entrada da Estação Experimental de Cana do IAA.
Fonte: Arquivo Espaço de Memória do IAA (B-Ar).

deral de São Carlos (UFSCar), dando origem ao Centro de Ciências Agrárias - *campus* Araras da UFSCar, em fevereiro de 1991, com a aprovação em Conselho Universitário. Em 2008, a UFSCar aderiu ao Programa de Apoio à Reestruturação e Expansão das Instituições Federais de Ensino Superior (REUNI), programa novo do governo federal que proporcionou a ampliação de cursos e corpo de servidores.

Segundo o conceito proposto por Nora (1993), os lugares de memória estabelecem laços de continuidade entre o passado e o presente. Os lugares podem ser materiais (museus e arquivos) ou imateriais (rituais e comemorações). Dentro dessa perspectiva, o Espaço de Memória do IAA, localizado em uma das salas no prédio da biblioteca do *campus*, estaria apto para desenvolver seu papel de guardião das representações, das memórias e das histórias relatadas pelas pessoas que atuaram no IAA.

Neste contexto, a Biblioteca *Campus* Araras (B-Ar) teve a iniciativa de reunir materiais bibliográficos, mobiliários, equipamentos de laboratório para montagem de um espaço dentro das suas dependências que pudesse abrigar essas memórias e disponibilizá-las ao público visitante, tanto da comunidade interna quanto da externa da UFSCar, conforme representado na Figura 2.

Desde 2017, a B-Ar tem realizado a seleção, o reparo, a higienização e o preparo técnico dos registros bibliográficos do IAA.

Esse acervo tem grande importância histórica, por isso foi tomada a decisão de organizá-lo, preservá-lo e torná-lo acessível ao público. Em novembro de 2018, a biblioteca recebeu a doação de materiais bibliográficos adicionais, objetos pertencentes ao IAA, feita por professores do Departamento de Tecnologia Agroindustrial e Socioeconomia Rural (DTAiSeR-Ar), do Centro de Ciências Agrárias (CCA) da

UFSCar, que entendem que a biblioteca é um espaço cultural de preservação e acesso à informação e memória. Além do trabalho de busca, coleta, higienização de itens para compor o Espaço de Memória do IAA, foi necessária a digitalização de documentos, fotos e identificação dos objetos, e também foram realizados agendamentos, coletas e transcrições das entrevistas dos pesquisadores que atuaram no Instituto do Açúcar e do Alcool e, posteriormente, como docentes no Centro de Ciências Agrárias (CCA).

Em 2019, a biblioteca foi contemplada com o projeto “Espaço de Memória do IAA”, aprovado pela Pró-Reitoria de Extensão da Universidade (ProEx/UFSCar), com a oferta de um bolsista para auxiliar a equipe da biblioteca na execução destas atividades. O aluno Davi de Oliveira dos Santos, estudante do curso de graduação em Agroecologia do *campus* Araras, realizou a coleta de depoimentos de alguns servidores que trabalharam na época do extinto IAA, e que também prestaram informações sobre os equipamentos doados, explicando o que eram e para que serviam. Além disso, o bolsista auxiliou na organização do espaço.

O trabalho de reunir os objetos para iniciar o acervo mobilizou a equipe da biblioteca, em todas as fases do processo. A primeira fase iniciou-se com o levantamento dos itens que fariam parte do Espaço de Memória do IAA. Em seguida, os itens bibliográficos produzidos pelo IAA que estavam dispersos pelo acervo geral da Biblioteca *Campus* Araras foram reunidos para compor o acervo bibliográfico do IAA, em espaço próprio para eles.

Num segundo momento, foi solicitada aos departamentos e almoxarifado a doação do mobiliário remanescente do extinto IAA, além dos equipamentos de laboratório que não eram mais utilizados, mas que serviriam para compor o acervo histórico do “Espaço de Memória do IAA”, como



FIGURA 2 - Espaço de Memória do IAA.
Fonte: Autoras (2022).

forma de manter viva a memória da instituição. Na sequência, ocorreu a higienização e reparos necessários às obras, bem como dos móveis e dos equipamentos de laboratório.

Com relação ao acervo fotográfico doado pelos docentes e técnicos administrativos do *campus* que trabalharam nesta época, as fotos foram higienizadas e acondicionadas em papel filme e caixas confeccionadas com material específico para manter sua integridade, conforme ilustrado na Figura 3.

Partindo para outra etapa, iniciou-se a definição, dentro da biblioteca, de qual seria o melhor e mais adequado espaço para guardar os materiais, portanto, dando um corpo físico para o que chamamos hoje de “Espaço de Memória do IAA”.



FIGURA 3 - Fotos acondicionadas em caixa específica.
Fonte: Arquivo Espaço de Memória do IAA (B-Ar).

O espaço conta com um acervo de coleções de periódicos, tendo como tema principal a produção e comércio do açúcar – entre elas o Brasil Açucareiro, editada na cidade do Rio de Janeiro pelo IAA – e estão disponíveis no acervo exemplares dos anos de 1944 até 1988. Outra coleção que compõe o acervo e também editada no Rio de Janeiro pelo IAA é o Anuário Açucareiro, composta pelos exemplares físicos, contidos nos volumes agrupados nos períodos de 1935 a 1937, 1941 a 1944, 1948 e 1949, 1949 e 1950, 1951 e 1952, 1953 a 1956, e o último de 1956 a 1966.

A obra de Gileno Dé Carli, agrônomo que se dedicou ao cultivo de cana-de-açúcar, ocupou vários cargos no IAA, além de cargos em outros órgãos relacionados à agricultura, e que publicou diversas obras, entre elas: *História do Instituto do Açúcar e do Alcool*, composta por 8 volumes pertencentes ao acervo do Espaço de Memória do IAA.

Outra obra que compõe o acervo é do autor Edmundo O. von Lippmann, *História do Açúcar*, com 2 volumes.

Além dessas, outras publicações fazem parte do acervo, como: *Introdução à Análise Econômica em Experimentação Canavieira*, dos autores Antonio Hermínio Pinazza e Caetano Brugnaro; *Acordo Internacional do Açúcar de 1977*, Ministério da Indústria e do Comércio (MIC), Instituto do Açúcar e Alcool; *Legislação Açucareira: resoluções e circulares*, volume II, Ministério da Indústria e do Comércio (MIC); *Atos da Presidência e Resoluções do Condel: coletânea 1984*, Ministério da Indústria e do Comércio (MIC), entre outras publicações oficiais relacionadas ao IAA, conforme registrado na Figura 4.

O acervo é composto também por objetos, mobiliários e equipamentos. Entre os mobiliários estão: mesa, cadeiras, poltrona, aparador e estantes; os objetos: máquina de escrever, furador, rotulador e máquina fotográfica; os equi-



FIGURA 4 - Coleções do acervo IAA.
Fonte: Autoras (2022).

pamentos de laboratório: colorímetro, refinômetro, tensiômetro, alcoômetro, ebuliômetro, balança analítica, refratômetro, microscópio, higrômetro, entre outros.

Destaca-se também, o acervo de fotografias disponíveis no “Espaço de Memória do IAA”. As cópias das fotos estão expostas em um mural da sala. Já as fotos originais foram armazenadas na reserva técnica da biblioteca, condicionadas de maneira cuidadosa, com uso de materiais apropriados para conservação deste tipo de documento.

O acervo é composto por fotografias da antiga Fazenda Santa Escolástica, que em 1953 foi comprada pelo IAA, onde iniciou suas atividades com a cana-de-açúcar, por meio do Programa de Melhoramento Genético da Cana-de-Açúcar (Planalsucar), e também fotos das atividades do Planalsucar realizadas por pesquisadores e pessoal técnico especializado no cultivo e processo de melhoramento genético da cana-de-açúcar que participaram dos experimentos, além de fotos dos espaços físicos do local.

4. DEPOIMENTOS DE PESQUISADORES QUE ATUARAM NO IAA¹

As histórias orais têm um importante papel na construção da memória da instituição, uma vez que, por meio delas, é possível resgatar as memórias locais que não estão em nenhum suporte físico. As histórias orais permitem aos atores sociais recontarem a história da instituição sob suas próprias óticas, resgatando vivências que se perderiam ao longo do tempo.

O Projeto de Extensão “Espaço de Memória do IAA” buscou, por meio de entrevistas com servidores que atuaram na instituição, recriar o histórico da instituição sob o olhar de quem ajudou a construí-la. Nesse contexto, Santos e Valentim (2021, p.229) reforçam que “[...] a memória [...] está na capacidade de o sujeito lembrar suas experiências e construir conhecimento com base nelas”.

O professor e pesquisador Rubismar Stolf foi um dos entrevistados que contribuíram para o resgate da história do IAA. Ele atuou como pesquisador no IAA no período de 1979 até a sua extinção, desenvolvendo suas atividades no setor de Operações Agrícolas, tendo como colega Vitório Laerte Furlan e como chefe José Fernandes.

Resgatando as lembranças, descreve que a seção onde trabalhava eram baias de cavalos reformadas e transformadas em salas. Relata que um dos motivos que atraíam bons profissionais para trabalhar no Instituto eram os bons salários e o Planalsucar estava em alta com o programa de melhoramento genético da cana-de-açúcar. Outras áreas, como operações agrícolas, adubação do solo, também estavam

sendo conduzidas e contavam com um corpo técnico de excelente qualidade.

Comentou sobre a filosofia da criação do Planalsucar, que teve como pessoa de grande importância o agrônomo Gilberto Miller Azzi, que trabalhava no IAA e na ocasião tinha sede em Piracicaba, onde ele residia.

Ele nos conta também que, com a crise entre Estados Unidos e Cuba com relação ao mercado de açúcar, o Brasil viu uma grande oportunidade de expansão neste segmento, e inclusive criou-se no IAA um Departamento de Exportação. Apesar de já existirem outras instituições que pesquisavam as variedades de cana, como o Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) e a Cooperativa de Produtores de Cana-de-Açúcar, Açúcar e Álcool (Copersucar), as nossas variedades não davam conta da expansão da cana-de-açúcar.

Tendo em vista a expansão e a necessidade de mais variedades, Miller Azzi, por ser uma pessoa muito inteligente e dinâmica, propôs ao IAA trazer ao Brasil um dos maiores melhoristas de cana do Havaí, chamado Mangelsdorff, que foi o responsável por elaborar um plano de produção de cana-de-açúcar em todo o território nacional, objetivando produzir novas variedades, de maneira que o país dominasse esta cultura no mundo.

Em um segundo momento, Miller Azzi propôs a Mangelsdorff criar um programa de melhoramento unindo os outros pontos de produção de cana, ou seja, as demais coordenadorias regionais espalhadas pelo Brasil, o que deu origem ao Planalsucar, por volta dos anos 1970, sendo atribuído a ele o título de fundador do Planalsucar.

Outro momento importante foi a criação do Programa Proálcool, em 1975, devido ao aumento no preço do petróleo, quando se desenvolveram novos processos originando o álcool/etanol. Ambos os projetos, Planalsucar e Proálcool, ocorreram pelo IAA. Além disso, o IAA estimulou o desenvolvimento de tecnologias e de indústrias aqui no Brasil, visando à exploração do mercado do açúcar.

O programa de melhoramento genético da cana-de-açúcar teve um grande avanço na época do Planalsucar, pois recebia investimento da União. No entanto, na década de 1990, durante o governo Collor extinguiu-se o IAA, e como o Planalsucar era vinculado ao instituto, as verbas foram muito reduzidas, de certa forma levando as pessoas que trabalhavam no programa a firmarem parcerias para continuar com as pesquisas.

Hoje, o programa é mantido pela Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento do Setor Sucroenergético (RIDESA), rede composta pelas universidades que incorporaram as unidades do Planalsucar quando da extinção do IAA. Com isso, o programa tornou-se o maior do mundo no melhoramento da cana-de-açúcar.

Para José Ciofi – técnico administrativo do *campus* que ingressou em março de 1975 no IAA, recém-formado e que trabalhava na seção de genética, nomeada hoje Departamento de Biologia e Produção Vegetal e Animal (DBPVA-Ar) –

¹ Todos os depoimentos foram concedidos ao bolsista da ProEx, Davi de Oliveira dos Santos, em 2019, no âmbito do Projeto de Extensão “Espaço de Memória do IAA”.

relata que os valores que compunham o IAA na época marcaram sua vida. Na entrevista, conta também que, embora os equipamentos utilizados nos processos naquele período fossem considerados modernos, nem se comparam aos de agora. Um exemplo dado por ele foi sobre como eram realizadas as planilhas para análises e estatísticas. Os cálculos eram feitos de forma manual em folhas de papel almaço, pois a ferramenta que poderia auxiliar e dinamizar o trabalho, como Excel, apareceu depois disso.

Ao ser questionado sobre o período de transição entre a extinção do IAA e a incorporação à Universidade, ele diz que foi um período muito complicado e bem complexo, e que naquele momento exercia a função de administrador da fazenda.

Ciofi cita algumas pessoas que tiveram participação importante no IAA, entre elas, Gilberto Miller Azzi, criador/fundador do Planalsucar, e que era o superintendente-geral do Planalsucar; Alonso Keese Dodson, coordenador da Regional Sul - Cosul, no início da coordenação; José Carlos Casagrande, que foi coordenador da Regional - Sul, mas já no final do Planalsucar, década de 1980.

Em seus depoimentos, é possível perceber o quanto acreditam na relevância da preservação da memória institucional da universidade, uma vez que se orgulham de ter participado e fazer parte da construção desta história.

5. CONCLUSÃO

Pode-se concluir que a memória institucional tem grande relevância na construção da identidade institucional, que valoriza não somente seu acervo físico, mas também considera os relatos daqueles que passaram pela instituição e contribuíram para a construção do que ela é atualmente.

No entanto, apesar da preocupação da equipe da biblioteca e de outros servidores do *campus* da universidade com ações de preservar e construir um “espaço de guarda e preservação”, percebe-se ainda a necessidade de tornar mais acessível e buscar reunir todas as iniciativas que possam colaborar para que, de fato, o *campus* tenha um “Centro de Memória” consolidado e disponível, não somente à sua comunidade acadêmica, mas também à comunidade externa.

Além de tudo, é preciso conscientizar a instituição sobre a importância de que suas práticas de resgate e preservação da memória sejam um processo de constante construção.

Desta forma, a biblioteca pretende trabalhar em um projeto de digitalização do acervo bibliográfico e de registro fotográfico dos itens físicos do acervo, de maneira a facilitar o acesso não somente às pessoas vinculadas diretamente à universidade, mas a todos que o desejarem, por meio da disponibilização do acervo em formato virtual, buscando também reforçar um sentimento de pertencimento na comunidade acadêmica, uma vez que sua trajetória contribui para a história da instituição.

O espaço está disponível para visitação gratuita ao público, possibilitando maior visibilidade   UFSCar *campus* de Araras,   biblioteca do *campus* e   memória institucional.






REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRASIL. Funda o Jorge Duprat Figueiredo, de Segurança e Medicina do Trabalho – Fundacentro. **A importância da memória institucional**. Rio de Janeiro, 2021. Disponível em: <<http://www.fundacentro.gov.br/resgate-historico/a-importancia-da-memoria-institucional>>. Acesso em: 17 abr. 2019.
- COSTA, I. T. M. **Memória institucional: a constru o conceitual numa abordagem teórica metodológica**. 1997. Tese (Doutorado em Ciência da Informa o)-Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1997.
- DICIONÁRIO ONLINE DE PORTUGUÊS – DICIO. **Memória**. [Matosinhos: 7Graus, 2022]. Disponível em: <<https://www.dicio.com.br/memoria/>>. Acesso em: 7 maio 2022.
- HALBWACHS, M. **A memória coletiva**. São Paulo: Centauro, 2006.
- HENRIQUES, F. L.; MORAIS, J. P. G. **Memórias UFSCar: campus Araras**. Araras: Jozivaldo P. G. de Moraes, 2015.
- IZQUIERDO, I. **A arte de esquecer: cérebro e memória**. Rio de Janeiro: Vieira & Lent, 2010.
- LE GOFF, J. **História e memória**. 5. ed. Campinas: Ed. UNICAMP, 2003.
- LEPETIT, B. **Por uma nova história urbana**. São Paulo: EdUSP, 2001.
- NORA, P. Entre Memória e História: a problemática dos lugares. **Projeto História**, São Paulo, v. 10, p. 7-28, 1993.
- PAZIN, M. **A importância dos centros de memória para as institui es e para a sociedade**. São Paulo, 2015. Disponível em: <<https://www.itaucultural.org.br/secoes/acervos/a-importancia-dos-centros-de-memoria-para-as-instituicoes-e-para-a-sociedade>>. Acesso em: 7 maio 2022.
- RUEDA, V. M. S.; FREITAS, A.; VALLS, V. M. Memória Institucional: uma revisão de literatura. **CRB-8 Digital**, São Paulo, v. 4, n. 1, p. 78-89, 2011. Disponível em: <<https://www.brapci.inf.br/index.php/article/download/64761>>. Acesso em: 9 maio 2022
- SANTOS, J. C.; VALENTIM, M. L. P. Memória institucional e memória organizacional: faces de uma mesma moeda. **Perspectivas em Ciência da Informa o**, Belo Horizonte, v. 26, n. 3, p. 208-235, 2021. <http://dx.doi.org/10.1590/1981-5344/4315>.
- SANTOS, V. S.; OLIVEIRA, L. S.; SILVA, M. N. A relevância do tratamento documental do Instituto Federal de Educa o, Ciência e Tecnologia de Sergipe para o resgate da memória institucional. **BiblioCanto**, Natal, v. 7, n. 1, p. 1-20, 2021. <http://dx.doi.org/10.21680/2447-7842.2021v7n1ID21722>.
- SILVA, M. H. A.; PAPALI, M. A. C. R.; ZANETTI, V. R. Memória institucional e história pública: o acervo do centro de história e memória da Universidade do Vale do Paraíba em São José dos Campos (Cehvap). **Revista Brasileira de História & Ciências Sociais**, Rio Grande, v. 11, n. 21, p. 270-289, 2019. Disponível em: <<https://periodicos.furg.br/rbhcs/article/view/10817>>. Acesso em: 10 maio 2022.

04

Produção de milho orgânico em consórcio com adubos verdes

Maize production organic in intercropping with green manure

Anastácia Fontanetti¹ 
Leila Bonfanti² 
Barbara Chrys Gomes Balduino³ 
Taína Cardoso Martins⁴ 
Renan Rocha de Oliveira⁵ 

¹Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Centro de Ciências Agrárias (CCA), Departamento de Desenvolvimento Rural (DDR), Araras, SP, Brasil. anastacia@ufscar.br

²Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Centro de Ciências Agrárias (CCA), Departamento de Desenvolvimento Rural (DDR), Araras, SP, Brasil. leila_bonfanti@hotmail.com

³Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Centro de Ciências Agrárias (CCA), Departamento de Desenvolvimento Rural (DDR), Araras, SP, Brasil. barbara-balduino@hotmail.com

⁴Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Centro de Ciências Agrárias (CCA), Departamento de Desenvolvimento Rural (DDR), Araras, SP, Brasil. tainacardoso@estudante.ufscar.br

⁵Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Centro de Ciências Agrárias (CCA), Departamento de Desenvolvimento Rural (DDR), Araras, SP, Brasil. renanoliveira-rocha@hotmail.com

RESUMO No Brasil, a produção de milho em sistema orgânico é restrita, dificultando a consolidação das cadeias produtivas de leite, carne e ovos orgânicos. Os principais desafios tecnológicos para a produção de milho em sistema orgânico são o manejo das plantas daninhas e a nutrição mineral do milho, principalmente com nitrogênio e fósforo. O capítulo apresenta os principais resultados das pesquisas sobre a produção de milho orgânico, desenvolvidas ao longo de 12 anos no Centro de Ciências Agrárias (CCA) na Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). Os consórcios de milho com os adubos verdes crotalária (*Crotalaria spectabilis*) e guandu-anão (*Cajanus cajan*) não afetam a produtividade de grãos e apresentam potencial para o fornecimento de nitrogênio e fósforo para o milho em sistema orgânico. Os consórcios modificam a dinâmica da comunidade, o banco de sementes e aumentam a diversidade de espécies daninhas. Mas não dispensa outras formas de controle, como mecânico e/ou físico.

Palavras-chave: Agroecologia; leguminosas; nutrição mineral; plantas daninhas

ABSTRACT Organic maize production in Brazil is restricted. It also makes it difficult to consolidate chains for eggs, milk, and organic meats. Weed control and maize, mineral nutrition with nitrogen and phosphorus are problems in organic maize production. The chapter presents the main results of research on the production of organic maize, developed over 12 years at the Centro de Ciências Agrárias (CCA), Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). Maize intercropping with *Crotalaria spectabilis* and pigeon pea (*Cajanus Cajan*) do not affect grain yield and have potential to supply N and P to maize in an organic system. Intercropping modifies the dynamics of the community, the seed bank and increase the diversity of weed species. But it does not dispense with other forms of control, such as mechanical and/or physical.

Keywords: Agroecology; legumes; mineral nutrition; weeds.



Este é um capítulo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença [Creative Commons Attribution](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

1. INTRODUÇÃO

Apresentação

O aumento na demanda mundial por alimentos mais saudáveis e produzidos minimizando os impactos ambientais tem sido um dos principais motivos para a expansão da agricultura orgânica. O Brasil tem o maior mercado consumidor de orgânicos da América Latina e está se consolidando como um importante produtor.

O milho está entre os cereais mais produzidos no sistema orgânico. No entanto, no Brasil a produção ainda é restrita, fato que impede a consolidação das cadeias produtivas de leite, carne e ovos orgânicos. Uma vez que o milho, enquanto grão, compõe as rações e, como planta inteira, pode ser fornecido aos animais como forragem e silagem. Entre os principais desafios tecnológicos para a produção de milho em sistema orgânico, estão o manejo das plantas daninhas e a nutrição mineral do milho, principalmente nitrogênio e fósforo.

Pretendemos com o capítulo sistematizar e divulgar os principais resultados das pesquisas sobre a produção de milho orgânico desenvolvidas ao longo de 12 anos no Centro de Ciências Agrárias (CCA), na Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). Para tanto, reunimos pesquisas provenientes de iniciações científicas, trabalhos de conclusão dos cursos de Agroecologia e Engenharia Agrônoma e dissertações dos Programas de Pós-Graduação em Agroecologia e Desenvolvimento Rural (PPGADR) e Produção Vegetal e Bioprocessos Associados (PVBA).

Panorama da agricultura orgânica

O conceito de sistema orgânico de produção agropecuária e industrial abrange os denominados: ecológico, biodinâmico, natural, regenerativo, biológico, agroecológico e permaculturais (BRASIL, 2003).

A legislação brasileira (Lei 10.831/2003) define sistema orgânico de produção agropecuária todo aquele em que se adotam técnicas específicas, mediante a otimização do uso dos recursos naturais e socioeconômicos disponíveis e o respeito à integridade cultural das comunidades rurais; tendo por objetivo a sustentabilidade econômica e ecológica, a maximização dos benefícios sociais, a minimização da dependência de energia não renovável, empregando sempre que possível métodos culturais, biológicos e mecânicos, em contraposição ao uso de materiais sintéticos, a eliminação do uso de organismos geneticamente modificados e radiações ionizantes, em qualquer fase do processo de produção, processamento, armazenamento, distribuição e comercialização (BRASIL, 2003).

Estatísticas recentes publicadas pela IFOAM – Organics International revelam que em 2019 havia 72,3 milhões de

hectares sob agricultura orgânica, incluindo áreas em conversão, o que equivale a 1,5% do total de áreas destinadas à agricultura mundial. As regiões com maiores áreas são a Oceania com 35,9 milhões de hectares (51%), Europa com 16,5 milhões (23%), América Latina com 8,3 milhões (11%), Ásia com 5,9 milhões (8%), América do Norte com 3,6 milhões (5%) e África com 2 milhões (3%). Entre os países, destacam-se a Austrália com 35,7 milhões de hectares, a Argentina com 3,7 milhões e a Espanha com 2,4 milhões, sendo predominantes na Austrália e Argentina áreas destinadas às pastagens orgânicas (WILLER; YUSSEFI-MENZLER; SORENSEN, 2021).

As vendas de alimentos e bebidas orgânicas atingiram mais 106 bilhões de euros em 2019. Os países com maior mercado foram os Estados Unidos da América com 44,7 bilhões de euros (42% do mercado mundial), a Alemanha com 12 bilhões de euros e a França com 11,3 bilhões de euros (WILLER; YUSSEFI-MENZLER; SORENSEN, 2021). Esses resultados colocam o setor como um dos mais estratégicos economicamente, quando se comparam seus resultados recentes aos dados sobre o consumo de produtos agrícolas básicos não orgânicos, em especial, nos países desenvolvidos em que há uma tendência de estabilização do consumo *per capita* de cereais, raízes, tubérculos e carne nos próximos dez anos (LIMA et al., 2019).

O Brasil está se consolidando como grande produtor de alimentos orgânicos. Na América Latina, ocupa o terceiro lugar em área (1,3 milhão de hectares) e detém o maior mercado consumidor de orgânicos. O número de agricultores no Brasil aumentou expressivamente. Entre os anos de 2007 e 2018, houve um acréscimo médio anual de 19% de unidades, e um aumento médio anual de quase 17% do número de produtores orgânicos registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) (LIMA et al., 2019).

De acordo com o Censo Agropecuário de 2017, há 68.716 estabelecimentos agropecuários certificados como orgânicos, e deste total, 39.643 estabelecimentos se dedicavam à produção vegetal, 18.215 estabelecimentos possuíam produção animal e 10.858 estabelecimentos tinham produção vegetal e animal orgânicas (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2019).

Milho orgânico

O milho está entre os principais grãos produzidos em sistema orgânico. No ano de 2019, a área de produção mundial com cereais orgânicos foi de 5,1 milhões de hectares, e o milho ocupou 14% desse total, atrás apenas do trigo, com 32% da área (WILLER; YUSSEFI-MENZLER; SORENSEN, 2021).

Atualmente existem por volta de 7.787 unidades produtoras de milho orgânico no país, com maior representação

na Região Sudeste, que abriga 1.823 propriedades, sendo 987 no estado de São Paulo (BRASIL, 2022).

Porém, diferentemente do que ocorre com milho convencional, o Brasil não está entre os maiores produtores mundiais deste cereal em sistema orgânico (WILLER; YUSSEFI-MENZLER; SORENSEN, 2021). Fato este que dificulta a consolidação das cadeias produtivas de proteína animal orgânica (FONTANETTI et al., 2006).

A produção pecuária em sistema orgânico segue especificamente a Instrução Normativa nº 46, de 06 de outubro de 2011, a qual estabelece que a alimentação animal deve ser oriunda da própria unidade de produção ou de outro sistema sob manejo orgânico, podendo ser utilizados alimentos não orgânicos, no limite de 15% da matéria seca total para espécies ruminantes, e 20% da matéria seca total para não ruminantes (BRASIL, 2011).

Apesar de não haver uma sistematização dos dados sobre a produção animal em sistema orgânico, no Brasil o Censo Agropecuário de 2017 aponta que cerca de 42% das propriedades certificadas possuem produção animal (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2019). Soma-se a entrada de grandes empresas no mercado de orgânicos no Brasil nos últimos anos, como, por exemplo, o investimento da Nestlé na produção de alimentos orgânicos, com o lançamento de leite orgânico (LIMA et al., 2019).

Neste contexto, insere-se a necessidade da produção de ração, feno, silagem, entre outros produtos, para a alimentação animal em sistema orgânico. O milho assume especial relevância, uma vez que, enquanto grão, compõe as rações e, como planta inteira, pode ser fornecido como forragem e/ou silagem.

2. SISTEMA ORGÂNICO DE PRODUÇÃO DE MILHO E RESULTADOS DE PESQUISA

Histórico e caracterização da área de pesquisa

As pesquisas aplicadas aos sistemas orgânicos de produção vegetal requerem especificidades, como a necessidade do desenvolvimento de estudos em área de campo permanente, manejada e acompanhada no decorrer dos anos. Isso porque as condições do solo e a pressão de pragas e doenças resultam de práticas aplicadas ao longo do tempo (sucessão/rotação de culturas, adubação verde, manejo do solo) e variam de acordo com a organização do espaço (cercas vivas, quebra-ventos, manejo de plantas espontâneas) (KHATOUNIAN, 2001).

A área destinada à experimentação agrícola com milho orgânico (0,5 ha) teve início no ano de 2009, e o Laboratório de Produção Vegetal e Recursos Florestais utilizado para dar suporte às pesquisas foi inaugurado no ano de 2013, ambos pertencentes ao Departamento de Desenvolvimen-

to Rural (DDR) e ao Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), localizado no *campus* de Araras, SP (latitude 22°18'27,75" Sul e longitude 47°23'09,83" Oeste), altitude de 665 m. O clima é o Cwa, tropical úmido, com verões quentes e invernos secos (KÖPPEN, 1948) (Figura 1).

O solo da área experimental é classificado como Nitossolo Vermelho Distroférrico Latossólico de textura argilosa (YOSHIDA; STOLF, 2016) e apresenta no ano de 2009 as seguintes características químicas na profundidade de 0-0,20 m: P resina (31 mg dm⁻³); Matéria orgânica (38 g dm⁻³); pH em CaCl₂ (5,5); K (2,3 mmol_c dm⁻³); Ca (59 mmol_c dm⁻³); Mg (15 mmol_c dm⁻³); SB (76 mmol_c dm⁻³); CTC (98,3 mmol_c dm⁻³) e V= 78%.

Na safra de 2020/21, a área experimental completou 12 anos sob manejo orgânico. Possui cerca viva formada com gliricídia (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp) (Figura 2) e nas safras de verão cultiva-se milho con-



FIGURA 1 - Área experimentação agrícola de milho orgânico (A); Laboratório de Produção Vegetal e Recursos Florestais (B). Créditos da imagem: Ariel Molina.



FIGURA 2 - Cerca viva de gliricídia (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp), área experimental de milho orgânico. Fonte: Autores.

sorciado com adubos verdes, entre eles feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis* (L.) DC) (2009/10), guandu-anão, anão (*Cajanus cajan* L.) (2010/11 e 2011/12); puerária (*Pueraria phaseoloides* (Roxb.) Benth), soja-pere-ne (*Neonotonia wightii* (Wight & Arn.)), calopogônio (*Calopogonium mucunoides* Desv.) (2013/14 e 2014/15); crotalária (*Crotalaria spectabilis* Roth) (2016/17), crotalária e guandu-anão (2017/18 e 2018/19). Já nas entressafras, faz-se o cultivo de adubos verdes de inverno, como aveia-preta (*Avena strigosa* Schreb.) (Figura 3), crotalária (*Crotalaria ochroleuca* G. Don) e crotalária juncea (*Crotalaria juncea* L.). Anualmente, ocorre a adição de aproximadamente 10 t ha⁻¹ de composto orgânico. A composição química média do composto orgânico utilizado é de: N (1,90%), P₂O₅ (1,48%), K (1,45%), CaO (11,53%), MgO (1,32%), SO₄ (1,01%), Matéria orgânica (20,69%), Cu (100 mg dm⁻³), Fe (18977 mg dm⁻³), Mn (566 mg dm⁻³), Zn (153 mg dm⁻³), umidade de 18% e densidade de 0,662 kg L⁻¹.

As características químicas do solo no ano de 2021 na profundidade de 0-0,20 m foram: P resina (31 mg dm⁻³); Matéria orgânica (39 g dm⁻³); pH em CaCl₂ (5,9); K (6,0 mmol_c dm⁻³); Ca (57 mmol_c dm⁻³); Mg (21 mmol_c dm⁻³); SB (84 mmol_c dm⁻³), CTC (110 mmol_c dm⁻³) e V (76%).

Ao longo dos 12 anos, observou-se estabilidade nos teores de P, Ca e na porcentagem de saturação por bases (V). Houve pequeno aumento no teor de matéria orgânica e no pH do solo. Aumentos mais expressivos foram observados nos teores de K e Mg, contribuindo para os maiores valores de soma de bases (SB) e capacidade de troca de cátions (CTC).

A estabilidade no teor de P pode estar relacionado à exportação desse nutriente pelo milho, o P é o nutriente mais exportado nos grãos de milho (80%) (COELHO, 2006). O método utilizado, neste trabalho, para determinar o P do solo, resina trocada de íons, permite a avaliação do chamado fósforo lábil, por dissolução gradativa de compostos fosfatados da fase sólida do solo e transferência de íons ortofosfato para a resina de troca iônica (VAN RAIJ; QUAGGIO,



FIGURA 3 - Adubação verde de inverno com aveia-preta (*Avena strigosa* Schreb.).
Fonte: Autores.

2001), ou seja, indica o P disponível na solução do solo. Neste sentido, o método utilizado não avalia o P adsorvido no solo, retido nos coloides de argila ou como P-orgânico. O solo da área experimental apresenta na profundidade de 0-0,10 e de 0,10-0,20 m, 45% e 47% de argila, respectivamente (TREVISAN et al., 2021). Solos com maior textura argilosa e originários de rochas básicas apresentam maior capacidade de retenção de P (VALLADARES; PEREIRA; ANJOS, 2003), como o Nitossolo Vermelho da área experimental.

O aumento do pH do solo e dos teores de Mg e K são reflexos da adubação orgânica e dos ácidos orgânicos advindos da adubação verde. Durante a decomposição inicial dos resíduos orgânicos, ocorre a acidificação do solo, devido à ionização de ácidos carboxílicos, fenólicos e álcoois terciários da matéria orgânica; entretanto, no estágio final de mineralização da matéria orgânica, a oxidação libera elétrons aumentando o pH dos solos (SOUSA; MIRANDA; OLIVEIRA, 2007). Sistemas com elevado aporte de matéria orgânica, como o caso da área experimental, os cátions polivalentes como o Ca são mais lixiviados no perfil do solo em relação aos monovalentes como o K. Essa lixiviação deve-se à carga nula ou negativa dos complexos orgânicos formados entre os ânions orgânicos advindos dos exsudatos de plantas (como os adubos verdes) e os cátions polivalentes. Assim, o K ficaria retido nas cargas negativas do solo, dificultando a sua lixiviação (FRANCHINI et al., 2003).

Genótipos de milho para sistema orgânico

No sistema orgânico não é permitido o uso de genótipos transgênicos e, embora não haja impedimento para o uso dos híbridos, as variedades são recomendadas, pois entende-se que neste sistema há menor disponibilidade de minerais prontamente disponíveis e maior pressão por pragas, doenças e plantas daninhas, principalmente no início da transição. Nesse caso, as variedades teriam melhor desempenho.

As variedades são recomendadas para agricultores que utilizam menores quantidades de insumos e para regiões ou épocas de plantio com limitações para altas produtividades, além do fato de as sementes de variedades poderem ser produzidas e mantidas pelos próprios agricultores (GUIMARÃES et al., 2009). Mesmo quando as sementes das variedades forem adquiridas todos os anos, o custo da semente para se plantar um hectare com uma variedade é cerca de 5 a 6 vezes menor do que o preço de um híbrido simples (CRUZ et al., 2009). Soma-se a essas justificativas a maior variabilidade genética das variedades de polinização aberta em relação aos híbridos, apresentando maior estabilidade de produção. Ainda que a maior variabilidade genética não seja garantia de maior margem bruta a produtores de grãos de milho com baixa capacidade de investimento em manejo (SANGOI et al., 2006).

O levantamento de cultivares de milho disponíveis no mercado para safra 2020/2021 registrou 98 novas cultivares, dentre essas 74 apresentavam algum evento transgênico, ou seja, 75,53% dos híbridos que estão no mercado são geneticamente modificados, e apenas 24 (24,50%) são convencionais. O levantamento também demonstrou que 72 cultivares são híbridos simples; os híbridos triplos, duplos e variedades apareceram em pequenas quantidades (PEREIRA FILHO; BORGHI, 2021). Fato que preocupa os produtores de grãos de milho em sistema orgânico, uma vez que mesmo para os híbridos convencionais há baixa disponibilidade de cultivares no mercado, limitando o acesso a genótipos resistentes a pragas e doenças, importante estratégia para o sistema orgânico.

Visando avaliar o desempenho de genótipos comerciais e crioulos de milho para a produção de grãos e silagem no sistema orgânico, foram desenvolvidos os seguintes trabalhos (GIUNTI et al., 2016, 2017; MARTIN, 2017; NASCIMENTO et al., 2019).

Giunti et al. (2017), na safra 2014/15, avaliaram a produção de grãos e silagem de sete variedades (cinco variedades comerciais: AL Avaré, AL Bandeirante, AL Piratininga, Cativeiro 02 e UFVM 200 - Soberano e duas variedades crioulas, denominadas Santa Rita 1 e Santa Rita 2) em sistema orgânico nos municípios de Araras, SP (altitude 665 m) e em Muzambinho, MG (altitude 1100 m). As variedades crioulas foram selecionadas em um banco particular de sementes e cedidas por um produtor do município de Santa Rita de Caldas, MG.

De acordo com os autores, os locais de cultivo, principalmente a altitude e a precipitação pluviométrica, foram os fatores mais importantes para o rendimento de grãos de milho em sistema orgânico. Todas as variedades apresentaram melhor desempenho agrônomico em maior altitude, a média de produtividade de grãos foi de 8,5 t ha⁻¹ em Muzambinho (maior altitude) e de 4 t ha⁻¹ em Araras (menor altitude). A variedade AL Piratininga com produção de grãos de milho de 6,3 t ha⁻¹ e 9,8 t ha⁻¹ em Araras e Muzambinho, respectivamente, foi a com o melhor desempenho em ambos os locais. As variedades crioulas avaliadas apresentaram desempenho agrônomico semelhante ao das variedades comerciais nos dois locais avaliados, indicando que elas podem ser utilizadas em plantios comerciais sob manejo orgânico.

As mesmas cultivares foram avaliadas quanto à produção e qualidade de silagem. Todas proporcionaram silagens com parâmetros bromatológicos adequados para uso animal, nos dois locais avaliados, inclusive a variedade UFVM 200 Soberano, recomendada somente para a produção de grãos. Assim como o observado para a produção de grãos, os rendimentos de matéria seca e matéria verde foram influenciados pelo ambiente, principalmente pelas condições de temperatura e radiação solar, com melhores resultados em Muzambinho, MG. As variedades crioulas apresentaram os

parâmetros bromatológicos semelhantes aos das variedades comerciais nos dois locais avaliados (GIUNTI et al., 2016).

Martin (2017), na safra 2015/16, avaliou o desempenho agrônomico e o rendimento de grãos de três variedades comerciais (AL Bandeirante, AL Avaré e AL Piratininga), duas variedades locais (Santa Rita 1 e Santa Rita 2) e dois híbridos simples (30F53 e 2B587) no município de Araras, SP. O híbrido simples 2B587 apresentou produtividade de grãos de 4,3 t ha⁻¹ superior às demais cultivares, as quais em média produziram 2,5 t ha⁻¹ de grãos de milho. A autora justifica a maior produção do híbrido à tolerância ao estresse hídrico.

Nascimento et al. (2019) avaliaram na safra 2017/18 os genótipos de milho: híbrido simples (HS; P30F53, Dupont Pioneer, Santa Cruz do Sul, RS); variedades: IPR114 (Instituto Agrônomico do Paraná - IAPAR, Londrina, PR); IPR164 (IAPAR) e ZMG01 (Fundação Mokiti Okada, Ipeúna, SP) quanto às perdas fermentativas, a composição bromatológica e a estabilidade aeróbica de silagens em sistema orgânico. As variedades apresentaram maiores teores de fibra, quando ensiladas, mostraram menor recuperação da massa seca, em relação ao híbrido simples. Dentre as variedades, IPR114 minimizou as perdas fermentativas e produziu silagem com menor teor de fibra e maior estabilidade aeróbica, sendo a variedade mais recomendada para sistemas orgânicos de produção.

Em síntese, o genótipo de milho para o sistema orgânico deve ser escolhido em função das características ambientais, época de plantio, pressão por pragas e doenças e nível tecnológico empregado, visando expressar o máximo do seu potencial genético, não havendo limitação para uso de híbridos, desde que o agricultor possa adquirir as sementes.

Consórcio de milho com adubos verdes em sistema orgânico

Os principais desafios tecnológicos para a produção de milho em sistema orgânico são o suprimento de nutrientes em quantidade e em sincronia com a demanda do milho, principalmente nitrogênio (N) e fósforo (P), e o manejo das plantas daninhas.

O uso de fertilizantes orgânicos, como esterco e/ou composto, comumente empregados em sistemas orgânicos, é oneroso, em função do volume exigido, custo energético e pelos valores gastos com transporte e aplicação. Souza et al. (2008) destacam que, em sistemas orgânicos, 28,8% dos custos energéticos durante a fase de campo são referentes ao uso de composto orgânico, sendo o mais expressivo desta fase na produção de hortaliças orgânicas.

Alguns estudos têm demonstrado que apenas o uso de fertilizantes orgânicos não é suficiente para repor a quantidade de N e P exportado pelo milho. Fernandes, Uhde e Wünsch (2007), avaliando a fertilidade dos solos em áreas de produção orgânica de soja e milho, identificaram o dé-

ficat de 150 kg ha⁻¹ de N, por ser o elemento exportado em maior quantidade em relação aos demais.

Quanto às plantas daninhas, no sistema orgânico a produtividade de milho é reduzida, consideravelmente, dependendo da densidade, espécie e do manejo adotado (COX; CHERNEY, 2018). Os agricultores orgânicos no Brasil, em sua maioria, utilizam-se da capina manual e arranquio (SPAGNOLO et al., 2017), e em menor escala da roçada (GOMES; CHRISTOFFOLETI, 2008). Porém, essas técnicas aumentam os custos de produção, inviabilizando o uso em médias e grandes áreas, e podem também contribuir para o aumento do banco de sementes e predominância espécies de difícil controle.

Otimizar os processos biológicos já existentes no sistema solo/planta é uma alternativa para aumentar a disponibilidade de nutrientes para o milho, reduzindo o uso de fertilizantes orgânicos. Dentre esses destacam-se o aporte de N via fixação biológica (FBN), com a inclusão de plantas da família Fabaceae nos sistemas de produção (MULLER et al., 2017) e a ciclagem do P orgânico (GARLAND et al., 2017).

A ocupação dos agroecossistemas no espaço e tempo, pelas culturas de interesse, reduz a disponibilidade de nichos adequados ao crescimento e desenvolvimento das plantas daninhas (PITELLI; DURIGAN, 2003). Essa estratégia pode ser alcançada pelas plantas de cobertura, que cobrem a área e fecham as “janelas” na entressafra, não permitindo a recolonização da área com espécies infestantes e, durante a safra, com o cultivo de espécies intercalares às comerciais, como os adubos verdes.

O consórcio de milho com adubos verdes, da família Fabaceae, apresenta-se como uma alternativa para o aporte de N, aumento da disponibilidade de P e manejo das plantas daninhas.

Espécies, densidade e arranjo de plantas de adubos verdes no consórcio com o milho em sistema orgânico

No consórcio do milho com os adubos verdes, é desejável que as espécies apresentem características morfológicas e ecofisiológicas diferentes, para evitar a competição por água, nutrientes e radiação solar. Entre as estratégias para impedir ou minimizar a competição entre o milho e os adubos verdes, destacam-se a escolha da espécie, época e densidade de semeadura e o arranjo de plantas no consórcio.

Adubos verdes de crescimento ereto e porte baixo a médio, como o feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis* (L) DC), guandu-anão e *C. spectabilis*, a semeadura simultânea ao milho tem sido satisfatória. O consórcio do milho com até seis plantas de feijão-de-porco por metro linear, na mesma linha de plantio do cereal, não afetou a produtividade de grãos de milho (FONTANETTI et al., 2006). O consórcio de milho variedade AL- Bandeirante (6 plantas m⁻¹) com guandu-anão (4 plantas m⁻¹), nas entrelinhas do milho, também não interferiu na produtividade de grãos de milho.

Quanto ao arranjo de plantas Gallo et al. (2017), avaliaram na safra 2016/17 o consórcio de milho, variedade AL Avaré (5 plantas m⁻¹) com: guandu-anão semeado na linha de plantio do milho (10 plantas de guandu m⁻²); uma linha de guandu-anão semeado na entrelinha do milho (10 plantas de guandu m⁻²); duas linhas de guandu-anão semeado na entrelinha do milho (20 plantas de guandu m⁻²); guandu-anão semeado na linha e na entrelinha do milho (20 plantas de guandu m⁻²) e guandu-anão semeado na linha e duas linhas na entrelinha do milho (30 plantas de guandu m⁻²), e concluíram que os diferentes arranjos não afetaram o crescimento do milho. O milho cultivado em consórcio com guandu-anão semeado na linha e duas linhas na entrelinha (30 plantas de guandu m⁻²) apresentou rendimento de grãos superior ao milho solteiro (Figura 4).

Araújo et al. (2021) avaliaram na safra 2017/18 os arranjos do milho, híbrido *Pioneer 30F53* (6 plantas m⁻¹) com *Crotalaria spectabilis* Roth. (7 plantas m⁻¹): *C. spectabilis* semeadas nas mesmas linhas do milho; *C. spectabilis* semeadas nas entrelinhas do milho; *C. spectabilis* semeadas nas linhas e entrelinhas do milho, e o milho solteiro. Os arranjos não afetaram os componentes de produção do milho, e a produtividade média de grãos foi de 4,5 t ha⁻¹ (Figura 5).

Bonfanti (2019), na safra 2017/18, avaliou os consórcios de milho híbrido AGRICOM 340 (5 sementes m⁻¹) com: *C. spectabilis* - 5 plantas m⁻¹; guandu-anão - 5 plantas m⁻¹; *C. spectabilis* e guandu-anão - 10 plantas m⁻¹ (cinco plantas de cada espécie); *C. spectabilis* e guandu-anão - 6 plantas m⁻¹ (três plantas de cada espécie) na mesma linha do milho, e o milho solteiro. A autora observou redução do crescimento e produtividade de grãos do milho nos consórcios *C. spectabilis* e guandu-anão - 10 plantas m⁻¹ (Figura 6) e no consórcio com guandu-anão - 5 plantas m⁻¹ (Figura 7), devido à potencialização da competição interespecífica com o milho. Por outro



FIGURA 4 - Consórcio de milho com guandu-anão (*Cajanus cajan* L.) semeado na linha e entrelinha, em sistema orgânico. Fonte: Autores.



FIGURA 5 - Consórcio de milho com *Crotalaria spectabilis* Roth. em sistema orgânico.
Fonte: Autores.



FIGURA 6 - Consórcio de milho com cinco plantas de guandu-anão (*Cajanus cajan* L.) por metro na mesma linha de semeadura do milho em sistema orgânico.
Fonte: Autores.

lado, o consórcio com a *C. spectabilis* - 5 plantas m^{-1} proporcionou incrementos na produção de matéria seca do milho.

Balduino (2020), avaliando os mesmos consórcios mencionados anteriormente, na safra 2018/19 identificou as maiores produções de massa de matéria seca dos adubos verdes nos consórcios milho/guandu-anão e milho/guandu-anão/*C. spectabilis* (3 plantas m^{-1} , de cada adubo verde), e os consórcios não interferiram na produção de grãos de milho.

Nutrição mineral do milho, nitrogênio e fósforo, no consórcio com os adubos verdes

A extração de nutrientes pelas plantas de milho depende da produtividade obtida e do acúmulo de nutrientes nos



FIGURA 7 - Consórcio de milho com *Crotalaria spectabilis* Roth e guandu-anão (*Cajanus cajan* L.) - 10 plantas por metro (cinco plantas de cada espécie), na mesma linha de semeadura do milho em sistema orgânico.
Fonte: Autores.

grãos (PINHO et al., 2009). Boa parte do N absorvido pelo milho é translocado para os grãos, podendo chegar a 77% (COELHO, 2006). Para produzir uma tonelada de grãos de milho, é necessário em média 25 kg de N (PINHO et al., 2009) e, para cada tonelada de grãos produzida, a exportação de N é de 16,1 kg (RESENDE et al., 2012). Quanto ao P, a demanda média é de 5,55 kg para cada tonelada de grãos de milho (PINHO et al., 2009) e, para cada tonelada de grãos produzida, a exportação de P_2O_5 é de cerca de 7,5 kg, podendo chegar a 86% de exportação pelos grãos (COELHO, 2006; RESENDE et al., 2012).

Como mencionado anteriormente, os fertilizantes orgânicos apresentam baixas concentrações de nutrientes, fato que implica uso de elevados volumes, onerando os custos com transporte e aplicação (ARRUDA et al., 2011). Também para maior eficiência dos fertilizantes orgânicos, deve haver sincronia entre o período de mineralização dos nutrientes e a demanda nutricional da planta, durante o mesmo ciclo de cultivo (GASKELL; SMITH, 2007; SACCO et al., 2015).

O aumento das áreas de produção orgânica terá como desafio o suprimento de N, sendo necessário a otimização do manejo das leguminosas (Fabaceae), ampliação das fontes de resíduos orgânicos utilizados e melhoria da eficiência no uso dos nutrientes (MÜLLER et al., 2017).

Da mesma forma, o P é um recurso limitado e com baixa disponibilidade em muitos solos (NOVAIS; SMYTH, 1999). Em regiões de domínio tropical, entre as estratégias para a

oferta de P são: a ciclagem do P orgânico e o P da biomassa microbiana (GARLAND et al., 2017).

Nesse contexto, e baseado nos consórcios de milho com guandu-anão e milho com *C. spectabilis* desenvolvidos e avaliados no sistema convencional, denominado Sistema Santa Brígida, onde o objetivo foi o incremento de N no solo/planta via FBN, sem reduzir a produtividade do milho e a produção de palha na entressafra (OLIVEIRA et al., 2010), optamos por desenvolver estudos dos efeitos dos consórcios de milho com guandu-anão e *C. spectabilis* semeadas juntas e isoladas no fornecimento de N e P para o milho em sistema orgânico (GALLO et al., 2017; BONFANTI, 2019; MARTINS, 2022).

Gallo et al. (2017) verificaram o aumento da produtividade de grãos de milho orgânico no consórcio com guandu-anão. Em seu trabalho, o consórcio com densidade de 30 plantas m⁻¹ de guandu-anão semeado na linha do milho e duas linhas semeadas na entrelinha do milho proporcionou a produtividade de 7,5 t ha⁻¹ de grãos, superior ao milho solteiro, que atingiu 5,8 t ha⁻¹. Isso ocorreu, de acordo com os autores, devido à densidade de leguminosas, a qual elevou a FBN e, como consequência, a absorção de N pelas plantas de milho, que foi comprovado pelo maior teor de N nas folhas (GALLO et al., 2017). O milho pode ser beneficiado pelo nitrogênio fixado pela leguminosa em consórcio, seja pela excreção direta de compostos nitrogenados e/ou pela decomposição dos nódulos e raízes (PEREIRA et al., 2011).

Já para os teores de P nas folhas, os autores não verificaram diferenças entre os sistemas consorciados com guandu-anão e o milho solteiro; em todos o milho apresentou teores de P dentro da faixa considerada adequada para a cultura (GALLO et al., 2017).

Bonfanti (2019) avaliou o consórcio de milho com guandu-anão e *C. spectabilis* semeados juntos e na mesma linha do cereal, nas densidades de 10 e 6 plantas por metro; verificou que houve aumento no índice de clorofila (IC) na densidade de 6 plantas (3 de *C. spectabilis* e 3 de guandu-anão). Os resultados sugerem que os adubos verdes semeados concomitantemente podem maximizar a disponibilidade e absorção do N, aumentando o IC do milho. Porém, não observou incremento do teor de N foliar do milho nos consórcios em relação ao milho solteiro.

A mesma autora verificou aumento das concentrações de NH₄⁺ e NO₃⁻ no solo e da expressão do gene NifH (indica fixação biológica de N), nos consórcios milho/*C. spectabilis*/guandu-anão na densidade de 10 plantas por metro e no consórcio milho/guandu-anão na densidade de 5 plantas por metro.

Porém, esses não refletiram no aumento dos teores de N foliar do milho e na produtividade de grãos. Uma das hipóteses é que a maior disponibilidade de NO₃⁻ (forma de absorção preferida pelo milho) no solo ocorreu após o período de maior demanda de N pelo cereal. Contudo, no con-

sórcio milho/*C. spectabilis*/guandu-anão com 6 plantas m⁻¹, os teores de NH₄⁺ e NO₃⁻ no solo mantiveram-se constantes entre os estádios de maior demanda de N pelo milho, o que pode ter contribuído para a melhor absorção de N e o aumento do IC.

Quanto ao P, a autora verificou que os consórcios milho/guandu-anão, milho/*C. spectabilis* 6 plantas m⁻¹ e milho/*C. spectabilis* 5 plantas m⁻¹ apresentaram teores de P foliares do milho superiores ao milho solteiro, indicando maior disponibilização e absorção deste nutriente para o milho quando consorciado com as leguminosas. No entanto, apenas o consórcio milho/guandu-anão 5 plantas m⁻¹ alcançou a faixa adequada de P foliar para a cultura.

Para elucidar os mecanismos que podem contribuir para o aumento do teor foliar de P do milho em consórcio com as leguminosas estudadas nos trabalhos anteriores, Martins (2022) avaliou as atividades das enzimas fosfatases ácida e alcalina no solo, e não observou diferença entre os consórcios e o milho solteiro (Quadro 1), e não houve incremento no acúmulo de P na parte aérea do milho nos consórcios quando comparado com o milho solteiro. Porém, ocorreu maior acúmulo de nitrogênio na parte aérea do milho consorciado com guandu-anão/*C. spectabilis* 6 plantas m⁻¹.

Manejo de plantas daninhas no consórcio de milho com adubos verdes em sistema orgânico.

A gestão das espécies daninhas em sistema orgânico deve ser realizada de forma integrada, observando não apenas as práticas de manejo, mas também o desenho e a ocupação do agroecossistema no espaço e tempo.

Entre as práticas estudadas e reconhecidas pelos pesquisadores como eficientes para o manejo das plantas daninhas em substituição aos herbicidas no sistema orgânico estão as “plantas de serviço”. As plantas de cobertura, adubação verde, plantas armadilhas, corredores verdes são capazes

QUADRO 1 - Atividades das enzimas fosfatase ácida e fosfatase alcalina no solo em função dos sistemas de cultivo: (M) milho solteiro, (MC) milho/*C. spectabilis*, (MG) milho/guandu-anão e (MCG) milho/*C. spectabilis*/guandu-anão em sistema orgânico.

Sistema de produção	Fosfatase ácida	Fosfatase alcalina
	µg PNF g ⁻¹ solo hora ⁻¹	µg PNF g ⁻¹ solo hora ⁻¹
M	501,75 ^{ns}	481,33 ^{ns}
MC	495,83	485,42
MG	522,92	513,25
MCG	523,50	502,25
CV (%)	0,55	0,61

^{ns}Não significativo de acordo com o teste F (p<0,05).
Fonte: Adaptado de Martins (2022).

de fornecer, regular e apoiar importantes serviços ecossistêmicos localmente, contribuindo para a produção agrícola (TITTONELL et al., 2020).

A espécie de adubo verde escolhida, o arranjo e a densidade de plantas no consórcio podem alterar os efeitos sobre a comunidade infestante, uma vez que diferem quanto à ocupação do agroecossistema no espaço e tempo. Esses fatores, entre outros, interferem na produção de massa de matéria seca e porcentagem de cobertura do solo pelos adubos verdes, limitando a entrada da radiação fotossintética até as plantas daninhas, comprometendo o crescimento por limitação energética e pela competição por nutrientes (PARTELLI et al., 2010) e água.

Relatamos os resultados de pesquisas desenvolvidas por Arantes et al. (2016), Giraldeleli, Fontanetti e Santos (2019) e Balduino (2020) no CCA/UFSCar, que avaliaram os efeitos dos consórcios de milho com adubos verdes no manejo de plantas daninhas em sistema orgânico.

Giraldeleli, Fontanetti e Santos (2019), na safra 2009/10, avaliaram os efeitos do consórcio de milho com feijão-de-porco em dois espaçamentos entre as linhas do milho (0,8 e 0,4 m) no manejo das plantas daninhas e concluíram que o consórcio no espaçamento 0,8 m é uma boa opção para reduzir o número de capinas durante o desenvolvimento do milho. O feijão-de-porco, após o estágio V 4 (quarta folha expandida do milho), intensifica a produção de massa de matéria seca e ocupa o espaço das entrelinhas, reduzindo a produção de massa de matéria seca das espécies daninhas.

O cultivo intercalar de milho com guandu-anão safras 2010/11 e 2011/12 reduziu a importância relativa das espécies caruru (*Amaranthus viridis*) e tiririca (*Cyperus rotundus*) no primeiro ano de cultivo. No segundo ano consecutivo do consórcio, houve maior sucessão da flora infestante, no período compreendido entre o estágio V4 (quarta folha expandida) até a colheita das espigas, ocorrendo redução de, aproximadamente, 27% das famílias, porém houve aumento de 20% das espécies. Além disso, o guandu-anão reduziu a infestação de capim braquiária (*Urochloa decumbens*).

No entanto, na safra 2015/16, Arantes et al. (2016), estudando os consórcios de milho com leguminosas perenes calopogônio (*Calopogonium mucunoides* Desv.) (Figura 8), puerária [(*Pueraria phaseoloides* Roxb.) Benth] e soja-perene [(*Neonotonia wightii* Wight & Arn) Lackey] em sistema orgânico, não identificou efeito sobre a supressão das plantas daninhas nos consórcios de milho. Os autores atribuíram os resultados ao lento crescimento e reduzida produção de massa de matéria seca das leguminosas, principalmente no início do ciclo.

Balduino (2020) avaliou o efeito dos diferentes consórcios de milho com adubos verdes associados aos métodos mecânicos, roçada e cultivador, no manejo das plantas daninhas em sistema orgânico. Quando se utilizou o cultivador, a massa de matéria seca das plantas daninhas (MSPD) foi maior



FIGURA 8 - Milho em consórcio com calopogônio (*Calopogonium mucunoides* Desv) em sistema orgânico.

Fonte: Autores.

QUADRO 2 - Massa de matéria seca (MS) de plantas daninhas em função dos sistemas de cultivo: (M) milho solteiro, (MC) milho/*C.spectabilis*, (MG) milho/guandu-anão e (MCG) milho/*C. spectabilis*/guandu-anão e dos manejos mecânicos em sistema orgânico

Sistemas de cultivo	Massa seca plantas daninhas	
	Cultivador	Roçada
kg ha ⁻¹		
M	5,62 bcA ¹	4,88 bA
MC	3,38 cB	9,37 aA
MG	7,99 bA	4,90 bB
MCG	25,52 aA	4,36 bB
CV (%)	13,92	

¹ Médias seguidas das mesmas letras, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si de acordo com o teste de Tukey em nível de 5% de significância.

Fonte: adaptado de Balduino (2020).

no consórcio de milho/*C.spectabilis*/guandu-anão, seguido pelo milho/guandu-anão, ambos os consórcios também foram os que produziram maior biomassa dos adubos verdes (Quadro 2). Já para a roçada, a maior produção de MSPD foi verificada no consórcio milho/*C. spectabilis*. Comparando as técnicas de manejo roçada e cultivador, os resultados foram semelhantes apenas para o milho solteiro (Quadro 2). Aparentemente, o cultivador não é eficiente para ser utilizado em consórcios de milho com adubos verdes que produzem maior biomassa. Nessas situações, o uso do equipamento é prejudicado, ocorre “embuchamento” das enxadas, que não conseguem realizar eficiente controle das plantas daninhas.

Serviços ecossistêmicos dos consórcios de milho com adubos verdes em sistema orgânico

Os adubos verdes podem exercer importantes serviços ecossistêmicos nos agroecossistemas. Quando em consórcio com o milho, podem reduzir a amplitude térmica do solo e auxiliar no controle biológico de insetos pragas.

Trevisan et al. (2021) avaliaram na safra 2017/18 a amplitude térmica do solo em três consórcios de milho com: *C. spectabilis* (MC) (5 plantas m⁻¹); guandu-anão (MG) (5 plantas m⁻¹) e *C. spectabilis*/guandu-anão (MCG) (10 plantas m⁻¹, cinco plantas de cada adubo verde), semeados na linha do milho, e três tratamentos controles: milho (M); *C. spectabilis* (C) e guandu-anão (G), solteiros. Às 12 horas, as maiores temperaturas do solo foram observadas nos sistemas C e G, e não houve diferença entre os demais sistemas de cultivo. Também, às 17 horas, as maiores temperaturas foram verificadas nos sistemas C, G e M, e a menor temperatura no consórcio MG. Os sistemas solteiros de cultivo produziram menor massa de matéria seca quando comparados aos sistemas consorciados, deixando os solos mais expostos à incidência da radiação solar direta, o que contribuiu, de forma geral, para as maiores amplitudes térmicas dentre os sistemas de cultivo.

Araújo et al. (2021) avaliaram na safra 2017/18 os consórcios de milho com: *C. spectabilis* semeadas nas mesmas linhas do milho; *C. spectabilis* semeadas nas entrelinhas do milho; *C. spectabilis* semeadas nas linhas e entrelinhas do milho, e o milho solteiro quanto aos efeitos na comunidade de insetos do dossel. Os arranjos de *C. spectabilis* em consórcio com o milho alteraram a comunidade de insetos presentes no dossel da cultura. O consórcio de milho com *C. spectabilis* nas linhas e entrelinhas do milho foi caracterizado pela presença de predadores e parasitoides, indicando potencial de uso para o controle biológico. O milho solteiro foi caracterizado pelas guildas fitófagos mastigadores, fitófagos sugadores e predadores, indicando limitação para o controle biológico nesse sistema. Contudo, não foi observado efeito dos consórcios para os danos gerados pela lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda*) e lagarta da espiga (*Helicoverpa zea*).

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os consórcios de milho com os adubos verdes *C. spectabilis* e guandu-anão não afetam a produtividade de grãos e apresentam potencial para o fornecimento de N e P para o milho em sistema orgânico. Contudo, há necessidade de entender os mecanismos envolvidos nesses processos para que seja possível desenvolver sistemas de cultivos mais eficientes. Outro estudo necessário é a avaliação da interferência dos consórcios na colheita mecanizada do milho.

A inserção de adubos verdes em consórcio com o milho apresenta-se como uma estratégia importante para o

manejo das espécies daninhas em sistema orgânico, pois modificam a dinâmica da comunidade, o banco de sementes e aumentam a diversidade de espécies daninhas, dificultando o estabelecimento de espécies mais competitivas com o cereal. Mas não dispensa outras formas de controle, como mecânico e/ou físico. Portanto, é de extrema importância o desenvolvimento de implementos agrícolas que possam complementar o manejo das espécies daninhas. Destaca-se a necessidade de realizar o controle das plantas daninhas para além do período crítico de competição com o milho, com a finalidade de evitar o estabelecimento de espécies de final de ciclo que tendem aumentar em cultivos orgânicos.

AGRADECIMENTOS

À diretoria do Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar); à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001; ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) e ao Programa Milho da Universidade Federal de Viçosa (UFV).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS




- ARANTES, A. C. C. et al. Agronomic characteristics and yield of organic maize straw intercropped with perennial green manures. **Pesquisa Agropecuária Tropical (Online)**, Goiânia, v. 46, n. 3, p. 222-229, 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/1983-40632016v46n41054>.
- ARAUJO, I. T. et al. Maize-Crotalaria spectabilis intercropping in organic system and relations with the insect community. **Australian Journal of Crop Science**, Lismore, v. 15, n. 6, pp. 940-947, 2021. <http://dx.doi.org/10.21475/ajcs.21.15.06.p3196>.
- ARRUDA, O. G. et al. Comparison between the costs of substituting mineral fertilization with eucalyptus cellulose residues. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 58, n. 5, p. 576-583, 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-737X2011000500007>.
- BALDUÍNO, B. C. G. **Milho orgânico consorciado com adubos verdes: alternativas para manejo de plantas daninhas**. 2020. 70 f. (Dissertação de mestrado)-Universidade Federal de São Carlos, Araras.
- BONFANTI, L. **Nutrição e disponibilidade de nitrogênio no consórcio de milho orgânico com diferentes densidades de fabáceas**. 2019. 63 f. (Dissertação de mestrado)-Universidade Federal de São Carlos, Araras.
- BRASIL. Lei nº. 10.831, de 23 dezembro de 2003. Dispõe sobre a agricultura orgânica e dá outras providências. **Diário Oficial [da] da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 24 dez. 2003. Seção 1, p. 8.

- BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – MAPA. Instrução Normativa no 46, de 6 de outubro de 2011. Dispõe sobre sistemas orgânicos de produção animal e vegetal. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 6 out. 2011.
- BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – MAPA. **Cadastro Nacional de Produtores Orgânicos**. Brasília: MAPA, 2022. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/organicos/cadastro-nacional-produtores-organicos>>. Acesso em: 15 jan. 2022.
- COELHO, A. M. **Nutrição e adubação do milho introdução**. Brasília: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. p. 10.
- COX, W. J.; CHERNEY, J. H. Agronomic comparisons of conventional and organic maize during the transition to an organic cropping system. **Agronomy**, Basel, v. 8, n. 7, p. 113, 2018. <http://dx.doi.org/10.3390/agronomy8070113>.
- CRUZ, J. C. et al. **Produtividade de variedades de milho em sistema orgânico de produção**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2009. (Comunicado Técnico, 171).
- FERNANDES, S. B. V.; UHDE, L. T.; WÜNSCH, J. A. A fertilidade do solo em sistemas orgânicos de cultivo de soja. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Porto Alegre, v. 2, n. 1, p. 1541-1544, 2007.
- FONTANETTI, A. et al. Produção de milho orgânico no sistema plantio direto. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 27, n. 233, p. 127-136, 2006.
- FRANCHINI, J. C. et al. Organic composition of green manure during growth and its effect on cation mobilization in an acid Oxisol. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 34, n. 13-14, p. 2045-2058, 2003. <http://dx.doi.org/10.1081/CSS-120023237>.
- GALLO, A. S. et al. Macronutrient content and accumulations in different arrangements of dwarf pigeon pea intercropped with corn. **African Journal of Agricultural Research**, Kenya, v. 12, n. 11, p. 897-904, 2017. <http://dx.doi.org/10.5897/AJAR2016.11977>.
- GARLAND, G. et al. Plant-mediated rhizospheric interactions in maize-pigeon pea intercropping enhance soil aggregation and organic phosphorus storage. **Plant and Soil**, Netherlands, v. 415, n. 1-2, p. 37-55, 2017. <http://dx.doi.org/10.1007/s11104-016-3145-1>.
- GASKELL, M.; SMITH, R. Nitrogen sources for organic vegetable crops. **HortTechnology**, Alexandria, v. 17, n. 4, p. 431-441, 2007. <http://dx.doi.org/10.21273/HORTTECH.17.4.431>.
- GIRALDELI, A. L.; FONTANETTI, A.; SANTOS, D. G. P. O. El control de malezas en cultivos de maíz orgánico en la siembra directa. **Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas**, Bogotá, v. 13, n. 3, p. 228-236, 2019.
- GIUNTI, O. D. et al. Desempenho Agronômico de variedades comerciais e crioulas de milho em sistema orgânico. **Cultura Agronômica**, Ilha Solteira, v. 26, p. 417, 2017.
- GIUNTI, O. D. et al. Produção e característica bromatológicas de silagens de milho em sistema orgânico. **Tecnologia Educacional**, Rio de Janeiro, v. 31, p. 79-80, 2016.
- GOMES, J. R.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Weed biology and management in no-tillage áreas. **Planta Daninha**, Campinas, v. 26, n. 4, p. 789-798, 2008.
- GUIMARÃES, L. J. M. et al. **Comportamento de variedades de milho em diversas regiões do Brasil: ano agrícola 2007/08**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2009. (Comunicado Técnico, 168).
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Censo Agropecuário 2019: resultados preliminares**. Rio de Janeiro: IBGE, 2019. Disponível em: <<https://bit.ly/2smA3z8>>. Acesso em: 1 mar. 2022.
- KHATOUNIAN, C. A. **A reconstrução ecológica da agricultura**. Botucatu: Agroecológica, 2001. 348 p.
- KÖPPEN, W. **Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra**. México: Fondo de Cultura Económica, 1948.
- LIMA, S. K. et al. **Produção e consumo de produtos orgânicos no mundo e no Brasil**. Brasília: IPEA, 2019. (Texto para Discussão).
- MARTIN, B. C. **Desempenho de cultivares e potencial fisiológico das sementes de milho produzidas em sistema orgânico**. 2017. 64 f. (Dissertação de mestrado)-Universidade Federal de São Carlos, Araras.
- MARTINS, T. C. **Dinâmica de fósforo e nitrogênio no consórcio de milho com adubos verdes no sistema orgânico**. 2022. 56 f. (Dissertação de mestrado)-Universidade Federal de São Carlos, Araras.
- MULLER, A. et al. Strategies for feeding the world more sustainably with organic agriculture. **Nature Communications**, London, v. 8, n. 1, p. 1290, 2017. <http://dx.doi.org/10.1038/s41467-017-01410-w>. PMID:29138387.
- NASCIMENTO, G. et al. Ensilagem de milho de diferentes genótipos produzidos com adubação orgânica. **Agrarian**, Dourados, v.12, n. 44, 196-203, 2019. <https://doi.org/10.30612/agrarian.v12i44.9377>
- NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1999. 399p.
- OLIVEIRA, P. et al. **Sistema Santa Brígida – Tecnologia Embrapa: consorciação de milho com leguminosas**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2010. (Circular Técnica, 88).
- PARTELLI, F. L. et al. Aspectos fitossociológicos e manejo de plantas espontâneas utilizando espécies de cobertura em cafeeiro *Conilon* orgânico. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 31, n. 3, p. 605-618, 2010. <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2010v31n3p605>.
- PEREIRA FILHO, I. A.; BORGHI, E. **Levantamento de cultivares de milho para o mercado de sementes: safra 2020/2021**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2021. 19 p. (Documentos/Embrapa Milho e Sorgo).
- PEREIRA, L. C. et al. Comportamento de cultivares de milho consorciados com *Crotalaria juncea*: estudo preliminar. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Porto Alegre, v. 6, n. 3, p. 191-200, 2011.
- PINHO, R. G. V. et al. Marcha de absorção de macronutrientes e acúmulo de matéria seca em milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 8, n. 2, p. 157-173, 2009. <http://dx.doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v8n2p157-173>.

- PITELLI, R. A.; DURIGAN, J. C. Plantas daninhas no sistema de plantio direto de culturas anuais. In: ENCONTRO SUL MINEIRO SOBRE SISTEMAS DE PLANTIO DIRETO, 1., 2003, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 2003. 1 CD-ROM.
- RESENDE, A. V. et al. **Fertilidade do solo e manejo da adubação NPK para alta produtividade de milho no Brasil Central**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2012. 12 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular técnica, 181).
- SACCO, D. et al. Six-year transition from conventional to organic farming: Effects on crop production and soil quality. **European Journal of Agronomy**, Amsterdam, v. 69, p. 10-20, 2015. <http://dx.doi.org/10.1016/j.eja.2015.05.002>.
- SANGOI, L. et al. Rendimento de grãos e margem bruta de cultivares de milho com variabilidade genética contrastante em diferentes sistemas de manejo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 3, p. 747-755, 2006. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782006000300005>.
- SOUSA, D. M. G.; MIRANDA, L. N.; OLIVEIRA, S. A. Acidez do solo e sua correção. In: NOVAIS, R. F. et al. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: SBCS, 2007. 107 p.
- SOUZA, J. L. et al. Balanço e análise da sustentabilidade energética na produção orgânica de hortaliças. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 4, p. 433-440, 2008.
- SPAGNOLO, R. T. et al. Organic production: properties characterization and mechanical situation on weed control. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 25, n. 6, p. 517-525, 2017. <http://dx.doi.org/10.13083/reveng.v25i6.796>.
- TITTONELL, P. et al. Agroecology in large scale farming-a research agenda. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, Lausanne, v. 4, p. 584605, 2020. <http://dx.doi.org/10.3389/fsufs.2020.584605>.
- TREVISAN, M. et al. Temperatura e umidade do solo no consórcio de milho com *Crotalaria spectabilis* e *Cajanus cajan* em sistema orgânico. **Research, Social Development**, Vargem Grande Paulista, v. 10, n. 14, p. e539101422443, 2021. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i14.22443>.
- VALLADARES, G. S.; PEREIRA, M. G.; ANJOS, L. H. C. Adsorção de fósforo em solos de argila de atividade baixa. **Bragantia**, Campinas, v. 62, n. 1, p. 111-118, 2003. <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052003000100014>.
- VAN RAIJ, B.; QUAGGIO, J. A. Determinação de fósforo, cálcio, magnésio e potássio extraídos com resina trocadora de íons. In: VAN RAIJ, B. et al. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001. 285 p.
- WILLER, H.; YUSSEFI-MENZLER, M.; SORENSEN, N. **The world of organic agriculture: statistics and emerging trends 2021**. Germany: IFOAM, 2021.
- YOSHIDA, F. A.; STOLF, R. Mapeamento digital de atributos e classes de solos da UFSCar - Araras/SP. **Ciência, Tecnologia e Ambiente**, Araras, v. 3, n. 1, p. 1-11, 2016.

Perdas pós-colheita de frutas e hortaliças

Postharvest losses of fruits and vegetables

Christiane de Fátima Martins França¹ 
Laleska Cesila Rabelo² 
Victor Augusto Forti³ 

¹Universidade Federal de São Carlos (UFSCar),
Araras, SP, Brasil. christiane@ufscar.br

²Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Araras,
SP, Brasil. laleskacesila@estudante.ufscar.br

³Universidade Federal de São Carlos (UFSCar),
Araras, SP, Brasil. viaugu@ufscar.br

RESUMO Segundo a ONU, há uma estimativa de crescimento populacional para os próximos anos que traz um aumento na demanda por alimentos para alimentar toda essa população. Nesse sentido, a redução da perda e do desperdício de alimentos torna-se ação necessária, visto que grande parte do alimento produzido acaba indo para o lixo, anualmente. Frutas e hortaliças são alimentos perecíveis, e várias são as causas que levam às perdas. Essas causas podem ser divididas em: primárias, quando afetam o alimento diretamente, ou secundárias, quando nos referimos a ações humanas, à falta de infraestrutura e/ou tecnologias que levam à ocorrência das causas primárias. Perdas por ataque de microrganismos, alterações químicas e bioquímicas em constituintes do alimento, alterações fisiológicas do metabolismo e fatores psicológicos do consumidor que levam à rejeição do produto são exemplos de causas primárias. Condições inadequadas de colheita, embalagem e manuseio incorretos, condições de transporte e armazenamento inadequados, falta do uso da cadeia do frio, sistemas de comercialização deficientes são exemplos de causas secundárias. Estudos locais de perdas são necessários, pois temos diferentes tipos de comércio no Brasil, com diferentes níveis de tecnologia e infraestrutura em decorrência da grande diversidade socioeconômica do país. É importante que essas perdas sejam quantificadas, assim como se conheçam a forma de manejo, as embalagens utilizadas, as condições de sanidade e ambientais às quais as frutas e hortaliças são expostas durante o transporte, armazenamento e comercialização, em nichos específicos de mercado. Assim, um estudo de caso está sendo realizado no Centro de Ciências Agrárias da UFSCar, na cidade de Araras-SP, para propor estratégias de manejo simples e assertivas buscando a redução das perdas e do desperdício de hortaliças na cidade, contribuindo assim tanto para a manutenção do setor varejista, como para a garantia da segurança alimentar e nutricional em nível local.

Palavras-chaves: Desperdício; segurança alimentar; alimento.

ABSTRACT According to ONU, there is an estimate of population growth for the coming years that brings an increase in the demand for food to feed this entire population. In this sense, the reduction of food loss and waste becomes a necessary action since a large part of the food produced ends up going to the garbage, annually. Fruits and vegetables are very perishable foods and there are several causes that lead to losses. These causes can be



Este é um capítulo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença [Creative Commons Attribution](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

divided into primary, when it affects food directly, or secondary, when refers to human actions, lack of infrastructure and/or technologies that lead to the occurrence of primary causes. Losses due to microorganism attack, chemical and biochemical changes in food constituents, physiological changes in metabolism and consumer psychological factors that lead to product rejection are examples of primary causes. Inadequate harvesting conditions, incorrect packaging and handling, inadequate transport and storage conditions, lack of use of the cold chain, poor marketing systems are examples of secondary causes. Local studies of losses are necessary because we have distinct types of commerce in Brazil, with distinct levels of technology and infrastructure due to the great socioeconomic diversity of the country. It is important that these losses are quantified, as well as knowing the way of handling, packaging, the sanitary and environmental conditions to which fruits and vegetables are exposed during transport, storage, and commercialization, in specific market niches. So, a case study is being carried out in the Centro de Ciências Agrárias of UFSCar in the city of Araras-SP, so that simple and assertive management strategies can be proposed, seeking to reduce losses and waste of vegetables in the city, thus contributing to the maintenance of the retailer sector, as well as ensuring food and nutrition security at the local level.

Keywords: Waste; food security; food.

1. O PROBLEMA DAS PERDAS PÓS-COLHEITA FRENTE À ESTIMATIVA DE AUMENTO POPULACIONAL

No ano de 2020, a população mundial era de quase 7,8 bilhões de pessoas, e segundo estimativas da Organização das Nações Unidas – ONU (UNITED NATIONS, 2019), alcançará 9,7 bilhões de pessoas em 2050. Esse crescimento demográfico virá acompanhado de um aumento significativo na demanda por alimentos nos próximos anos para alimentar toda a população mundial. Para suprir essa demanda, a ONU também estima que seria necessário aumentar a produção de alimentos em torno de 60%. Entretanto, várias são as limitações ambientais quanto a uma nova expansão das fronteiras agrícolas e quanto à escassez de recursos naturais para produção, especialmente água, para atingir esse objetivo.

Ao mesmo tempo, a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (FAO) estima que 1,3 bilhão de toneladas de alimentos produzidos são perdidos ou desperdiçados por ano, em nível mundial. Tal estimativa apresenta-se como um paradoxo para a solução do suprimento da demanda de alimentos, pois fazer melhor uso do alimento já disponível ajudaria a alcançar essa demanda, necessitando assim de menor aumento na produção agrícola (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, 2013). Por isso, a ONU apresenta a redução das perdas e do desperdício de alimentos ao longo de toda cadeia de produção como sendo uma das ações para alcançar um dos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da agenda 2030, no Brasil (PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO, 2015), que é o de garantir consumo e produção

sustentáveis. Além de impactar a sustentabilidade da cadeia produtiva e do meio ambiente, a perda de alimentos também afeta a segurança alimentar e nutricional.

No Brasil, a Lei nº 11.346, de 15 de setembro de 2006, que cria o Sistema Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional (SISAN), define Segurança Alimentar e Nutricional (SAN) como sendo o “direito de todos ao acesso regular e permanente a alimentos de qualidade, em quantidade suficiente, sem comprometer o acesso a outras necessidades essenciais, tendo como base práticas alimentares promotoras de saúde que respeitem a diversidade cultural e que sejam ambiental, cultural, econômica e socialmente sustentáveis” (BRASIL, 2006).

É importante que se diferenciem os termos perda e desperdício. Segundo a Food and Agriculture Organization of the United Nations (2013), o termo perda se refere à redução não intencional de ordem quantitativa (perda de água e matéria seca) ou qualitativa (valor nutricional) do alimento, resultantes de ineficiências da cadeia produtiva, no que se refere à estrutura e logística deficientes e/ou falta de tecnologias. Já o desperdício trata-se do descarte de alimentos que estariam apropriados para o consumo, mas que foram deixados a deteriorar por razões como excesso de oferta do mercado varejista ou pelo hábito de compras dos consumidores. Desperdício também ocorre em razão da rejeição de produtos fora do padrão de mercados específicos, no que diz respeito à sua forma e/ou aparência, ainda que estejam perfeitamente adequados para o consumo humano (LANA; BANCI, 2020). Portanto, tanto a perda quanto o desperdício podem impactar diretamente um dos propósitos advindos do conceito de segurança alimentar e nutri-

cional, que é oferecer alimentos em quantidade e qualidade para a população. Lana e Banci (2020) também mencionam que, além de impactar a segurança alimentar por meio da redução da quantidade de alimento para o consumo humano, as perdas podem resultar no aumento dos preços dos produtos para o consumidor final.

A pós-colheita tem papel relevante na cadeia produtiva e, embora haja uma escassez de dados quanto à dimensão das perdas nessa fase, tanto em nível nacional como regional, sabe-se que esses valores são alarmantes, especialmente quando se trata de frutas e hortaliças, pois são alimentos altamente perecíveis.

Segundo Henz (2017), os dados sobre perdas pós-colheita de produtos hortícolas no Brasil estão desatualizados e são insuficientes para entender a complexidade do tema na atualidade. Segundo Vilela et al. (2003), estudos nacionais, para o caso específico das hortaliças, mostram valores de perdas entre 35% e 45%, enquanto em países desenvolvidos como os Estados Unidos, esse valor não passa de 10%. De acordo com Lana (2016), as perdas de frutas e hortaliças no Brasil estão entre 35% e 55%, porém enfatiza que essa faixa de valores parte de estudos feitos com diferentes metodologias, a partir de uma base de dados limitada e com avaliações muitas vezes subjetiva, o que limita a quantificação e identificação correta de suas causas.

Além disso, essas estimativas em escalas de valores para frutas e hortaliças em geral é pouco representativa, visto que estamos nos referindo em conjunto a diferentes órgãos vegetais, com diferentes características físicas e fisiológicas e, portanto, diferentes níveis de perecibilidade. Assim, produtos mais perecíveis como hortaliças folhosas e inflorescências possuem níveis de perdas muito mais elevados que raízes e tubérculos, por exemplo. Esses valores também são diretamente afetados pelas condições de armazenamento, especialmente temperatura e umidade relativa, e as condições de manejo pós-colheita adotadas em cada situação específica. Desse modo, estudos de quantificação de perdas para produtos hortícolas específicos e a identificação de suas causas por meio de uma análise das condições particulares de comercialização e manejo do universo de estudo são mais assertivos no aspecto prático e podem ajudar a minimizar o problema em nível local.

Costa, Guilhoto e Burnquist (2015), analisando comparativamente as perdas observadas em países da América Latina, onde o Brasil está inserido, com países de alta renda, observaram para frutas e hortaliças que as perdas na fase de manuseio pós-colheita e armazenamento são 5% superiores, 18% superiores na fase de processamento e acondicionamento, e 2% superiores na fase de distribuição. Já quando se trata de desperdício na fase de consumo, países da América Latina desperdiçam 23% menos desses alimentos.

Esses números impactantes nos mostram a necessidade de adoção de soluções ao longo de toda cadeia produtiva

para redução das perdas e o desperdício, fazendo com que o alimento produzido chegue a toda população, garantindo segurança alimentar e nutricional, sustentabilidade do setor hortifrutícola e do meio ambiente.

2. CAUSAS DE PERDAS PÓS-COLHEITA EM FRUTAS E HORTALIÇAS

Diversas podem ser as causas que levam às perdas e ao desperdício de frutas e hortaliças ao longo da cadeia produtiva. Chitarra e Chitarra (2005) citam que a FAO separa as possíveis causas de perdas como primárias e secundárias, sendo as primárias aquelas que afetam diretamente o alimento, e secundárias aquelas que são consequência da intervenção humana, como manuseio ou uso de tecnologias inadequadas ou insuficientes e que levam a condições favoráveis para que as causas primárias ocorram. Perdas por ataque de microrganismos e insetos, alterações químicas e bioquímicas em constituintes do alimento, alterações fisiológicas do metabolismo e fatores psicológicos do consumidor que levam à rejeição do produto são exemplos de causas primárias. Já como causas secundárias, esses autores citam alguns pontos como: condições inadequadas de colheita, embalagem e manuseio incorretos, condições de transporte e armazenamento inadequadas, falta do uso da cadeia do frio, sistemas de comercialização deficientes e a ausência de padrões legais de qualidade para classificação dos produtos que podem levar à rejeição.

Essa classificação é interessante, pois nos mostra que embora frutas e hortaliças sejam naturalmente perecíveis em decorrência do seu metabolismo, a ação humana e a falta de tecnologia apropriada para a conservação desses alimentos são fatores-chave a serem melhorados para minimizar os problemas enfrentados durante a fase pós-colheita.

A qualidade de frutas e hortaliças após a colheita é diretamente afetada por diferentes alterações biológicas que ocorrem no metabolismo desses vegetais. Algumas dessas alterações são desejáveis e necessárias, mas a maioria são indesejáveis quando analisadas do ponto de vista do consumidor (KADER, 2002). Por isso, é primordial tratar dos aspectos biológicos primários que levam à deterioração rápida e dos fatores ambientais que os afetam, para posteriormente entender a importância das causas secundárias, aspectos do manuseio e da infraestrutura nas perdas de produtos perecíveis e usar as técnicas adequadas para retardar a senescência e manter a qualidade. Nos tópicos 2.1 e 2.2 a seguir serão abordados os principais fatores biológicos e ambientais que levam as frutas e hortaliças à deterioração após a colheita, conforme descritos em publicações prévias pelos seguintes autores: Weichmann (1987), Kader (2002), Bartz e Brecht (2003), Chitarra e Chitarra (2005) e Wills e Golding (2006).

2.1 Fatores biológicos

Os principais fatores biológicos que ocorrem após a colheita de frutas e hortaliças e que estão correlacionados com a sua elevada perecibilidade são a respiração, a transpiração, a produção de etileno, alterações na composição química, no crescimento e desenvolvimento, ocorrência de distúrbios fisiológicos, danos físicos e contaminação microbiana.

A respiração é o principal processo fisiológico que ocorre após a colheita, pois é a partir dela que há a produção de energia necessária para diversas reações de síntese e manutenção do produto nessa fase. Entretanto, o consumo das reservas de armazenamento para a produção dessa energia acelera a senescência, fazendo com que o grau de perecibilidade seja inversamente proporcional às taxas respiratórias, e essas variam de acordo com o tipo de produto. Raízes, bulbos e tubérculos, por exemplo, são órgãos vegetais que possuem reservas energéticas e taxas respiratórias baixas, suficientes para manter seu estado de dormência sob condições adequadas de armazenamento, por isso são menos perecíveis. Frutos classificados como hortaliças e que são colhidos imaturos, como quiabo e pimentão, possuem taxas respiratórias mais elevadas que aqueles frutos colhidos em estádios de maturação mais avançados, como tomate e berinjela. As hortaliças folhosas que são órgãos fotossintetizantes não armazenadores de carbono, os órgãos vegetais com tecidos meristemáticos como as inflorescências (brócolis e couve-flor) e talos em crescimento, têm a taxa de respiração mais elevada, sendo, portanto, altamente perecíveis.

O consumo das reservas como substrato do processo respiratório leva à redução do valor nutricional dos produtos, perda de sabor, aroma e massa seca. Assim, apesar de necessário, o processo respiratório dos vegetais deve ser controlado a fim de que se aumente a vida de prateleira das frutas e hortaliças pelo maior período possível. As principais formas de controlar a respiração são pelo uso de baixas temperaturas e/ou controle dos gases, O_2 e CO_2 , por meio das técnicas de atmosfera modificada ou controlada ao longo do armazenamento e/ou comercialização. Deve-se atentar para que esse controle seja feito em níveis adequados para que não haja indução da respiração anaeróbica/fermentação, que ocorre quando os níveis de oxigênio (substrato da respiração aeróbica) são muito baixos. Altos níveis de CO_2 também podem ser tóxicos, a depender do produto em questão.

Em se tratando de frutos, existe uma classificação que os diferencia quanto ao padrão respiratório ao longo do processo de desenvolvimento em frutos climatéricos e não climatéricos. Frutos climatéricos são aqueles em que ocorre um aumento das taxas de respiração e produção de etileno coincidentes com o amadurecimento, o que não ocorre nos frutos não climatéricos, cujas taxas de respiração e produção de etileno se mantêm baixas ao longo do amadurecimento. Na prática, os frutos climatéricos são aqueles que com-

pletam o amadurecimento tanto quanto ainda anexados à planta mãe, quanto depois de colhidos, a exemplo da banana, maçã, manga, mamão, goiaba, tomate e outros. Nos frutos não climatéricos, é necessário esperar que as transformações características do amadurecimento ocorram antes da colheita, para que esses produtos adquiram as características de qualidade comestível, como ocorre com limão, laranja, abacaxi, morango, berinjela, uva, cereja, dentre outros.

Conhecer as taxas respiratórias dos produtos na pós-colheita também é importante, pois no processo há liberação de calor, conhecido como calor vital, que deve ser considerado para o dimensionamento das câmeras de armazenamento, no que diz respeito às taxas de refrigeração e ventilação necessárias.

A transpiração é o processo fisiológico que leva o produto à perda de água, sendo essa uma das principais causas de deterioração dos produtos após a colheita e que, além de levar a perdas quantitativas (perda de massa), também resulta em perdas qualitativas (murchamento, enrugamento, amolecimento, flacidez, perda de crocância, suculência e do valor nutricional). Perda de água por transpiração é especialmente crítico em hortaliças folhosas, algumas hortaliças fruto e algumas raízes como cenoura e beterraba. Baixos valores de perda de água, em torno de 5%, já podem ser suficientes para que alguns produtos apresentem os sintomas citados acima. Além disso, mesmo na ausência de murchamento visível, a perda de água por transpiração pode ocasionar perda de crocância, amadurecimento prematuro de frutos e alterações indesejáveis na cor, no sabor e na qualidade nutricional de alguns produtos hortícolas.

O processo transpiratório ocorre muito facilmente após a colheita, porque frutas e hortaliças têm por volta de 80% a 95% de água em sua composição, e normalmente são colocadas em ambientes de baixa umidade relativa do ar, o que cria um gradiente de pressão de vapor entre o produto e o ambiente de armazenamento, provocando a saída de água dos produtos. Vários fatores podem influenciar a taxa transpiratória de frutas e hortaliças, sejam eles endógenos, provenientes das características dos próprios produtos (características anatômicas e morfológicas, relação superfície-volume e estágio de maturação), ou ambientais (principalmente temperatura, umidade relativa e taxa de movimentação do ar no ambiente de armazenamento). Vale destacar o papel da cobertura superficial dos produtos no controle das trocas hídricas, que pode ser composta de cutícula, células epidérmicas, estômatos, lenticelas e tricomas. A cutícula em especial é composta de ceras e por cutina (cera epicuticular) que, quando presentes, podem reduzir o processo de perda de água. Porém, a composição química da cutícula varia entre produtos e entre os estádios de desenvolvimento, variando, portanto, o nível de controle entre os produtos.

As taxas transpiratórias podem ser controladas na pós-colheita pelo uso de embalagens plásticas, pela apli-

cação de ceras comestíveis ou pelo controle ambiental usando baixas temperaturas, alta umidade relativa do ar e controle da taxa de circulação do ar no ambiente de armazenamento.

O etileno é um fito-hormônio produzido por todos os tecidos vegetais de plantas superiores e que regula diferentes aspectos do crescimento, desenvolvimento e da senescência. Sua taxa de produção varia de acordo com o produto hortícola, porém é ativo em baixíssimas concentrações, menores que 1 ppm. O amadurecimento dos frutos climatéricos, citados anteriormente, é disparado pelo etileno. Nesses frutos, por ocasião do amadurecimento, há um aumento expressivo das taxas de etileno e da respiração, que desencadeiam todas as transformações químicas que fazem com que o fruto adquira as características de qualidade que promovem sua aceitação pelo consumidor.

Entretanto, o etileno não provoca apenas alterações desejáveis nos produtos hortícolas. Em hortaliças folhosas, ele é capaz de acelerar o desverdecimento, com consequente amarelamento, promove o amaciamento excessivo em frutas, deixando-as mais suscetíveis a danos mecânicos, estimula a síntese de fenilpropanoides que dão sabor amargo a alguns produtos, a exemplo da isocumarina em cenoura, aumentam a fibrosidade e promovem o endurecimento de algumas hortaliças, além de, de forma geral, conduzir os produtos mais rapidamente à senescência.

Fatores como danos mecânicos sofridos ao longo da cadeia produtiva, exposição a altas temperaturas (maiores que 30 °C), incidência de doenças e qualquer tipo de estresse aumentam as taxas de produção de etileno pelos vegetais. Entretanto, quando se objetiva mitigar os efeitos do etileno, algumas técnicas pós-colheita podem contribuir para reduzir essas taxas, como o armazenamento a frio e/ou com baixas concentrações de O₂ e altas concentrações de CO₂, além do uso de substâncias inibidoras da sua síntese.

Algumas alterações na composição química dos produtos hortícolas levam o produto a perder qualidade visual e à sua rápida deterioração. Algumas delas são as alterações na pigmentação, a exemplo da degradação de clorofila, especialmente em hortaliças folhosas, e o escurecimento provocado por alterações nos teores de antocianinas e outros compostos fenólicos. Ainda, pode haver alterações nos teores de carboidratos, com conversão do amido em açúcares, que apesar de ser desejável em diversas frutas, é indesejável em batata, por exemplo, e a quebra de pectina e outros polissacarídeos que promovem amaciamento excessivo de frutos, deixando-os mais suscetíveis a injúrias mecânicas. Alguns vegetais podem apresentar também aumento no teor de lignina, o que promove um endurecimento indesejável dos tecidos vegetais, interferindo na palatabilidade. O sabor e o aroma também podem ser prejudicados por alterações nos teores de ácidos orgânicos, aminoácidos, proteínas e lipídeos, assim como o valor nutricional pode ser negati-

vamente afetado, especialmente pela perda de vitamina C (ácido ascórbico).

Outro fator biológico que pode acelerar a deterioração e que reduz o valor comercial dos produtos hortícolas são mudanças no crescimento e desenvolvimento, como a brotação em bulbos, tubérculos e raízes e o enraizamento em cebola. A germinação de sementes dentro de frutos de tomate e pimentão, por exemplo, também são alterações indesejáveis que ocorrem ao longo do crescimento e desenvolvimento.

Desordens fisiológicas são alterações de origem não patogênica, resultantes de modificações no metabolismo normal ou da integridade estrutural dos tecidos que podem ocorrer em decorrência de diversos fatores como temperatura e concentração de gases desfavoráveis no armazenamento, desequilíbrio nutricional, estresse hídrico, dentre outros. Injúria por congelamento ocorre quando os produtos são colocados em temperaturas abaixo da sua temperatura de congelamento, o que causa colapso dos tecidos vegetais e perda total do produto. Alguns produtos sofrem injúria por frio, também conhecida como “chilling”, especialmente aqueles cultivados em locais de clima tropical e subtropical quando expostos a temperaturas abaixo da sua temperatura mínima de segurança, o que normalmente ocorre na faixa de 5 °C a 15 °C, variando com o produto. Os sintomas de injúria por frio normalmente aparecem quando o produto é retirado da temperatura de injúria, e os mais comuns são escurecimento da região interna ou da superfície, aparecimento de manchas arredondadas, áreas encharcadas, falhas no amadurecimento e aumento da suscetibilidade à infecção fúngica e ao apodrecimento. Exposição dos produtos ao calor excessivo também pode causar distúrbios fisiológicos, seja ele por luz solar direta ou temperaturas muito altas. Nesse caso, os sintomas normalmente são formação de regiões esbranquiçadas, queimadura superficial, falhas no amadurecimento, amaciamento excessivo e dessecação.

Deficiência de alguns nutrientes como o cálcio ocasionam desordens fisiológicas em maçã e tomate, por exemplo, provocando o chamado “bitter pit” e “podridão apical ou fundo preto do tomateiro”, respectivamente. Em maçã, o “bitter pit” provoca sintomas como a formação de manchas arredondadas de coloração escura que resultam em depressões, e por debaixo da epiderme os tecidos se mostram secos e esponjosos. Os sintomas de podridão apical em tomate e outros frutos são normalmente a formação de uma mancha irregular na região estilar, que inicialmente é verde-clara e ao longo do amadurecimento vai de marrom a preta, ficando com o aspecto achatado. A aplicação de cálcio na fase de campo, durante a produção e/ou como tratamentos pós-colheita, pode ser usada no controle dessa desordem.

No ambiente de armazenamento, expor frutas ou hortaliças a concentrações muito baixas de O₂ (<1%) e/ou al-

tas de CO_2 (>20%) e ao etileno também pode provocar desordens fisiológicas, causando malefícios a esses produtos. A suscetibilidade a essas desordens, assim como seus sintomas associados, varia de acordo com a espécie e até entre cultivares. Sintomas comuns de desordens causadas por baixos teores de O_2 são o desenvolvimento de sabores e cheiros desagradáveis, em decorrência da produção de etanol pelo processo de fermentação anaeróbica, além de escurecimento do tecido. A extensão do dano depende da duração à escassez de O_2 e da capacidade do tecido de metabolizar o etanol formado quando o produto é retirado da condição estressante, voltando para a condição de aerobiose. Já a alta concentração de CO_2 pode provocar sintomas variados, como inibição do amadurecimento ou amadurecimento irregular, aumento da síntese de etileno, aumento da suscetibilidade a doenças, danos a tecidos internos e externos de muitas espécies; e em alguns produtos como kiwi, brócolis e espinafre, pode causar sintomas parecidos com os de anaerobiose, com formação de odores e sabores desagradáveis. Os efeitos que o gás etileno pode causar nos tecidos vegetais já foram mencionados previamente nesse tópico.

Danos físicos como cortes, abrasões, amassamentos, contribuem muito para a deterioração das frutas e hortaliças. Quando ocorrem, as membranas são normalmente rompidas e o tecido danificado escurece pela exposição dos compostos fenólicos à enzima polifenol oxidase. Todos esses danos aceleram a perda de água, estimulam a respiração e a produção de etileno e são porta de entrada para patógenos, aumentando a suscetibilidade dos produtos a infecções.

Além de todas os fatores tratados acima, frutas e hortaliças sofrem deterioração por contaminação microbiana, especialmente de fungos e bactérias. A infecção pode ocorrer em tecidos sadios, mas na maioria dos casos ocorre de forma secundária, após a ocorrência de danos mecânicos, que se tornam porta de entrada aos patógenos, assim como após a ocorrência de desordens fisiológicas. Também, estresses como injúria por frio, escaldadura ou dano mecânico reduzem a resistência dos produtos hortícolas às infecções. As fases do desenvolvimento em que frutas e hortaliças estão mais suscetíveis ao ataque de patógenos são a maturação e a senescência.

2.2 Fatores ambientais

Alguns fatores ambientais afetam diretamente os processos fisiológicos dos vegetais, dentre eles a temperatura, a umidade relativa e a composição atmosférica.

A temperatura é sem dúvida o fator mais importante e que influencia diretamente a taxa de deterioração de muitos produtos. De acordo com o fator Q_{10} , para cada aumento de 10 °C na temperatura, há um aumento de 2 a 3

vezes nas taxas das reações metabólicas, incluindo a respiração. E sendo a taxa respiratória dos vegetais inversamente proporcional à perecibilidade, altas temperaturas podem ser extremamente prejudiciais aos produtos hortícolas, ao mesmo tempo que o armazenamento a frio é uma importante estratégia pós-colheita para manutenção da qualidade e aumento da vida de prateleira de produtos hortícolas. Além da respiração, a taxa de produção de etileno, de perda de água por transpiração e de crescimento de microrganismos podem ser afetadas pela exposição das frutas e hortaliças a altas temperaturas. Além disso, a exposição a temperaturas inadequadas, fora da faixa ideal de cada produto, em qualquer fase da cadeia produtiva, sejam elas mais baixas ou mais altas, podem causar diversas desordens fisiológicas, como mencionado no tópico anterior.

A umidade relativa do ambiente influencia diretamente nas taxas transpiratórias e, portanto, na perda de água dos produtos. A umidade relativa do ar é um dos fatores, juntamente com a temperatura, que influencia na pressão de vapor do ambiente. E quanto maior a diferença de pressão de vapor entre o produto e o meio, maior a taxa de perda de água. Considerando uma temperatura e uma taxa de movimentação do ar fixas, quanto menor a umidade do ar, maior a taxa transpiratória. Por isso, é indicado que frutas e hortaliças sejam armazenadas em ambientes com umidade adequada, a fim de evitar o murchamento e a consequente perda de produto. Deve-se atentar também para a taxa de movimentação do ar, que, apesar de necessária para dissipar o calor da respiração, se em níveis exagerados, pode acelerar a perda de água por transpiração.

A composição atmosférica do ar, especialmente considerando os teores de oxigênio (O_2), gás carbônico (CO_2) e etileno, pode acelerar a deterioração de frutas e hortaliças frescas. De maneira geral, a redução do teor de oxigênio e o aumento da concentração de CO_2 , pelo uso de atmosfera modificada ou controlada, ou quando em condições de ventilação restrita, podem ser benéficos ou prejudiciais aos produtos, a depender da concentração de cada um desses gases. Como dito anteriormente, concentrações de O_2 abaixo da mínima tolerável pelo produto pode induzir ao processo de fermentação, ou respiração anaeróbica, produzindo sabor e odores desagradáveis. Da mesma forma, níveis de CO_2 acima dos toleráveis podem provocar desordens fisiológicas nos vegetais. Esses efeitos positivos ou negativos são mediados por vários fatores, como a espécie, a cultivar, o estágio de desenvolvimento, a temperatura, os níveis dos gases e o tempo de exposição.

O gás etileno, além de ser produzido pelas plantas superiores, também pode estar presente compondo a atmosfera ambiente advindo de fontes exógenas, biológicas e não biológicas, podendo inclusive ser aplicado intencionalmente nos produtos via produto comercial. E os efeitos, dese-

jáveis ou indesejáveis que ele pode causar nos vegetais, foram tratados no tópico anterior.

2.3 Causas secundárias de perdas

Quando falamos de causas secundárias de perdas, o manuseio é um dos aspectos que mais influenciam os fatores biológicos que levam os produtos à deterioração, podendo ter um efeito drástico na qualidade e na vida de prateleira da maioria das frutas e hortaliças (ARAH et al., 2016). Ao longo de toda cadeia produtiva, incluindo as etapas de colheita, pré-resfriamento, limpeza e desinfecção, seleção, embalagem, transporte, armazenamento e comercialização, deve-se atentar para que o manuseio de frutas e hortaliças seja cuidadoso, a fim de evitar que o processo de deterioração seja acelerado.

Qualquer tipo de dano mecânico, como cortes, abrasões, amassamentos, quedas, vibrações, provoca o aumento das taxas respiratórias, de transpiração e de produção de etileno nos produtos hortícolas (ROSA et al., 2018). E como visto acima, todos esses fatores, quando intensificados, contribuem para que o processo de deterioração e senescência aconteça de forma mais rápida. Além disso, segundo Lana e Banci (2020), quando o dano mecânico rompe tecidos externos, a aparência do produto é afetada negativamente, muitas vezes provocando o escurecimento dos ferimentos, e passa a ser porta de entrada para patógenos causadores de podridão. Esses autores ainda adicionam que mesmo aqueles danos que não rompem os tecidos, ou que não são visíveis externamente, aceleram o metabolismo do vegetal e podem causar escurecimento interno, amolecimento e alterações indesejáveis no sabor e aroma.

Calbo e Henz (2011) citam alguns cuidados que, se tomados em algumas fases da cadeia, podem reduzir as injúrias mecânicas, como o uso de acessórios e recipientes de colheita ideais para cada situação, uso de amortecedores de impactos nas cantoneiras e nas mesas de movimentação e seleção durante o beneficiamento, cuidado na movimentação das caixas quando é feita de forma manual, sem geração de impacto, o que muitas vezes ocorre por cansaço dos trabalhadores ou mesmo por falta de treinamento ou instrução. Outro problema mencionado é a troca de caixa no local de comercialização ou o despejo dos produtos na gôndola de comercialização sem o cuidado necessário.

A deficiência em infraestrutura dos países latino-americanos, quando comparados com países de alta renda, segundo Costa, Guilloto e Burnquist (2015), é a razão pela qual a perda de frutas e hortaliças nesses países costuma ser superior nas etapas de manuseio pós-colheita e armazenamento, processamento, acondicionamento e distribuição, especialmente porque esses produtos precisam de locais refrigerados para maior conservação pós-colheita. Sabemos

que, no caso do Brasil, o uso da cadeia do frio para frutas e hortaliças não é uma realidade para o mercado interno, mesmo conhecendo todos seus benefícios, e o argumento mais comum dos produtores e comerciantes é o alto custo de implantação da infraestrutura de refrigeração (MELLO; JULIÃO; TAPETTI, 2011). O ideal é que a cadeia do frio não seja interrompida, mantendo o produto na temperatura adequada desde a saída do campo até a mesa do consumidor. Porém, esses mesmos autores acrescentam que a adoção por parte dos atacadistas e supermercados no país é muito baixa, porque a cadeia do frio normalmente é “quebrada” no transporte dos produtos, o que inviabiliza a instalação de projetos de refrigeração para o armazenamento no destino final. Como vimos anteriormente, o controle da temperatura pelo uso do frio é a principal maneira de manter a qualidade de frutas e hortaliças com seu consequente aumento de vida de prateleira, por meio da redução da respiração e transpiração, que são importantes causas primárias de perdas.

Além disso, no beneficiamento e classificação de produtos hortícolas, apesar dos incrementos tecnológicos que já existiram, com a substituição da classificação tradicional, manual ou mecanizada pela eletrônica, a maioria dos equipamentos de ponta desenvolvidos tanto para a colheita como para o beneficiamento ainda é destinada a grandes volumes de produção, excluindo pequenos e médios produtores do acesso à tecnologia adequada para auxiliar nas tarefas após a colheita, reduzindo a sua competitividade no mercado (FERREIRA; SPRIGIO; SARGENT, 2017). Esses equipamentos mais tecnológicos normalmente minimizam o manuseio e consequentemente a probabilidade de ocorrência de danos mecânicos nos produtos e todos os aspectos fisiológicos associados a eles.

O transporte é uma etapa muito importante da cadeia de produção de frutas e hortaliças, visto que são produtos muito perecíveis e sensíveis a danos mecânicos. Segundo Luengo et al. (2007), os principais meios de transporte de produtos hortícolas no Brasil são o caminhão e a caminhonete, mas em alguns casos se utilizam até mesmo veículos comuns. De acordo com esses autores, apesar de ter havido melhoria no transporte rodoviário ao longo dos anos, há um predomínio de caminhões cobertos com lonas, sem controle de temperatura, e, como já visto, a exposição a altas temperaturas em qualquer fase do processo produtivo pode ser extremamente maléfico à qualidade e à vida de prateleira dos vegetais frescos. Além de a maioria dos veículos utilizados serem inadequados, muitas vezes sem sistema de suspensão e controle de temperatura, as más condições das estradas contribuem para a ocorrência de danos mecânicos (LANA; BANCI, 2020). Normalmente, caminhões frigoríficos só são utilizados para frutas e hortaliças quando há importação ou exportação desses produtos entre países vizinhos.

Além disso, no transporte as perdas também podem ocorrer devido ao uso de embalagens impróprias aos produtos, que pode gerar acúmulo de calor ou falta de circulação de ar adequada entre os produtos, ou em razão de carregamento excessivo, que pode causar impacto nas frutas ou hortaliças em camadas inferiores. A intensidade dos danos provenientes do transporte depende do produto transportado, pois temos frutas e hortaliças com diferentes graus de resistência mecânica, assim como a distância a ser percorrida até o local de comercialização (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

No Brasil, frutas e hortaliças são comercializadas em diferentes tipos de estabelecimentos, como feiras-livres, quitanas, mercadinhos, sacolões, supermercados e hipermercados. As CEASAS (Centrais de Abastecimento S.A.) foram criadas pelo governo federal a partir da década de 1960 e possuem um importante papel no abastecimento de frutas e hortaliças nas regiões metropolitanas (LUENGO et al., 2007). Como o Brasil é um país com grande diversidade socioeconômica, as condições de comercialização no varejo variam bastante no que diz respeito à infraestrutura, sendo o mais comum a exposição para venda em gôndolas sem refrigeração, carga e descarga manual e exposição dos produtos em pilhas altas, causando impacto por amassamento nos produtos que ficam na parte inferior da pilha e o aumento do manuseio para escolha dos produtos.

No que diz respeito ao mercado atacadista, Lana e Banci (2020) comentam sobre a precariedade de alguns desses locais e as deficiências encontradas que contribuem para a ocorrência de perdas nessa e nas próximas etapas da cadeia produtiva, como: a comercialização a céu aberto, em condições impróprias de temperatura, umidade e ventilação; carga e descarga manuais, muitas vezes sem o devido cuidado e com troca de embalagens, que contribuem para a ocorrência de danos mecânicos; falta de separação de áreas limpas e sujas nos boxes e falta de higiene dos espaços e das embalagens, que pode contribuir para a ocorrência de contaminação microbiológica.

Outros fatores que podem ser citados como causas secundárias de perdas são o inadequado controle de estoque pelos varejistas, que muitas vezes adquirem uma quantidade de produtos acima da sua capacidade de venda diária ou semanal, assim como a falta de controle de compra por parte do consumidor, que acaba por não conseguir consumir as frutas e hortaliças em tempo hábil. Lana e Banci (2020) mencionam ainda a falta de incentivo e de investimento para adoção de boas práticas agrícolas (BPA), a falta de investimento público e privado em infraestrutura que possibilite a redução do tempo entre a colheita e o consumo e a falta de integração e gerenciamento na cadeia. Segundo Chitarra e Chitarra (2005), muitas frutas e hortaliças são também rejeitadas nos canais de comercialização pela falta de legislação e ausência de padrões legais de qualidade para classificação ou sua não utilização.

3. ESTRATÉGIAS PARA REDUÇÃO DAS PERDAS

Frutas e hortaliças são naturalmente perecíveis, e como tratado no item 2 deste capítulo, diversas podem ser as causas de suas perdas, desde aspectos primários, diretamente relacionados à estrutura, fisiologia, crescimento e desenvolvimento dos vegetais, quanto aquelas provenientes do comportamento humano ao longo do manuseio desses produtos e à falta de infraestrutura e/ou tecnologia em toda cadeia produtiva que acabam por afetar os aspectos primários. Assim, deve-se priorizar a redução das causas secundárias de perdas, pois essas são correlacionadas, sendo as responsáveis pelo desbalanço das causas primárias que fazem com que o produto chegue mais rapidamente na senescência.

Os cuidados na etapa de colheita são primordiais, visto que os danos sofridos pelas frutas e hortaliças ao longo da cadeia são cumulativos. Considerando a colheita manual, os colhedores devem ser bem treinados para reduzir ao máximo a ocorrência de injúrias mecânicas. Isso inclui colher nas horas mais frescas do dia; fazer o corte ou destaque de forma apropriada; colocar os produtos em embalagens apropriadas e de forma cuidadosa; usar as ferramentas de colheita adequadas a cada situação; higienizar previamente todos os acessórios e caixas de colheita para prevenir infecção por patógenos; manter os produtos recém-colhidos à sombra, protegidos de condições ambientais adversas; colher no ponto de colheita ideal de cada espécie para evitar danos mecânicos e ocorrência de desordens fisiológicas, dentre outros cuidados.

Após colhidas, as operações de beneficiamento como limpeza, lavagem, seleção, classificação e embalagem devem seguir os protocolos de boas práticas agrícolas, visando sempre à redução de danos mecânicos e da contaminação microbiana. Essas operações podem se dar no próprio campo ou em uma casa de embalagem, também conhecida como “packing house”. Alguns cuidados que devem ser tomados nessas etapas são: se algumas dessas operações ocorrerem no campo, devem ser realizadas em local fresco e protegido do sol, de preferência coberto; a água de lavagem deve ser sanitizada; todas as embalagens plásticas, quando utilizadas, devem ser previamente limpas e higienizadas; a manipulação no “packing house” deve se dar em superfícies lisas e higienizadas; dar preferência para embalagens paletizadas, a fim de evitar compressão e facilitar a carga e descarga; e em todas as etapas deve-se manipular cuidadosamente as frutas e/ou hortaliças, evitando quedas, amassamentos e raladuras.

O transporte, especialmente os de longa distância, deve ser realizado preferencialmente em veículos refrigerados, porém, quando não for possível, os caminhões devem ser cobertos com lona e trafegar nas horas mais frescas do dia, logo ao amanhecer, ou à noite. Dar preferência para trafegar em estradas com melhores condições de pavimentação, amarrar bem as caixas para evitar impactos durante o traje-

to, organizar as caixas de forma que permita a circulação de ar entre os produtos e não transportar produtos incompatíveis numa mesma carga, especialmente em veículos fechados, também são medidas que contribuem para uma melhor conservação da qualidade das frutas e hortaliças nessa etapa.

Para aqueles produtos em que cabe um período de armazenamento antes da comercialização, é extremamente importante que esse seja realizado com câmaras frias bem reguladas em relação à temperatura, umidade relativa e circulação de ar necessária. Quando armazenados diferentes produtos na mesma câmara, estes devem ser compatíveis em termos da faixa ideal de temperatura e umidade relativa de armazenamento, sensibilidade ao etileno, concentrações de O₂ e CO₂ quando do uso de atmosfera controlada e a odores. Os equipamentos de refrigeração devem passar por limpeza e inspeção periódicas. Além disso, deve-se atentar para a capacidade do sistema de refrigeração, calculada com base na carga térmica total em 24 horas, de acordo com a quantidade de produtos a ser armazenada por dia, e em todas as fontes adicionais de calor. As embalagens devem ser empilhadas de forma adequada, permitindo que a temperatura fique uniforme em todos os pontos da câmara, e deve-se usar termostatos confiáveis. O ideal é que se cheque a temperatura diariamente, em diferentes pontos da câmara de armazenamento. Para produtos muito perecíveis, o ideal é a realização de um pré-resfriamento para retirada rápida do calor de campo, antes do transporte ou armazenagem, entretanto essa não é uma prática comum no Brasil, com exceção de alguns produtos para exportação, que são obrigatoriamente pré-resfriados antes de serem enviados para o exterior, mantendo-se a cadeia do frio até o destino final.

Em casos em que se usa um armazenamento curto sem refrigeração, esse deve ser realizado em local mais fresco possível, com boa circulação de ar, e os produtos não devem estar em contato direto com o solo. Inspeções diárias também podem contribuir para detectar produtos já em degradação ou com sinais de infecção por microrganismos.

É importante lembrar que o produto armazenado deve ser de qualidade, sadio, sem sinais de injúrias mecânicas, colhidos no ponto de colheita adequado, pois não há como um armazenamento, por mais adequado que seja, resolver problemas ocorridos nas etapas anteriores.

Na comercialização, pelo menos para produtos mais perecíveis, o ideal é a exposição em gôndolas refrigeradas. Quando não for possível, deve-se higienizar corretamente as gôndolas comuns e evitar o empilhamento excessivo, assim como o excesso de manuseio, tanto pelos funcionários do estabelecimento como pelos consumidores, pois o manuseio excessivo afeta o metabolismo e pode provocar alterações na composição química dos produtos. Para hortaliças folhosas, o ideal utilizar embalagens plásticas para minimizar a perda de água, e que estas, quando não refrigeradas, sejam expostas para venda no local mais fresco do estabelecimento.

Além de todos os fatores tratados acima, Lana e Banci (2020) mencionam que uma das maiores dificuldades encontradas para reduzir perdas pós-colheita é a falta de conhecimentos básicos na área gerencial pelos diferentes atores da cadeia produtiva de produtos hortícolas. Uma boa gestão da propriedade rural permite que o produtor tome decisões mais acertadas, baseadas no conhecimento que ele tem da atividade e no histórico de sucesso e fracasso de decisões dos cultivos anteriores.

A adequada gestão dos estabelecimentos varejistas também é de extrema importância, especialmente em relação ao controle do estoque. Deve-se definir uma melhor estratégia de frequência e quantidade de compra adaptada à realidade de demanda do comércio local, assim como se deve conhecer a preferência do consumidor em termos de qualidade de cada produto hortícola, oferecendo assim exatamente aquilo que eles querem comprar. Os proprietários dos estabelecimentos de vendas de produtos hortícolas devem também oferecer treinamento para seus funcionários, para que haja correta manipulação desses produtos.

É necessário ter em mente que, quanto menor o tempo entre a colheita e o consumo, menor a probabilidade de ocorrência de perdas. Assim, quanto menor o número de intermediários entre o produtor e o consumidor, quanto mais eficiente o transporte e mais organizado for o abastecimento regional dos produtos hortícolas, maiores as chances de venda de produtos de qualidade e menor a incidência de perdas no setor.

Quando pensamos nas perdas e no desperdício por parte do consumidor, é necessária uma mudança cultural e comportamental. Os consumidores normalmente compram frutas e hortaliças com os olhos e com o tato, ou seja, avaliando a aparência física e a textura, principalmente. Aqui podemos encontrar dois problemas. Comprar unicamente pela aparência visual muitas vezes pode gerar perdas, visto que qualidade não é atrelada somente à aparência. Frutas e hortaliças fora de um formato ou tamanho considerado padrão para a espécie e cultivar, com pequenos defeitos e/ou manchas, podem estar perfeitamente adequadas para o consumo em termos de composição química e qualidade nutritiva.

Segundo Sabio et al. (2015), alguns países europeus têm adotado estratégias para estimular o consumo dessas frutas e hortaliças fora do padrão, mas que ainda possuem o mesmo valor nutricional que aquelas consideradas perfeitas em formato, cor e tamanho, e que são tradicionalmente desejadas pelos consumidores. Isso normalmente é feito usando estratégias de marketing e reduzindo o preço desses produtos para atrair o consumidor. No Brasil, essa mesma estratégia já foi utilizada pelo grupo Carrefour com a campanha “*Sans Form*” (Sem Forma), cujo lema é “*Qualidade além da aparência*”. Nessa campanha, as frutas e hortaliças “feias” foram vendidas em embalagens de 1 kg por um preço 40% mais baixo, e eram oferecidos aos consumidores panfletos com informações sobre o produto e vanta-

gens em adquiri-los. Entretanto, essas foram ações pontuais, não é algo que é feito como rotina, portanto, são ações que devem ser incentivadas, assim como a divulgação sobre qualidade de frutas e hortaliças ao consumidor.

Comprar avaliando a textura, utilizando o tato, também pode ser um problema, já que esse comportamento gera amassamento das frutas e/ou hortaliças e consequentemente aceleram o metabolismo, acelerando as taxas respiratórias e transpiratórias, fazendo com que haja perdas na composição química, afetando o sabor, o aroma e a turgescência dos produtos. Dessa forma, é indicada a prática de manuseio mínimo pelos consumidores, e para isso um processo de classificação eficiente, que separe os produtos em classes de qualidade considerando grau de maturação, cor, tamanho (comprimento ou diâmetro) e presença de defeitos, contribuiria para que esse manuseio excessivo não fosse necessário e consequentemente para redução das perdas.

A adoção de tecnologias pós-colheita no setor de frutas e hortaliças pode contribuir muito para a manutenção da qualidade desde a colheita até o consumidor e, portanto, para o aumento da sua vida útil. As pesquisas e o desenvolvimento de novas tecnologias são necessários em todos os setores, como embalagens, máquinas para colheita e beneficiamento, câmaras frias, câmaras de controle de gases, reguladores de maturação, absorvedores de gases, radiação, e podem contribuir muito para minimizar o problema das perdas.

Por fim, é importante lembrar que, para minimizar o problema das perdas e do desperdício de frutas e hortaliças, é necessário um alinhamento entre os membros da cadeia produtiva, pois todas as fases são correlacionadas e dependentes umas das outras. De nada adianta fazer uma colheita cuidadosa e no estágio de maturação correto, se o armazenamento for feito de forma inadequada. Do mesmo modo, um adequado armazenamento não resolve o problema de um produto danificado na colheita ou no transporte. Todas as fases são igualmente importantes, e esforços devem ser somados para que o produto chegue à mesa do consumidor com qualidade e em tempo hábil de ser consumido.

4. PESQUISA E EXTENSÃO COM PÓS-COLHEITA DE FRUTAS E HORTALIÇAS NO CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS (CCA)/UFSCAR

Trabalhos de pesquisa e extensão na área de pós-colheita de frutas e hortaliças têm sido desenvolvidos por meio do Núcleo de Extensão e Pesquisa em Agricultura Sustentável (NEPAS), grupo composto por estudantes dos cursos de graduação em Engenharia Agrônômica e Agroecologia e do Programa de Pós-graduação em Agroecologia e Desenvolvimento Rural do CCA/Araras. O NEPAS é coordenado pela Profa. Christiane de Fátima Martins França e pelo Prof. Victor Augusto Forti, ambos do Departamento de Tecnologia Agroindustrial e Socioeconomia Rural do CCA/Araras.

Além da linha de pesquisa e extensão em pós-colheita de frutas, flores e hortaliças, as atividades do grupo também abrangem as seguintes temáticas: ecologia de agroecossistemas; sementes crioulas; produção e tecnologia de sementes e agricultura orgânica e manejo sustentável.

No tocante ao assunto tratado neste capítulo, está sendo desenvolvida pela estudante Laleska Cesila Rabelo, do curso de Engenharia Agrônômica da UFSCar-Araras, como iniciação científica, a pesquisa descrita abaixo no item 4.1.

4.1 Estudo de caso sobre perdas e desperdício pós-colheita de hortaliças in natura no varejo do município de Araras-SP

Em decorrência da importância do tema de perdas de alimentos frente ao avanço populacional e à necessidade de garantia da segurança alimentar a essa população crescente, está sendo desenvolvido no Centro de Ciências Agrárias da UFSCar, Campus Araras, um estudo de caso acerca das perdas e do desperdício pós-colheita de hortaliças na cidade de Araras-SP.

Estudos locais de perdas são necessários, pois temos diferentes tipos de comércio no Brasil, com diferentes níveis de tecnologia e infraestrutura em decorrência da grande diversidade socioeconômica do país. Segundo Tofanelli et al. (2009), faltam informações sobre a comercialização de hortaliças nas cidades brasileiras interioranas, sendo esta comumente pouco organizada e um reflexo do fluxo das grandes centrais de abastecimento, principais fontes de fornecimento desses produtos.

Portanto, é importante que essas perdas sejam quantificadas, assim como se conheçam a forma de manejo, as embalagens utilizadas, as condições de sanidade e ambientais às quais as hortaliças são expostas durante o transporte, armazenamento e comercialização, em nichos específicos de mercado. Todos esses fatores podem influenciar sobremaneira tanto as razões quanto a extensão dos danos e as consequentes perdas durante a fase pós-colheita.

Esses dados permitirão que se proponham estratégias de manejo simples e assertivas buscando a redução das perdas e do desperdício das hortaliças na cidade, contribuindo assim tanto para a manutenção do setor varejista, como para a garantia da segurança alimentar e nutricional em nível local.

O estudo está sendo realizado em forma de uma pesquisa descritiva exploratória, com uma abordagem quali-quantitativa em três diferentes tipos de comércios varejistas de produtos hortícolas: 1- Sacolões/Quitandas; 2- Feiras-livres e 3- Supermercados e/ou hipermercados da cidade.

Os dados estão sendo coletados por meio da aplicação oral de questionários e por preenchimento de planilhas informativas para quantificação das perdas. Os questionários são compostos de perguntas objetivas e/ou subjetivas, que irão levar à definição de um diagnóstico das perdas de hortaliças em cada estabelecimento, incluindo a identificação das

hortaliças com maiores índices de perda e as possíveis causas com base nas informações apresentadas pelos participantes.

A planilha inclui dados como a quantidade de produto adquirida para comercialização e a quantidade perdida para cálculo do volume médio de perdas semanais em relação à quantidade comercializada. A coleta de dados será realizada em dois momentos, no primeiro e segundo semestre ao longo de um ano, por sete dias corridos, para maior confiabilidade dos dados.

Após o cadastro dos estabelecimentos em cada uma das categorias de varejo que aceitaram participar do estudo, foi aplicado um pré-questionário para identificar a hortaliça que apresentava o maior índice de perda em cada um dos grupos de produtos: 1- Folhosas; 2- Bulbos, raízes e tubérculos; 3- Hortaliças fruto e 4- Inflorescências; assim como a frequência de compra/reposição semanal desses produtos em cada estabelecimento.

Com base nos resultados deste pré-diagnóstico, as hortaliças indicadas com maior frequência pelos proprietários e/ou funcionários de todos os estabelecimentos participantes, em cada um dos grupos de produtos citados acima, foram: alface crespa do grupo das folhosas; mandioquinha-salsa do grupo dos bulbos, raízes e tubérculos; tomate do grupo das hortaliças fruto, e brócolis do grupo das inflorescências.

Assim, essas estão sendo as hortaliças estudadas para a investigação da quantificação e causas das perdas por meio de um segundo questionário que consta com perguntas objetivas e/ou subjetivas relacionadas à sua forma de transporte, manuseio, armazenamento e comercialização. Nesse estudo, as causas primárias de perda estão sendo separadas de acordo com os seguintes tipos: 1- mecânicas (cortes, amassamentos, raladuras/abrasões), 2- fisiológicas/bioquímicas (amadurecimento excessivo, murcha, perda de cor, escurecimento, brotamento, esverdeamento, dentre outras) e 3- fitopatológicas e biológicas (contaminação microbiana e danos ocasionados por insetos praga). As perguntas feitas nesse questionário de diagnóstico também permitirão que se identifiquem causas secundárias de perdas, tais como: uso de embalagens inadequadas, manuseio e/ou armazenamento incorretos, condições de transporte inadequadas, falta do uso da cadeia do frio, e outras deficiências observadas no sistema de comercialização que podem levar à ocorrência das causas primárias.

Além disso, cada estabelecimento está preenchendo uma planilha com o volume adquirido para comercialização e o volume não comercializado semanalmente (kg/unidades. semana⁻¹) com base na frequência de compra informada em cada local, por 7 dias, para que se estabeleça o volume médio de perda semanal, coletados nas duas épocas do ano. Em cada um dos estabelecimentos, nas duas épocas de avaliação, será quantificada a porcentagem (%) de perda em

relação ao volume adquirido para comercialização de cada hortaliça com base na seguinte fórmula:

$PPVAC = (VPE / VAC) \times 100$, onde:

PPVAC = porcentagem de perda em relação ao volume adquirido para comercialização (%)

VPE = volume de perda (kg ou unidades)

VAC = volume adquirido para comercialização (kg ou unidades)

Nessa mesma planilha, os responsáveis pelos estabelecimentos informarão o destino dos produtos não comercializados, tendo como opções o descarte (lixo), compostagem, doações, ração animal ou outros.

Os dados serão analisados por meio de estatística descritiva, através de distribuição de frequência, representados em porcentagem (%) em gráficos e/ou tabelas. Serão discutidas a partir dos resultados quali-quantitativos, possíveis estratégias de manejo que possam solucionar ou reduzir os problemas encontrados no estudo de caso.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAH, I. K. et al. Postharvest handling practices and treatment methods for tomato handlers in developing countries: a mini review. *Advances in Agriculture*, London, v. 2016, p. 6436945, 2016. <https://doi.org/10.1155/2016/6436945>
- BARTZ, J. A.; BRECHT, J. B. (Ed.). *Postharvest physiology and pathology of vegetables*. New York: Marcel Dekker, 2003. p. 7-29.
- BRASIL. Lei nº. 11.346, de 15 de setembro de 2006. Cria o Sistema Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional - SISAN. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 16 set. 2006.
- CALBO, A. G.; HENZ, G. P. Injúrias mecânicas. In: LUENGO, R. F. A.; CALBO, A. G. (Ed.). *Pós-colheita de hortaliças: o produtor pergunta, a Embrapa responde*. Brasília, DF: Embrapa informação tecnológica, 2011. p. 49-64, (Coleção: 500 Perguntas 500 Respostas).
- CHITARRA, M. I. E.; CHITARRA, A. B. *Pós colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio*. 2. ed. Lavras: UFLA, 2005.
- COSTA, C. C.; GUILHOTO, J. J. M.; BURNQUIST, H. L. Impactos socioeconômicos de reduções nas perdas pós-colheita de produtos agrícolas no Brasil. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, Brasília, v. 53, n. 3, p. 395-408, 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/1234-56781806-9479005303002>.
- FERREIRA, M. D.; SPRIGIO, P. C.; SARGENT, S. A. Colheita e beneficiamento. In: CALBO, A. G. et al. (Ed.). *Instrumentação pós-colheita em frutas e hortaliças*. Brasília, DF: Embrapa instrumentação, 2017. p. 65-85.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. *Food waste footprint: impacts on natural resources - summary report*. New York: FAO, 2013.

- Disponível em: <https://population.un.org/wpp/Publications/Files/WPP2019_Highlights.pdf>. Acesso em: 30 ago. 2022
- HENZ, G. P. Postharvest losses of perishables in Brazil: what do we know so far? **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 1, p. 6-13, 2017. <http://dx.doi.org/10.1590/s0102-053620170102>.
- KADER, A. A. (Ed.). **Postharvest technology of horticultural crops**. Oakland: University of California, Agriculture and Natural Resources, 2002.
- LANA, M. M. Estação de trabalho: infraestrutura para beneficiamento de hortaliças em pequenas propriedades rurais. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 3, p. 443-447, 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362016003023>.
- LANA, M. M.; BANCI, C. A. **Reflexões sobre perdas pós colheita na cadeia produtiva de hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2020. 134 p.
- LUENGO, R. F. A. et al. **Pós-colheita de hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2007. Coleção Saber, v. 6, 100 p.
- MELLO, G. C. S.; JULIÃO, L.; TAPETTI, R. Cadeia do frio: garantia de vida mais longa e saudável aos hortifrutícolas. **Revista Hortifruti Brasil**, jan./fev. 2011. Disponível em: <<https://www.hfbrasil.org.br/br/revista/acessar/capa/cadeia-de-frio-garantia-mais-longa-e-saudavel-aos-hortifrutis.aspx>>. Acesso em: 30 ago. 2022.
- PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO. **Acompanhando a agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável**: subsídios iniciais do Sistema das Nações Unidas no Brasil sobre a identificação de indicadores nacionais referentes aos objetivos de desenvolvimento sustentável/ Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. Brasília: PNUD, 2015. 250 p.
- ROSA, C. I. L. F. et al. Pós colheita e comercialização. In: BRANDÃO FILHO, J.U.T. et al. (Ed.). **Hortaliças-fruto**. Maringá: EDUEM, 2018. p. 489-526. <http://dx.doi.org/10.7476/9786586383010.0017>.
- SABIO, R. P. et al. Perdas e desperdícios na produção de alimentos. **Revista Hortifruti Brasil**, ago. 2015. Disponível em: <<https://www.hfbrasil.org.br/br/revista/acessar/capa/a-vez-dos-hfs-feios.aspx>>. Acesso em: 30 ago. 2022.
- TOFANELLI M. B. D. et al. Levantamento de perdas em hortaliças frescas na rede varejista de Mineiros. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 27, p. 116-120, 2009.
- UNITED NATIONS. Department of Economic and Social Affairs. Population Division. **World Population Prospects 2019: highlights (ST/ESA/SER.A/423)**. New York: United Nations, 2019.
- VILELA, N. J. et al. O peso da perda de alimentos para a sociedade: o caso das hortaliças. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 2, p. 141-143, 2003. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362003000200002>.
- WEICHMANN, J. (Ed.). **Postharvest physiology of vegetables**. New York: Marcel Dekker, 1987. 597 p.
- WILLS, R. B. H.; GOLDING, J. B. **Postharvest: an introduction to the physiology and handling of fruit and vegetables**. 6. ed. Sydney: NewSouth Publishing, 2006.

As licenciaturas do *campus* de Araras da UFSCar: panorama histórico a partir dos dados do Censo da Educação Superior

Teacher training of UFSCar's Araras campus: historical overview based on Higher Education Censo data

Daniele Lozano¹ 

¹Universidade Federal de São Carlos, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Ciências da Natureza, Matemática e Educação, Araras, SP, Brasil. lz.dani@ufscar.br

RESUMO Os dados dos Censos da Educação Superior, disponibilizados pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira, constituem importante base tanto para a elaboração de políticas públicas como para auxiliar os pesquisadores na caracterização das Instituições de Ensino Superior do país. Nesse sentido, utilizando dessa fonte, este capítulo pretende compreender e descrever o impacto que os novos cursos implementados no Centro de Ciências Agrárias (CCA), com a aderência ao Programa de Apoio a Planos de Reestruturação e Expansão das Universidades Federais (REUNI), trouxeram ao *campus* no que se refere, em especial, aos discentes das licenciaturas. Com o aporte deste banco de dados, é possível trazer, por exemplo, o histórico dos cursos no *campus*, como a primeira expansão, que ocorreu com a abertura do Bacharelado em Biotecnologia, e a segunda, em 2009, por meio do REUNI, no qual passa existir mais quatro cursos, sendo um deles em período integral e outros três – as licenciaturas – no período noturno, além do aumento de vagas do curso de Bacharelado em Biotecnologia, passando de 25 para 30. Desse modo, o CCA, que anteriormente a 2009 tinha suas principais atividades ocorrendo nos períodos matutino e vespertino, passa a ter metade de seus cursos sendo ofertados no período noturno. Ao analisar o aumento na oferta de cursos, como também a quantidade de estudantes, será preciso considerar os apontamentos de autores que discutem a forma como o REUNI foi sendo implementado nas Universidades Federais, ao ser “elegível”, as instituições que tinham uma infraestrutura já preestabelecida e que poderiam ser mais bem utilizadas.

Palavras-chave: Formação de professores; INEP; REUNI.

ABSTRACT The data from the Higher Education Census, made available by National Institute of Educational Studies and Research Anísio Teixeira, constitute an important basis both for the elaboration of public policies and to assist researchers in the characterization of Higher Education Institutions



Este é um capítulo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença [Creative Commons Attribution](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

in the country. In this sense, using this source, this chapter intends to understand and describe the impact that the new courses implemented at the Center for Agricultural Sciences (CCA), with the adherence to the Federal Universities Restructuring Program (REUNI), brought to the campus regarding, in particular, to undergraduate students. With the contribution of this database, it is possible to bring, for example, the history of courses on campus, such as the first expansion, which occurred with the opening of the Bachelor's Degree in Biotechnology, and the second, in 2009, through REUNI, in which there are now four more courses, one of them full-time and the other three – of teacher training – at night, in addition to the increase in vacancies in the Bachelor of Biotechnology, from 25 to 30. In this way, the CCA, which prior to 2009 had its main activities taking place in the morning and afternoon, now has half of its courses being offered at night. When analyzing the increase in the offer of courses, as well as the number of students, it will be necessary to consider the notes of authors who discuss how REUNI was implemented in Federal Universities, when being “eligible,” institutions that had an infrastructure already pre-established and that could be better used.

Keywords: Teacher training; INEP; REUNI.

1. O PROGRAMA REUNI E AS LICENCIATURAS NO BRASIL

O foco deste capítulo será traçar um histórico de mudanças ocorridas no Centro de Ciências Agrárias (CCA), *campus* da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) localizado na cidade de Araras-SP, com a implementação dos novos cursos iniciados em 2009 por meio do Programa de Apoio a Planos de Reestruturação e Expansão das Universidades Federais (REUNI), em especial às licenciaturas, utilizando os microdados do censo da educação superior disponibilizados pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP).

Para isso, precisamos discutir o que foi o REUNI, seus objetivos e quais seriam os resultados esperados das instituições que aderissem ao programa.

O programa foi estabelecido pelo Decreto nº 6.096, de 24 de abril de 2007, e no art. 1º é possível identificar seu objetivo como: “[...] criar condições para a ampliação do acesso e permanência na educação superior, no nível de graduação, pelo melhor aproveitamento da estrutura física e de recursos humanos existentes nas universidades federais.” (BRASIL, 2007, p. 28).

Neste ponto encontramos um lado positivo do REUNI, que foi o de ampliar o acesso ao nível superior, nas instituições públicas federais, assim como criar condições para a permanência dos ingressantes. Sem dúvidas, a ampliação do acesso visava o público historicamente marginalizado adentrar os muros das instituições federais de ensino superior (IFES), podendo estes terem melhores condições futuras.

Nessa direção, podemos destacar a adesão de grande parte das universidades federais, inclusive a UFSCar, ao Sistema de Seleção Unificada (SiSU), instituído pela Portaria Normativa nº 2, de 26 de janeiro de 2010, que, segundo análise de Nogueira et al. (2017), o sistema

[...] apresentaria, supostamente, três vantagens básicas em relação aos vestibulares. Em primeiro lugar, ele traria um ganho institucional, ao tornar o processo de ocupação das vagas mais barato e mais eficiente. (...) Em segundo lugar, e diretamente relacionado ao ponto anterior, o Sisu teria a vantagem de propiciar maior mobilidade geográfica aos estudantes, ampliando as trocas acadêmicas e culturais e a própria integração do país. (...) Em terceiro lugar, é preciso destacar o possível efeito de inclusão social do Sisu. Em relação a esse ponto, vale inicialmente registrar a possibilidade aberta aos mais pobres de se candidatarem a cursos e instituições que seriam inacessíveis pelos próprios custos. (NOGUEIRA et al., 2017, p. 62-63).

Embora, *a priori*, o sistema de ingresso pareça mais democrático, e permite estratos sociais diversos entrarem nas IFES, os autores demonstram sua ineficiência em relação a garantias aos estudantes que necessitam, antes de terem sua matrícula efetivada e estarem fisicamente no *campus*, de qualquer auxílio para manutenção de sua sobrevivência.

Em relação a isso, e discutindo a ampliação da permanência, objetivo do REUNI, temos a Portaria Normativa nº 39, de dezembro de 2007, que instituiu o Programa Nacional de Assistência Estudantil (PNAES). Em seu art. 2º, aponta que o programa se efetivará nas IFES

[...] por meio de ações de assistência estudantil vinculadas ao desenvolvimento de atividades de ensino, pesquisa e extensão, e destina-se aos estudantes matriculados em cursos de graduação presencial das Instituições Federais de Ensino Superior.

Parágrafo único. Compreendem-se como ações de assistência estudantil iniciativas desenvolvidas nas seguintes áreas:

I - moradia estudantil; II - alimentação; III - transporte; IV - assistência à saúde; V - inclusão digital; VI - cultura; VII - esporte; VIII - creche; e IX - apoio pedagógico. (MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO, 2007, p. 1).

Posteriormente, em julho de 2010, a portaria é transformada no Decreto nº 7.234, o qual apresenta no art. 2º os objetivos do PNAES como:

I – democratizar as condições de permanência dos jovens na educação superior pública federal;

II - minimizar os efeitos das desigualdades sociais e regionais na permanência e conclusão da educação superior;

III - reduzir as taxas de retenção e evasão; e

IV - contribuir para a promoção da inclusão social pela educação. (BRASIL, 2010, n.p.).

O objetivo descrito no inciso I é de democratizar as condições de permanência, porém em inúmeras universidades o que se observa não é a democratização, mas sim auxílios, muitas vezes destinados em forma de bolsa, às quais o estudante deve se inscrever e concorrer em edital, o que não traz nenhuma garantia, pois se no edital é previsto um número de bolsas moradia, alimentação, transporte, permanência, entre outras, e o volume de inscritos é superior, ou até mesmo, se a renda *per capita* do estudante não permite que ele seja beneficiado, este não terá democratizada sua permanência, e sim terá ele próprio que garantir sua subsistência na universidade.

Sobre essa questão, Cislighi e Silva (2012) apontam que essa “[...] lógica tira do debate a universalização da assistência estudantil por meio de ações como a ampliação de infraestrutura (moradia, restaurantes) das universidades associadas à ampliação de direitos, como o passe livre para estudantes universitários no transporte público.” (CISLAGHI; SILVA, 2012, p. 503), e mais à frente descrevem que “[...] ao se optar por fornecer bolsa alimentação e bolsa moradia em detrimento da construção de restaurantes universitários e moradias estudantis, o que se tem é a focalização do problema na reprodução da lógica atual da assistência social no interior da universidade.” (CISLAGHI; SILVA, 2012, p. 507).

As autoras destacam ainda que essa lógica de assistência em forma de bolsas é decorrente do repasse de recursos do PNAES, que embora possa ter aumentado, não é suficiente, considerando a ampliação de vagas resultantes do REUNI e

da quantidade de discentes em condições diversas que passaram a compor o quadro das IFES, a partir do ingresso via SiSU, como também pelas políticas de cotas implementadas nas primeiras décadas dos anos 2000.

Esse fato fica mais claro ao nos debruçarmos sobre o art. 8º do Decreto nº 7.234:

Art. 8º As despesas do PNAES correrão à conta das dotações orçamentárias anualmente consignadas ao Ministério da Educação ou às instituições federais de ensino superior, devendo o Poder Executivo compatibilizar a quantidade de beneficiários com as dotações orçamentárias existentes, observados os limites estipulados na forma da legislação orçamentária e financeira vigente. (BRASIL, 2010, n.p.).

Por certo que, ao limitar os recursos às dotações orçamentárias do Ministério da Educação, temos que considerar dois apontamentos de Lozano et al. (2020): primeiro, que o gasto com educação superior, em relação ao PIB, correspondia a 0,51% em 2018 – percentual que já vinha apresentando queda desde o ano de 2015 – e, segundo, que em 2016 a Emenda Constitucional 95 implementou o teto de gastos que incide sobre as despesas discricionárias e que então a ampliação das despesas do Ministério da Educação dificilmente ocorreria.

Pela mesma razão – e retomando os objetivos do REUNI descritos em seu art. 1º –, é inegável que para as IFES o desmonte estava posto de forma bastante clara, ao expor que o objetivo não trazia consigo investimentos tanto físico como de pessoal, pois indica o melhor aproveitamento destes. Adicionalmente, para não deixar dúvidas, o art. 3º e o art. 7º dispõem sobre os recursos financeiros:

Art. 3º O Ministério da Educação destinará ao Programa recursos financeiros, que serão reservados a cada universidade federal, na medida da elaboração e apresentação dos respectivos planos de reestruturação, a fim de suportar as despesas decorrentes das iniciativas propostas, especialmente no que respeita a:

I - construção e readequação de infraestrutura e equipamentos necessárias à realização dos objetivos do Programa;

II - compra de bens e serviços necessários ao funcionamento dos novos regimes acadêmicos; e

III - despesas de custeio e pessoal associadas à expansão das atividades decorrentes do plano de reestruturação.

§ 1º O acréscimo de recursos referido no inciso III será limitado a vinte por cento das despesas de custeio e pessoal da universidade, no período de cinco anos de que trata o art. 1º, § 1º.

§ 2º O acréscimo referido no § 1º tomará por base o orçamento do ano inicial da execução do plano de cada universidade, incluindo a expansão já programada e excluindo os inativos.

§ 3º O atendimento dos planos é condicionado à capacidade orçamentária e operacional do Ministério da Educação.

(...)

Art. 7º As despesas decorrentes deste decreto correrão à conta das dotações orçamentárias anualmente consignadas ao Ministério da Educação. (BRASIL, 2007, p. 29).

Destaca-se que o REUNI também tem suas despesas vinculadas às dotações orçamentárias do Ministério da Educação, e no que se refere à despesa de pessoal, fica restrito a vinte por cento, conforme § 1º, o que restringe a quantidade de docentes que podem ser contratados no período de implementação do programa.

Dessa forma, percebe-se que, por um lado, o governo lança dois programas que à primeira vista parecem atender às reivindicações históricas dos movimentos sociais pelo acesso, permanência e democratização do ensino superior, mas que, na sua análise mais detalhada, não só expressam a lógica do capital, como colocam em prática as recomendações de organismos internacionais, como as do Banco Mundial. Para Lima (2008)

[...] a 'política nacional de expansão do acesso à educação superior', implementada pelo governo Lula da Silva, expressa uma ampliação do acesso focalizada no ensino, sem financiamento público, deteriorando, conseqüentemente, a qualidade da formação profissional e do trabalho docente desenvolvido nas universidades federais. (LIMA, 2008, p. 74).

Esta autora aponta ainda para a precarização do trabalho dos professores substitutos quanto dos efetivos, pois com o condicionante de recursos financeiros advindo de dotações orçamentárias ao Ministério da Educação, ocorreria a necessidade de contratação de substitutos e não de docentes concursados, lembrando que o trabalho do primeiro está mais limitado às atividades de ensino, enquanto o segundo trabalha sob o princípio da indissociabilidade entre ensino, pesquisa e extensão. Dessa forma, Lima (2008) expõe sobre o REUNI ser a “[...] retomada das políticas elaboradas pelo Banco Mundial para os países da periferia do capitalismo.” (LIMA, 2008, p. 75).

Corroborando com Lima (2008) a indicação de Strobel Neto (2017), ao descrever que o programa

[...] acabou desarticulando o ensino da pesquisa e da extensão, uma vez que, por meio de suas metas, acabou sobrecarregando o corpo docente. O reflexo na formação foi

imediate e houve o quase abandono do campo da pesquisa e da extensão, pois os cursos de graduação sobrecarregados deveriam ser ainda avaliados pelos instrumentos de conteúdo. (STROBEL NETO, 2017, p. 83).

Este autor sinaliza também para a questão dos recursos, ponderando que “[...] houve demora e insuficiência dos repasses financeiros.” (STROBEL NETO, 2017, p. 83). Nessa direção, podemos visualizar a questão pelo gráfico elaborado por Lozano et al. (2020) (disposto na Figura 1), ao realizarem investigação no Sistema Integrado de Planejamento e Orçamento (SIOP), na subfunção 364 – código do ensino superior, em relação às despesas totais (obrigatórias e discricionárias), a dotação prevista para a subfunção e o pagamento efetuado. Os autores salientam que “[...] até 2016 os investimentos na ES seguiam as regras de vinculação constitucional, entretanto, com a EC 95/2016 foi implantado o teto de gastos que mantém as despesas obrigatórias, mas incide sobre as discricionárias e os investimentos neste nível de ensino.” (LOZANO et al., 2020, p. 10-11). Primeiramente, é possível observar pelo gráfico disposto na Figura 1 que, entre o ano 2000 até 2004, as despesas totais oscilaram entre quedas e aumentos e, a partir de 2004, iniciou aumento gradativo até o ano de 2015, ficando após novamente sem volume expressivo de aumento. Lozano et al. (2020) destacam que

[...] o pagamento realizado ao longo dos anos não atinge o valor dotado para aquele ano, havendo diferenças significativas desses valores, como por exemplo, no ano de 2011, cujo pagamento equivale a apenas 79% da dotação. Também se verifica que a melhor taxa ocorre no ano de 2017, quando foi pago 96% do valor total orçado. (LOZANO et al., 2020, p. 10).

Inquestionavelmente, os apontamentos do desmonte que foi identificado em 2008 por Lima se materializaram dentro das IFES, sendo possível questionar o que os formuladores do REUNI esperavam em relação à efetiva qualidade dos cursos que as instituições iriam conseguir ofertar nestas condições. Strobel Neto (2017) indica que

Tais medidas vão ao encontro do posicionamento neoliberal, retirando a responsabilidade do Estado em prover a educação, repassando-a ao setor privado, em uma maneira legalizada de terceirização do setor. Mais uma vez todos os envolvidos no processo educacional, como Instituição, professor e alunos são vistos como mercadoria, disputando entre si condições melhores. (STROBEL NETO, 2017, p. 82).

Igualmente, as autoras Cislighi e Silva (2012), ao descreverem sobre as recomendações do Banco Mundial no ano de 2003, destacam que

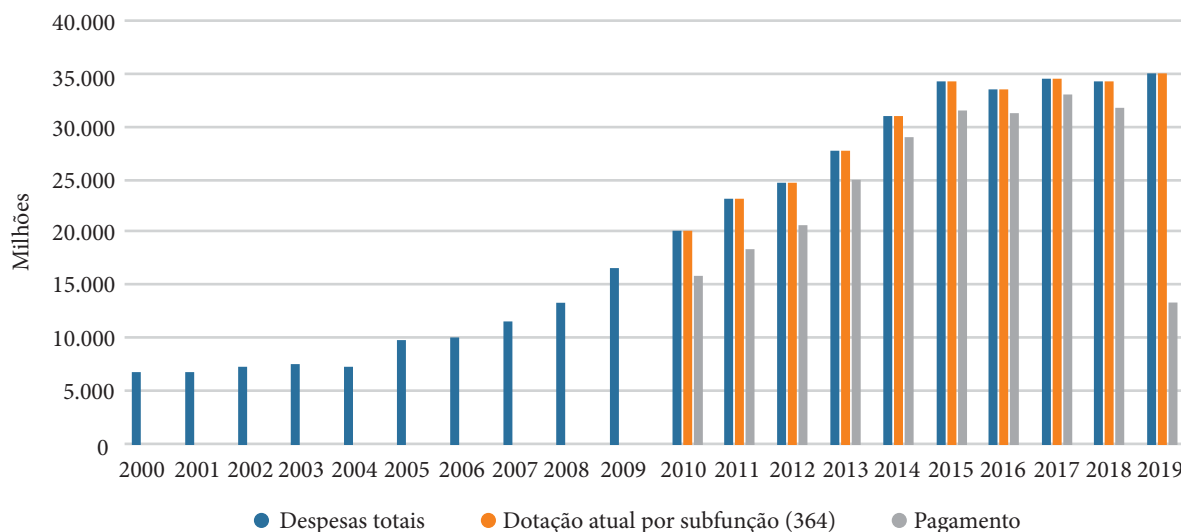


FIGURA 1 - Comparativo entre a dotação de recursos totais, por subfunção e o pagamento efetivo das despesas totais do ensino superior no âmbito federal.

Fonte: Extraído de Lozano et al. (2020, p. 11).

Quatro seriam os fatores favoráveis ao desenvolvimento dos países, que podem ter no ensino terciário uma contribuição vital: o regime institucional e de incentivos macroeconômicos, a infraestrutura das TIC, o sistema de inovação nacional e a qualidade dos recursos humanos do país. (...) Ou seja, fica claro o duplo objetivo: formar força de trabalho qualificada de acordo com as necessidades do modelo de acumulação e, ao mesmo tempo, buscar coesão social, ampliando as possibilidades de acesso ao ensino superior, mesmo que menos qualificadas. (CISLAGHI; SILVA, 2012, p. 494-495).

Neste momento, é prudente analisar as diretrizes do REUNI, estabelecidas no art. 2º do Decreto nº 6.096 de 2007 como:

I - redução das taxas de evasão, ocupação de vagas ociosas e aumento de vagas de ingresso, especialmente no período noturno;

II - ampliação da mobilidade estudantil, com a implantação de regimes curriculares e sistemas de títulos que possibilitem a construção de itinerários formativos, mediante o aproveitamento de créditos e a circulação de estudantes entre instituições, cursos e programas de educação superior;

III - revisão da estrutura acadêmica, com reorganização dos cursos de graduação e atualização de metodologias de ensino-aprendizagem, buscando a constante elevação da qualidade;

IV - diversificação das modalidades de graduação, preferencialmente não voltadas à profissionalização precoce e especializada;

V - ampliação de políticas de inclusão e assistência estudantil; e

VI - articulação da graduação com a pós-graduação e da educação superior com a educação básica. (BRASIL, 2007, p. 28-29).

Por certo, o inciso II descreve como alunos que não concorrem nos vestibulares e/ou SiSU nas instituições públicas de ensino superior podem, mesmo assim, ter acesso às vagas das IFES por meio de “mobilidade estudantil”, tendo aproveitamento de créditos já cursados, ponto que está diretamente ligado ao posto no inciso I de ocupação de vagas ociosas. Por sua vez, os incisos III e IV abrem a possibilidade de ciclos básicos, bacharelados interdisciplinares e utilização de metodologias de ensino a distância – outro ponto indicado como melhor custo/benefício para formação em menor tempo/custo pelo Banco Mundial, que nos fazem refletir sobre a qualidade do ensino ofertada nestes moldes.

Voltando nosso olhar para o inciso I, vamos analisá-lo conjuntamente com o § 1º do art. 1º, que descreve a meta global do programa com: “[...] a elevação gradual da taxa de conclusão média dos cursos de graduação presenciais para noventa por cento e da relação de alunos de graduação em cursos presenciais por professor para dezoito, ao final de cinco anos, a contar do início de cada plano.” (BRASIL, 2007, p. 28). Ou se-

ja, ao estabelecer como diretriz a ocupação das vagas ociosas – independentemente de como, reduzir a taxa de evasão, supostamente assegurada, parcialmente, com os auxílios estudantis e aumentar as vagas de ingresso, pretendia-se atender à meta global de elevação da taxa de conclusão dos cursos.

Contudo, conforme assertivamente apontam Tonegutti e Martinez (2008), a “[...] meta de 90% de alunos diplomados, em relação aos alunos ingressantes cinco anos antes, designada Taxa de Conclusão da Graduação 5 (TCG5), é completamente deslocada da realidade educacional, não só do Brasil como também da grande maioria dos países desenvolvidos.” (TONEGUTTI; MARTINEZ, 2008, p. 57). As autoras Cislaghi e Silva (2012) sinalizam que os dados da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) de 2007 indicavam taxa em torno de 70% em seus países. Dessa forma, concluem as autoras que essa taxa mede “[...] não diretamente as taxas de sucesso, mas em que medida a universidade é eficiente na ocupação de vagas ociosas decorrentes do abandono dos cursos.” (CISLAGHI; SILVA, 2012, p. 499).

Portanto, concordamos com Tonegutti e Martinez (2008) que a única explicação para uma taxa dessa natureza tem somente uma razão, o viés político. Isso porque, visando atender às recomendações dos organismos internacionais, em especial as do Banco Mundial, a quantidade de egressos do ensino superior auxilia na medida de eficiência em atender às exigências de tais órgãos, independentemente da qualidade ofertada no processo.

Por outro lado, não podemos deixar de considerar que o anseio por educação está cada vez mais presente na sociedade, na medida em que, para seus indivíduos, o “[...] status social que carrega a educação está baseado na crença de que ela seria o meio pelo qual os indivíduos sociais ingressariam no mundo do trabalho (ou mercado consumidor) e, conseqüentemente, teriam acesso à cidadania plena.” (ZAGO, 2014, p. 94), assim não refletindo criticamente sobre a qualidade que está sendo ofertada para sua ascensão social por meio da elevação de seu nível educacional, e também não percebendo que a educação é um mecanismo de marginalização da sociedade.

No campo da formação de professores, Aranha e Souza (2013) indicam que a crise no sistema de ensino, além de estrutural, está no cerne deste, fazendo com que a partir dos anos 1960, com influências midiáticas, tanto os docentes como as escolas deixassem de ser o *locus* do saber, favorecendo ainda mais a desvalorização da profissão; desvalorização essa que é “[...] tanto no mercado de bens econômicos (salário) quanto no mercado de bens simbólicos (prestígio).” (ARANHA; SOUZA, 2013, p. 78).

Strobel Neto (2017), ao discutir sobre as diretrizes curriculares nacionais, aponta que

[...] cada vez mais o professor se forma olhando para as necessidades momentâneas do mercado, como um téc-

nico da educação. (...) Este novo posicionamento atinge e transforma a função da escola dentro do sistema, posto que o Estado não mais se responsabiliza em preparar a mão de obra para o mercado, pois agora esta incumbência é do próprio indivíduo, que deve especializar-se para uma vaga de emprego. (STROBEL NETO, 2017, p. 74).

Nesse sentido, Aranha e Souza (2013) descrevem que um dos problemas da crise nas licenciaturas está em “[...] sua proliferação na rede privada de ensino, exatamente por serem cursos mais baratos e de mais fácil oferta.” (ARANHA; SOUZA, 2013, p. 82). Este apontamento pode ser evidenciado nos dados disponibilizados na Quadro 1, que foram adaptados do trabalho de Silva, Bozzini e Lozano (2021) no qual os autores computaram a quantidade de cursos de bacharelado, licenciatura e tecnólogo nos anos de 2009 e 2019, com base nos microdados do censo da educação superior, disponibilizados pelo INEP, identificando aumento na quantidade de cursos de bacharelado, e em quase todas as organizações acadêmicas, diminuição da oferta de licenciaturas no período de dez anos investigado, principalmente na modalidade a distância.

É perceptível que o maior volume de cursos presenciais para as licenciaturas está concentrado na organização acadêmica universidade, tanto para a modalidade presencial quanto para a distância, no ano de 2009, e em 2019 na modalidade presencial das instituições públicas (federais, estaduais e municipais). Chama atenção ainda o percentual de queda, nesta organização acadêmica, dos cursos a distância tanto no setor privado (aqui dados das instituições particulares com e sem fins lucrativos), passando de 5.608 cursos em 2009 para apenas 326 em 2019, como no setor público – de 2.354 para 355.

Embora optamos, neste recorte, não incluir os dados das organizações acadêmicas centro federal e instituto federal, e da categoria administrativa especial, conseguimos, pelos dados dispostos na Quadro 1, notar percentual de queda acima de 85% na quantidade de cursos de licenciatura oferecidos a distância nos setores público e privado, queda de aproximadamente 19% nos cursos presenciais da categoria administrativa privada e 2% na pública. Ainda assim, o setor privado concentra a maior quantidade de cursos de licenciatura ofertados no país.

Em suma, o trabalho de Silva, Bozzini e Lozano (2021) mostra a diminuição na quantidade de cursos de licenciatura durante o período de dez anos (2009 a 2019), ou seja, mesmo com o REUNI tendo, de forma implícita, encorajado a abertura dos cursos de formação de professores, pois sem o aporte de recursos financeiros estes se mostravam mais fáceis e de menor custo, além do discurso de valorização da profissão e necessidade destes profissionais, o programa não conseguiu, nem mesmo, igualar a quantidade de cursos aos ofertados na categoria privada.

QUADRO 1 - Quantidade de cursos universitários de bacharelados, licenciaturas e tecnólogos presenciais e a distância nos anos de 2009 e 2019 nas organizações acadêmicas centro universitário, faculdade e universidade.

		2009			2019			
		Bacharelado	Licenciatura	Tecnológico	Bacharelado	Licenciatura	Tecnológico	
		CENTRO UNIVERSITÁRIO						
Modalidade	Presencial	PÚBLICO	61	16	14	61	12	3
		PRIVADO	2014	634	751	5081	749	1680
	A distância	PÚBLICO						
		PRIVADO	454	610	900	640	389	993
			FACULDADE					
	Presencial	PÚBLICO	208	186	89	114	59	293
		PRIVADO	5868	1805	1647	7933	1364	2300
	A distância	PÚBLICO					1	2
		PRIVADO	332	2291	4914	125	118	174
			UNIVERSIDADE					
	Presencial	PÚBLICO	3620	2701	377	4737	2772	294
		PRIVADO	3800	1227	1351	4487	845	1264
A distância	PÚBLICO	1114	2354	570	77	355	25	
	PRIVADO	5813	5608	9732	473	326	772	

Fonte: Adaptado de Silva, Bozzini e Lozano (2021, p. 408-409).

Esses dados evidenciam a contramão em que as IES caminham, em relação à carreira docente. Primeiramente, porque a partir da Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB), Lei nº 12.796, a formação do professor para atuar na educação básica passa ser exigida em nível superior; segundo, como demonstram os trabalhos de Peripato e Lozano (2021a, 2021b), ainda existem professores atuando nas escolas que não possuem essa formação, apesar de o Plano Nacional de Formação de Professores da Educação Básica (PARFOR), instituído em 2009, ter por objetivo oferecer essa formação aos que não a possuíam, mas estavam lecionando. Assim, o tema da formação docente, na realidade, é dado de forma bastante ambígua, evidenciando a diminuição da oferta de cursos de licenciatura ao mesmo tempo que ainda é possível observar profissionais em sala de aula sem a formação mínima posta em lei.

Além disso, Gatti (2010) discute sobre a ausência de políticas efetivas de valorização da carreira e do profissional docente, planos de carreira, melhores condições de trabalho nas escolas e outros fatores que tornem a profissão mais chamativa. Nesse sentido, Aranha e Souza (2013) apontam que “[...] se não forem modificadas as condições gerais da docência, para fazer dela uma carreira atrativa, há fortes indícios de que não teremos professores para atuar na universalização da educação básica.” (ARANHA; SOUZA, 2013, p. 80), o que fica evidente quando consideramos o volume

de cursos de licenciatura que deixaram de existir no país, provavelmente pela falta de demanda.

2. OS DADOS DO CENSO DA EDUCAÇÃO SUPERIOR

No site do INEP (INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA, 2022) é possível encontrar dois bancos de dados sobre informações mais detalhadas do ensino superior: as sinopses estatísticas que possuem dados desde o ano de 1995 e os microdados que estão disponíveis a partir do ano 2009. Cabe esclarecer que, no início do ano de 2022, todos os microdados disponibilizados pelo instituto passaram por revisão para atender às normas previstas na Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (BRASIL, 2018), sendo a partir de então alguns dados suprimidos.

Apesar disso, os estudos que utilizam esses bancos de dados ainda são valiosos, considerando sua importância, pois

Por meio do Censo, uma plataforma flexível que permite a busca de qualquer tipo de informação acadêmica, ao mesmo tempo que dá transparência sobre o que acontece nas instituições, amplia as possibilidades de uso dos dados acadêmicos tanto pelo MEC quanto pelas universidades e outras esferas de governo. Como base de dados padronizados, inclusive com códigos de integração, o Censo

elimina a possibilidade de equívocos de interpretação, aumenta a qualidade dos dados e permite análises comparativas intra ou interinstituições. (HOFFMANN; NUNES; MULLER, 2019, p. 6).

Sendo assim, tanto as sinopses quanto os microdados são importantes instrumentos para estudos, considerando que nesses bancos é possível encontrar todas as informações referentes às Instituições de Ensino Superior (IES), os discentes e os docentes. Por meio dos microdados, pode-se localizar *campus* específicos de Universidades, por exemplo, ingresso por meio de programas de reserva de vagas, apoios estudantis, assim como descrever e caracterizar o quadro docente e os cursos das IES tanto públicas como privadas.

Dessa forma, foram selecionados, a partir dos microdados do censo da educação superior dos anos de 2009 a 2020¹, no banco de dados referente aos cursos, as informações de: quantidade de inscritos, de vagas, matriculados, ingressantes e concluintes. Dentre essas informações, foi utilizado filtro no código da instituição – 7 (UFSCar), e no código do município – 3503307 (Araras), para obter somente os cursos do *campus* Araras da UFSCar, em especial os de licenciatura.

Para compilação dos dados foi utilizado o software estatístico *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS), e a partir do dicionário de variáveis estes foram organizados em tabelas para compor as análises tecidas neste capítulo.

3. AS LICENCIATURAS DA UFSCAR-ARARAS PELOS DADOS DO CENSO DA EDUCAÇÃO SUPERIOR

Historicamente, podemos observar que o *campus* da Universidade Federal de São Carlos, localizado na cidade de Araras, passou a fazer parte da instituição após a extinção do Instituto de Açúcar e Alcool em 1990, começando as atividades de ensino a partir de 1993 com a criação do curso de Bacharelado em Engenharia Agrônoma, ofertado em período integral com 50 vagas.

Por meio dos microdados do censo da educação superior, disponibilizados pelo INEP, é possível identificar a abertura do curso de Bacharelado em Biotecnologia no ano de 2006, em período integral, com a oferta de 25 vagas no vestibular. Posteriormente, em 2009, este curso amplia o número de vagas para 30 e no *campus* ocorre o início de mais quatro cursos: Bacharelado em Agroecologia, em período integral com 40 vagas; Licenciatura em Física, Licenciatura em Química e Licenciatura em Ciências Biológicas, todos no período noturno, com oferta de 40 vagas no vestibular.

¹ Até a finalização deste capítulo, o INEP não havia divulgado os dados do ano de 2021.

As mudanças que ocorreram a partir do ano de 2009 foram consequência da adesão da instituição ao Programa de Apoio a Planos de Reestruturação e Expansão das Universidades Federais (REUNI), estabelecido pelo Decreto nº 6.096 de 24 de abril de 2007, e o fim do vestibular ocorreu no ano de 2010, quando a Universidade aderiu ao Sistema de Seleção Unificada (SiSU) instituído pela Portaria Normativa nº 2, de 26 de janeiro de 2010.

Para iniciarmos nosso panorama histórico dos cursos de licenciatura do *campus*, a Quadro 2 dispõe dados sobre a quantidade de inscritos para cada curso no período analisado.

É fácil ver que o primeiro ano dos cursos não teve elevada procura, porém nos anos seguintes todos tiveram aumento da relação candidato por vaga, não sendo possível investigar com mais detalhes a razão, considerando apenas os microdados do censo, e também pelo fato de em 2010 os mesmos cursos fazerem parte da lista de instituições participantes do SiSU.

Assim, embora quando comparado com o primeiro ano do curso, o percentual de aumento é expressivo; se olharmos em relação aos últimos dez anos (2010 para 2020), temos as porcentagens de 98.5, 105 e 94 de ampliação na quantidade de inscritos nos cursos de Licenciatura em Química, Física e em Ciências Biológicas, porém pensando no período de 2016 até 2020 (últimos 5 anos), temos queda em torno de 27, 5.7 e 5.6 percentuais, respectivamente.

A Quadro 3 a seguir apresenta os dados da quantidade de vagas que foram ofertadas nas licenciaturas, sendo então possível analisar conjuntamente com a Quadro anterior a questão de aumento na relação de candidatos por vaga.

Considerando os três cursos, é possível verificar que o ano de 2012 foi o que apresentou o maior valor na relação candidato/vaga, sendo 18.8 na Licenciatura em Química, 12.1 na Licenciatura em Física e 25.4 na Licenciatura em Ciências Biológicas. Apesar disso, nos anos iniciais e nos últimos cinco investigados, essa razão é abaixo de 4 nos cursos de Licenciatura em Química e Física, e para o de Ciências Biológicas é maior, porém oscila mais tendo em média 6 candidatos por vaga.

Um ponto que não fica claro de analisar, considerando apenas os dados do censo da educação superior, é por que em alguns anos a quantidade de vagas oferecidas nos cursos aparece abaixo de 40 que são as vagas inicialmente propostas.

No entanto, cabe ressaltar que os dados apresentados na Quadro 3, a partir de 2014, são referentes à soma de vagas novas (42 em cada curso) e à quantidade de vagas remanescentes, o que impacta na relação de candidatos por vaga. Neste momento, é possível identificar a conformidade destes cursos, provenientes do REUNI, no que se refere a ocupar as vagas ociosas, tratado anteriormente.

Para pautar nossas discussões a este respeito, estão dispostas na Quadro 4 as quantidades de ingressantes em ca-

QUADRO 2 - Quantidade de inscritos nos cursos de Licenciatura em Física, Química e Ciências Biológicas da UFSCar-Araras no período de 2009 a 2020.

Ano	Licenciatura em Química	Licenciatura em Física	Licenciatura em Ciências Biológicas
2009	35	15	41
2010	140	113	251
2011	140	126	251
2012	790	509	1068
2013	686	465	818
2014	637	416	850
2015	622	419	838
2016	381	246	516
2017	287	235	555
2018	271	189	365
2019	308	208	465
2020	278	232	487

Fonte: Microdados do Censo da Educação Superior disponibilizados pelo INEP. Compilado pela autora.

QUADRO 3 - Quantidade de vagas nos cursos de Licenciatura em Física, Química e Ciências Biológicas da UFSCar-Araras no período de 2009 a 2020.

Ano	Licenciatura em Química	Licenciatura em Física	Licenciatura em Ciências Biológicas
2009	35	15	41
2010	40	40	40
2011	40	31	41
2012	42	42	42
2013	42	42	42
2014	77	62	58
2015	60	62	62
2016	116	100	84
2017	107	104	66
2018	116	83	124
2019	115	151	121
2020	162	123	54

Fonte: Microdados do Censo da Educação Superior disponibilizados pelo INEP. Compilado pela autora.

da um dos cursos de licenciatura da UFSCar, *campus* Araras. Segundo o dicionário de variáveis do censo da educação superior, o cálculo de ingressante é o valor da soma do número de alunos com data de ingresso de 1º de janeiro até 31 de dezembro do ano base até 2013, e de 1º de janeiro até 1º de julho a partir de 2014.

É notório que a quantidade de ingressantes nos cursos na maior parte dos anos não atinge o total de vagas ofertadas, ocorrendo apenas em 2011 nos três cursos, em 2012 na Li-

cenciatura em Física e, de 2010 a 2013, na Licenciatura em Ciências Biológicas.

Assim sendo, observa-se que a taxa de ocupação das vagas fica acima dos 100% apenas nesses três casos e nos demais anos chega a índices abaixo da metade. Para o curso de Licenciatura em Química, essa taxa começa decair a partir de 2013, no ano de 2015 demonstra pequena elevação – apresentando 70% das vagas ocupadas – e depois novamente diminui, sendo de apenas 27% no ano de 2020. E embora

QUADRO 4 - Quantidade de ingressantes nos cursos de Licenciatura em Física, Química e Ciências Biológicas da UFSCar-Araras no período de 2009 a 2020.

Ano	Licenciatura em Química	Licenciatura em Física	Licenciatura em Ciências Biológicas
2009	33	13	40
2010	39	31	41
2011	45	34	42
2012	41	42	52
2013	37	35	46
2014	44	16	41
2015	42	37	40
2016	44	41	47
2017	49	42	46
2018	43	42	43
2019	41	40	47
2020	44	42	43

Fonte: Microdados do Censo da Educação Superior disponibilizados pelo INEP. Compilado pela autora.

possamos pensar que este foi um ano pandêmico, o ingresso na universidade se deu antes do decreto oficial de isolamento, que foi em meados de março daquele ano.

Nesse sentido também ocorre a ocupação das vagas no curso de Licenciatura em Física, que consegue preencher em dois anos consecutivos (2011 e 2012), porém nos demais apresenta índices de ocupação decrescentes a partir de 2013, ocupando 34% de suas vagas em 2020. Por outro lado, o curso de Ciências Biológicas consegue no período de quatro anos uma taxa de ocupação elevada, e nos demais anos, apenas em 2018 e 2019 ficou abaixo dos 50%, apresentando em 2020 aproximadamente 80% de suas vagas ocupadas.

Para pautar mais nossa investigação em relação aos ingressantes, foram compilados os dados referentes à forma de ingresso nos cursos, sendo apresentada na Quadro 5 a quantidade de ingressantes por meio de processo seletivo, e na Quadro 6 a quantidade de ingressantes, em cada um dos cursos analisados, por outra forma. No dicionário de variáveis do censo da educação superior, podemos encontrar as informações que mostram a diferença entre esses dados, sendo os de ingresso por processo seletivo derivados da soma do número de alunos com data de ingresso de 1º de janeiro até 31 de dezembro até 2013, e de 1º de janeiro até 1º de julho a partir de 2014, por vestibular, Enem ou outros processos seletivos, e os por outra forma é dado por convênio PEC-G² ou outras formas.

² O convênio PEC-G é um Programa de Estudantes-Convênio de Graduação estabelecido em 1965 pelo Decreto nº 55.613, revogado posteriormente, em 2013, pelo Decreto nº 7.948, e “[...] destina-se à formação e qualificação de estudantes estrangeiros por meio de

Podemos observar, pelos dados da Quadro 6, que todas as licenciaturas do *campus* Araras da UFSCar possuem ingressantes provenientes de outras formas de ingresso, representando 7.5% da ocupação das vagas em 2017 no curso de Licenciatura em Química; aproximadamente 36% em 2012 e 24% em 2015 para a Licenciatura em Física e, na Ciências Biológicas, temos 31% em 2012, 12% em 2017 e 20.4% em 2020 dos seus ingressantes por outra forma.

Neste ponto, podemos retomar o art. 2º do Decreto nº 6.096, que instituiu o REUNI, e traz em uma de suas diretrizes a “[...] ocupação das vagas ociosas e aumento de vagas de ingresso, especialmente no período noturno.” (BRASIL, 2007, p. 28), a qual demonstra, e justifica, as diferentes formas de dados dispostos sobre os ingressos nas IES disponibilizadas no censo da educação superior, assim como revela como os cursos provenientes do REUNI atenderam às recomendações propostas para sua abertura e manutenção, para além do período de implementação deste.

Voltando para a ocupação das vagas ociosas, precisamos analisar não somente os ingressantes, mas também a quantidade de matrículas efetuadas nos cursos em cada ano. Para isso, a Quadro 7 a seguir dispõe estas informações.

oferta de vagas gratuitas em cursos de graduação em Instituições de Ensino Superior - IES brasileiras. Parágrafo único. O PEC-G constitui um conjunto de atividades e procedimentos de cooperação educacional internacional, preferencialmente com os países em desenvolvimento, com base em acordos bilaterais vigentes e caracteriza-se pela formação do estudante estrangeiro em curso de graduação no Brasil e seu retorno ao país de origem ao final do curso.” (BRASIL, 2013, n.p.).

QUADRO 5 - Ingressantes por meio de processo seletivo nos cursos de Licenciatura em Física, Química e Ciências Biológicas da UFSCar-Araras no período de 2009 a 2020.

Ano	Licenciatura em Química	Licenciatura em Física	Licenciatura em Ciências Biológicas
2009	33	13	40
2010	39	31	41
2011	45	34	42
2012	40	27	39
2013	32	27	41
2014	41	15	40
2015	40	22	39
2016	42	41	41
2017	41	41	38
2018	40	42	37
2019	40	40	39
2020	42	40	32

Fonte: Microdados do Censo da Educação Superior disponibilizados pelo INEP. Compilado pela autora.

QUADRO 6 - Ingresso por outra forma nos cursos de Licenciatura em Física, Química e Ciências Biológicas da UFSCar-Araras no período de 2009 a 2020.

Ano	Licenciatura em Química	Licenciatura em Física	Licenciatura em Ciências Biológicas
2009	0	0	0
2010	0	0	0
2011	0	0	0
2012	1	15	13
2013	0	0	0
2014	3	1	1
2015	2	15	1
2016	2	0	6
2017	8	1	8
2018	3	0	6
2019	1	0	8
2020	1	2	11

Fonte: Microdados do Censo da Educação Superior disponibilizados pelo INEP. Compilado pela autora.

Primeiramente, é possível observar que todos os cursos possuem evasão desde o início, pois a quantidade de matriculados, em especial nos primeiros anos, não corresponde ao total de vagas oferecidas nos cursos. Além disso, podemos identificar que, na Licenciatura em Química e Física, ocorre diferença em 2009 entre a quantidade de matriculados e ingressantes no curso.

Ademais, a Licenciatura em Física, além de ser o curso com menor quantidade de alunos, possui declínio no número de matriculados a partir de 2017, e a Química em

2019 com relação a 2018. O curso de Licenciatura em Ciências Biológicas possui, entre os anos de 2014 e 2017, uma manutenção da quantidade de discentes em seu curso e volta a apresentar aumento a partir de 2018.

Logo, os dados da Quadro 7 demonstram a contramão na qual estes cursos caminharam, em relação ao disposto no inciso I do art. 2º do Decreto nº 6.096 que apresentava a diretriz da redução das taxas de evasão.

Certamente que, quando falamos em evasão, devem ser considerados inúmeros fatores para que o estudante deixe

QUADRO 7 - Quantidade de matrículas nos cursos de Licenciatura em Física, Química e Ciências Biológicas da UFSCar-Araras no período de 2009 a 2020.

Ano	Licenciatura em Química	Licenciatura em Física	Licenciatura em Ciências Biológicas
2009	32	11	40
2010	59	26	74
2011	69	40	96
2012	82	55	126
2013	96	64	150
2014	122	68	174
2015	132	80	175
2016	135	86	174
2017	153	102	175
2018	161	87	179
2019	159	86	185
2020	171	88	191

Fonte: Microdados do Censo da Educação Superior disponibilizados pelo INEP. Compilado pela autora.

de frequentar um determinado curso, entre eles temos: falecimento, transferência para outra IES, transferência de curso na mesma IES, desistência, entre outros. A desistência também ocorre por diversas razões como: falta de afinidade com o curso, com o *campus* ou professores e colegas de turma; necessidade de trabalhar; retorno para sua cidade natal; ausência de condições de permanência – este, diretamente ligado ao discutido sobre os recursos de auxílios provenientes do PNAES, como bolsa moradia, alimentação, etc. Assim, apenas pelos dados do censo não temos como dissertar sobre as razões pelas quais os alunos não permanecem nos cursos de licenciatura ofertados na UFSCar em Araras.

Uma questão que podemos salientar é que as três licenciaturas ocorrem no período noturno, e anteriormente a 2009 o *campus* não tinha atividades neste período, o que demandou infraestrutura para melhorar a iluminação, contratação de pessoal, construção de prédios de salas de aula e laboratórios – pois, apesar da existência de alguns, outros se faziam necessários para atender toda a demanda.

Novamente, como anteriormente apontado, na realidade o que foi vivenciado foram as consequências do objetivo que seria atingido pelo “[...] melhor aproveitamento da estrutura física e de recursos humanos existentes.” (BRASIL, 2007, p. 28), pois os professores concursados programados não foram contratados, em virtude do corte de verbas entre 2011 e 2012, tendo substitutos em seus lugares; os prédios para alocar os novos docentes, assim como laboratórios e salas de aulas, só foram concluídos em meados de 2012, ou seja, após três anos de início dos cursos, sendo consequência direta dos recursos para o REUNI estarem vinculados às dotações do Ministério da Educação.

Por fim, dispomos na Quadro 8 a quantidade de concluintes nos três cursos, para podermos analisar a meta global do REUNI de elevação da taxa de conclusão média.

Inegavelmente, os dados da Quadro 8 revelam que os cursos de licenciatura do *campus* Araras não possuem uma quantidade expressiva de egressos, sendo notório que para eles, apesar de ser totalmente fora da realidade como discutido na introdução deste capítulo, a taxa de conclusão proposta como meta global do REUNI não é atingida.

A princípio podemos verificar que a Licenciatura em Física é o curso com menor quantidade de formandos, não tendo egresso de sua primeira turma de 2009, ou seja, todos os matriculados evadiram do curso, ou não conseguiram se formar no prazo mínimo de 5 anos do curso. Se considerarmos a relação entre o ano de conclusão com os ingressantes 5 anos antes, a maior taxa para este curso é de 37.5% (2018 em relação aos ingressantes em 2014).

A Licenciatura em Química formou aproximadamente 27% de alunos que ingressaram em sua primeira turma, e o período de menor egressos no curso ocorreu em 2016, sendo a relação entre concluintes e ingressantes de 9.8% (considerando os concluintes de 2016 com os ingressantes em 2012). Ademais, o curso também apresenta uma taxa de conclusão abaixo do 50% em todos os anos investigados, quando consideramos o aluno que conseguiu se formar no tempo estimado de curso, que são 5 anos.

Por outro lado, o curso de Licenciatura em Ciências Biológicas possui um volume de egressos maior que os demais, apresentando a relação entre o ano de conclusão e os ingressantes 5 anos antes, acima de 50% em quatro anos (2015, 2016, 2018 e 2019), próximo de 50% em 2014 e 2020, e so-

QUADRO 8 - Quantidade de concluintes nos cursos de Licenciatura em Física, Química e Ciências Biológicas da UFSCar-Araras no período de 2009 a 2020.

Ano	Licenciatura em Química	Licenciatura em Física	Licenciatura em Ciências Biológicas
2013	9	0	13
2014	11	2	19
2015	16	1	24
2016	4	12	29
2017	15	7	19
2018	15	6	24
2019	14	5	24
2020	16	5	23

Fonte: Microdados do Censo da Educação Superior disponibilizados pelo INEP. Compilado pela autora.

mente na primeira turma sua taxa ficou abaixo dos 40% (calculada em aproximadamente 32%).

Do mesmo modo que discutido anteriormente, somente pelos dados do censo da educação superior não é possível inferirmos sobre as razões dos alunos que ingressam nos cursos não o concluírem após os cinco anos, porém conseguimos saber que, pelos dados, estes cursos não conseguiram atingir os pontos que eram objetivos ou metas do REUNI para os quais foram criados.

Apesar disso, não podemos negar que a abertura e manutenção dos cursos de licenciatura é uma demanda constante e contínua, em especial nas instituições públicas de ensino superior, se temos como pretensão a universalização do direito à educação de qualidade para todos.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Quando foi lançado o REUNI no governo do presidente Luiz Inácio Lula da Silva, parecia que a histórica reivindicação por acesso à educação superior nas instituições públicas iria ser atendida, ainda mais quando consideramos, também implementados no governo do PT, o programa PNAES e o sistema SiSU.

Porém, como destacam diversos autores, o programa de reestruturação nada mais foi do que atender a exigências de organismos internacionais, como as do Banco Mundial, que caminharam no sentido de materializar, cada vez mais, o neoliberalismo no país, e tornaram a educação, pouco a pouco, uma mercadoria a ser explorada.

As Licenciatura em Química, Física e Ciências Biológicas analisadas neste capítulo são provenientes da adesão da UFSCar ao REUNI. São cursos noturnos em um *campus* no qual já havia laboratórios e pessoal, tanto efetivo como terceirizado, que poderiam fazer parte do quadro na abertura dos novos cursos, sem impactar nos custos da instituição. No entanto, apesar de o funcionamento neste período

possibilitar a utilização dos espaços já existentes, demandou outros encargos, como a questão de energia e água, por exemplo, anteriormente não necessários durante a noite, quando não havia funcionamento dos cursos, logo, sem docentes e discentes.

Pelo histórico, traçado a partir dos microdados do censo da educação superior disponibilizados pelo INEP, foi possível verificar que os cursos de Licenciatura em Química, Física e Ciências Biológicas apresentam uma quantidade de egressos baixa, além de não conseguirem ocupar suas vagas ociosas, dois pontos proposto na formulação do REUNI.

Assim, o que vemos determinado no decreto não se cumpriu a partir da realidade posta às IFES, em especial ao Centro de Ciências Agrárias da UFSCar, que muito provavelmente precisou lidar com a demanda orçamentária reduzida – considerando o repasse do REUNI estar vinculado a dotações orçamentárias do Ministério da Educação e o teto de gastos imposto pela Emenda Constitucional 95 em 2016 – em meio à abertura de quatro novos cursos que demandou maiores gastos.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARANHA, A. V. S.; SOUZA, J. V. A. As licenciaturas na atualidade: nova crise? **Educar em Revista**, Curitiba, v. 50, p. 69-87, 2013. <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-40602013000400006>.
- BRASIL. Decreto nº 6.096, de 24 de abril de 2007. Institui o Programa de Apoio a Planos de Reestruturação e Expansão das Universidades Federais – REUNI. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 25 abr. 2007. Seção 1, p. 7. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/sesu/arquivos/pdf/diretrizesreuni.pdf>>. Acesso em: 16 ago. 2022.
- BRASIL. Decreto nº 7.234, de 19 de julho de 2010. Dispõe sobre o Programa Nacional de Assistência Estudantil – PNAES. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 20 jul.

2010. Seção 1, p. 5. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/decreto/d7234.htm>. Acesso em: 16 ago. 2022.
- BRASIL. Decreto nº 7.948, de 12 de março de 2013. Dispõe sobre o Programa de Estudantes-Convênio de Graduação – PEC-G. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 13 mar. 2013. Seção 1, p. 3. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2013/decreto/d7948.htm>. Acesso em: 19 ago. 2022.
- BRASIL. Lei nº 13.709, de 14 de agosto de 2018. Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD). **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 14 ago. 2018. Edição Extra de 15/08/2018, p. 59, col. 2. Disponível em: <<https://www.administracao.go.gov.br/files/13-07LEIN13709.pdf>>. Acesso em: 08 mar. 2023.
- CISLAGHI, J. F.; SILVA, M. T. O Plano Nacional de Assistência Estudantil e o Reuni: ampliação de vagas versus garantia de permanência. **SER Social**, Brasília, v. 14, n. 31, p. 489-512, 2012.
- GATTI, A. B. Formação de professores no Brasil: características e problemas. **Educação e Sociedade**, Campinas, v. 31, n. 113, p. 1355-1379, 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-73302010000400016>.
- HOFFMANN, I. L.; NUNES, R. C.; MULLER, F. M. As informações do Censo da Educação Superior na implementação da gestão do conhecimento organizacional sobre evasão. **Gestão & Produção**, São Carlos, v. 26, n. 2, p. e2852, 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/0104-530x-2852-19>.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA – INEP. Brasília. 2022. Disponível em: <<https://www.gov.br/inep/pt-br/acesso-a-informacao/dados-abertos/microdados/censo-da-educacao-superior>>. Acesso em: 17 maio. 2021.
- LIMA, K. R. S. REUNI e Banco de Professor Equivalente: novas ofensivas da contra-reforma da educação superior brasileira no governo Lula da Silva. **Universidade e Sociedade**, Brasília, v. 17, n. 41, p. 69-77, 2008.
- LOZANO, D. et al. Tendências neoliberais nas reformas e no financiamento do ensino superior brasileiro no início do século XXI. **Educere et Educare**, Cascavel, v. 15, n. 36, 2020. <http://dx.doi.org/10.17648/educare.v15i36.24409>.
- MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO – MEC. Portaria Normativa nº 39, de 12 de dezembro de 2007. Institui o Programa Nacional de Assistência Estudantil – PNAES. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 13 dez. 2007. Seção 1, p. 39. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/arquivos/pdf/portaria_pnaes.pdf>. Acesso em: 12 jul. 2022.
- NOGUEIRA, C. M. M. et al. Promessas e limites: o Sisu e sua implementação na Universidade Federal de Minas Gerais. **Educação em Revista**, Belo Horizonte, v. 33, p. e161036, 2017. <http://dx.doi.org/10.1590/0102-4698161036>.
- PERIPATO, D. P.; LOZANO, D. Limites, avanços e perspectivas à formação do professor de matemática após 10 anos de PARFOR. In: SEMINÁRIO SUL-MATO-GROSSENSE DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 14., 2021a, Pioneiros. **Anais... Pioneiros**: Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, 2021. p. 1-2. Disponível em: <<https://periodicos.ufms.br/index.php/sesemat/article/view/13341>>. Acesso em: 30 ago. 2022.
- PERIPATO, D. P.; LOZANO, D. Política de formação de professores sob a égide neoliberal: uma análise do PARFOR a partir do censo da educação superior. In: CONGRESSO NACIONAL DE FORMAÇÃO DE PROFESSORES, 5., CONGRESSO ESTADUAL PAULISTA SOBRE FORMAÇÃO DE EDUCADORES, 15., 2021. **Anais... São Paulo**: Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, 2021b, v. 1, p. 435-447. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/234666>>. Acesso em: 15 jul. 2022.
- SILVA, G. B. R.; BOZZINI, I. C. T.; LOZANO, D. Os cursos de graduação pela ótica dos censos do ensino superior dos anos 2009 e 2019. In: CONGRESSO NACIONAL DE FORMAÇÃO DE PROFESSORES, 5., CONGRESSO ESTADUAL PAULISTA SOBRE FORMAÇÃO DE EDUCADORES, 15., 2021. **Anais... São Paulo**: Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, 2021, v. 1, p. 402-413. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/234666>>. Acesso em: 15 jul. 2022.
- STROBEL NETO, W. Política de educação superior e formação de professores no século XXI: dilemas e perspectivas. In: STROBEL NETO, W.; ALMEIDA, M. L. P. (Ed.), **Políticas de educação superior e formação de professores**: (de)lineamentos de uma construção coletiva para o curso de pedagogia. Campinas: Mercado de Letras, 2017. p. 65-96.
- TONEGUTTI, C. A.; MARTINEZ, M. O REUNI e a precarização nas IFES. **Universidade e Sociedade**, Brasília, v. 17, n. 41, p. 51-67, 2008.
- ZAGO, J. O. L. Expansão de vagas na Educação Superior no Brasil: uma política de Estado, de governo ou de mercado? **Práxis Educativa**, Ponta Grossa, v. 9, n. 1, p. 91-116, 2014. <http://dx.doi.org/10.5212/PraxEduc.v9i1.0005>.

Biossorventes de resíduos agroindustriais: potencial estratégia para remoção de contaminantes de águas

Biosorbents from agroindustrial residues: a potential strategy for the removal of contaminants in water

Elma Neide Vasconcelos Martins Carrilho^{1,2} 
Priscila Aparecida Milani² 

¹Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Departamento de Ciências da Natureza, Matemática e Educação, Laboratório de Materiais Poliméricos e Biossorventes, Araras, SP, Brasil. elma.martins@ufscar.br

²Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Laboratório de Materiais Poliméricos e Biossorventes, Araras, SP, Brasil. priapmilani@gmail.com

RESUMO Resíduos industriais e urbanos atingem os efluentes causando acúmulo de substâncias tóxicas em águas. Estas práticas comprometem os ambientes aquáticos e causam escassez dos recursos hídricos. Devido à essa preocupação ambiental, biossorventes preparados a partir de resíduos agroindustriais, como bagaço de cana-de-açúcar e levedura, são utilizados na remediação e tratamento de corpos d'água. Esses materiais são abundantes, de baixo custo, amplamente disponíveis e possuem alta capacidade de remover poluentes químicos de águas. Dada a biodiversidade do Brasil e seu potencial na produção de biomassa, a aplicabilidade destes materiais como biossorventes para remoção de substâncias químicas do meio aquoso vem crescendo como uma alternativa promissora aos métodos tradicionais. Neste contexto, o Grupo de Biossorventes do Laboratório de Materiais Poliméricos e Biossorventes – Lab-MPB, do Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal de São Carlos – UFSCar, do *campus* de Araras, vem desenvolvendo, nos últimos 10 anos, biossorventes preparados de resíduos da agroindústria, em processos de despoluição de águas e efluentes, atribuindo valor comercial a estes materiais, aplicando e divulgando os benefícios da Economia Circular. Neste grupo de pesquisa, um dos biossorventes preparado com biomassa de bagaço de cana-de-açúcar, resíduo gerado no processamento da cana em usinas de etanol e açúcar, tem apresentado resultados muito promissores e ganhado destaque na mídia após publicações de trabalhos em periódicos indexados. Este material tem sido utilizado em suas formas *in natura* e modificada com nanopartículas ferromagnéticas, visando a remoção de íons metálicos potencialmente tóxicos, hormônios, fármacos e corantes do meio aquoso. Neste capítulo são apresentados os trabalhos realizados e publicados nos últimos cinco anos pelo grupo de pesquisa com uma breve abordagem sobre a temática descontaminação de águas e o emprego de biossorventes para remoção de poluentes aquáticos.

Palavras-chave: Biossorção; Descontaminação de águas; Remediação de águas; Tratamento de águas.



Este é um capítulo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença [Creative Commons Attribution](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

ABSTRACT Industrial and urban waste reaches the effluents generating the accumulation of toxic substances in watercourses. These practices compromise aquatic environments and cause a shortage of water resources. Due to this environmental concern, biosorbents prepared from agro-industrial residues, such as sugarcane bagasse and yeast, are used in the remediation and treatment of water bodies. These materials are abundant, low cost, widely available, and present a high capacity to remove chemical pollutants from water. Given Brazil's biodiversity and its potential for biomass production, the applicability of these materials as biosorbents for removing chemical substances from the aqueous medium has been growing as a promising alternative to traditional methods. In this context, the Biosorbents Group of the Laboratory of Polymeric Materials and Biosorbents – Lab-MPB, of the Agricultural Sciences Center (CCA) – Federal University of São Carlos – UFSCar, in Araras, has been developing, over the last ten years, biosorbents prepared from agro-industry waste, for water and effluent decontamination, attributing commercial value to these materials, applying and disseminating the benefits of the Circular Economy. In this research group, one of the biosorbents prepared with sugarcane bagasse biomass, a residue generated in sugarcane processing for ethanol and sugar production, has shown promising results and gained notability in the media after publications in high-scientific quality journals. This material has been used in *in natura* form and modified with ferromagnetic nanoparticles, aiming to remove potentially toxic metal ions, hormones, drugs, and dyes in water. This chapter presents the research group's work developed and published in the last five years, with a brief approach to water decontamination and the use of biosorbents to remove aquatic pollutants.

Keywords : Biosorption; Water decontamination; Water remediation; Water treatment.

1. INTRODUÇÃO

O impacto causado no meio ambiente pelas atividades humanas está relacionado ao consumo, exploração de matérias-primas e geração de resíduos tóxicos. Com isso, os resíduos industriais e urbanos atingem os efluentes causando acúmulo de substâncias tóxicas em águas, o que é nocivo aos seres vivos. Estas práticas são consideradas como um mau uso dos recursos hídricos, comprometendo a qualidade e provocando escassez de água.

Em virtude deste problema ambiental, visando o tratamento e recuperação de ambientes aquáticos contaminados, biossorbentes preparados a partir de resíduos agroindustriais (bagaço da cana-de-açúcar e leveduras, por exemplo) são empregados na remediação e tratamento de corpos d'água. Estes materiais possuem alta taxa de renovação na natureza, baixo custo de obtenção, são abundantes, amplamente disponíveis e apresentam elevada capacidade de remoção de poluentes químicos do meio aquoso. Nesse contexto, esta metodologia emergente, eficaz e ambientalmente amigável de descontaminação de águas é denominada biossorção, se fundamentando nos mecanismos de adsorção química e física através de uma matriz de origem biológica.

O emprego de materiais biológicos vivos ou inativados para remoção e/ou degradação de contaminantes orgânicos e inorgânicos tem sido bastante difundido na literatura mundial. Dada a biodiversidade do Brasil e seu potencial na pro-

dução de biomassa, a aplicabilidade destes materiais como biossorbentes para remoção de substâncias químicas de águas vem crescendo como uma alternativa promissora aos métodos tradicionais. Com esta perspectiva, o Grupo de Biossorbentes do Laboratório de Materiais Poliméricos e Biossorbentes – Lab-MPB, do Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal de São Carlos – UFSCar, *campus* Araras, vem desenvolvendo, nos últimos 10 anos, biossorbentes preparados de resíduos da agroindústria, em processos que atribuem valor comercial a estes materiais, aplicando e divulgando os benefícios da Economia Circular.

2. POLUIÇÃO DE CORPOS HÍDRICOS

A água limpa e segura é um recurso indispensável para a vida e um direito de todos. No entanto, ao longo dos anos, o impacto das atividades humanas no meio ambiente tem prejudicado a qualidade da água, devido à poluição associada ao consumo e à extração de matérias-primas (ABILIO et al., 2021; MILANI et al., 2018a). Indústrias que, na maioria das vezes, não tratam seus rejeitos, costumam os descartar indevidamente nos corpos d'água, principalmente a agroindústria, que utiliza agroquímicos em altas concentrações. Estes, por sua vez, são lixiviados para os rios, lagos, mares e lençóis freáticos, gerando resíduos tóxicos ao meio ambiente, como os altos níveis de nitrato em água, por exem-

plo, que podem trazer danos à saúde associados a problemas no transporte de oxigênio do sangue (JAYASWAL; SAHU; GURJAR, 2018; MATEO-SAGASTA, et al., 2017; WHO; UNICEF, 2021).

Agroquímicos como herbicidas, inseticidas, fungicidas e bactericidas, incluindo organofosforados, carbamatos, piretróides, pesticidas organoclorados, entre outros, são atualmente proibidos na maioria dos países, mas ainda são usados de forma ilegal, causando degradação do ambiente devido a seus efeitos bioacumulativos (HALDER; ISLAM, 2015; FIDELES et al., 2018). Outras substâncias de produtos de limpeza, farmacêuticos e de higiene pessoal, biocidas, íons metálicos potencialmente tóxicos, corantes, radionuclídeos, plásticos, nanopartículas e patógenos estão entre os poluentes de grande preocupação que comprometem os ambientes aquáticos (ALDALBAHI et al., 2021; VILLARÍN; MEREL, 2020).

As mudanças climáticas estão ocasionando eventos adversos extremos que elevam a temperatura do planeta e temos visto uma progressiva escassez de recursos hídricos e um aumento de poluentes nocivos em fontes de água doce (UNICEF, 2022). Essa degradação ambiental levanta questões preocupantes relativas à qualidade da água que consumimos, especialmente entre os mais vulneráveis, já que bilhões de pessoas em todo o mundo continuam a enfrentar problemas de acesso limitado à água, ao saneamento e à higiene pessoal, que deveriam ser direitos fundamentais de todos os seres humanos. Ao contrário, cerca de 1 em cada 4 pessoas (2 bilhões) no mundo não dispõe de água potável e 3,6 bilhões não têm saneamento básico adequado (WHO; UNICEF, 2021; UNICEF, 2022).

Dentre os inúmeros contaminantes frequentemente reportados em corpos hídricos, os metais potencialmente tóxicos, fármacos, resíduos de medicamentos, agrotóxicos, corantes, óleos e microplásticos são os grandes vilões devido à toxicidade associada a eles.

3. MÉTODOS DE DESPOLUIÇÃO DE ÁGUAS

Para o abastecimento em boas condições de uso nas residências e indústrias, seguindo as normas do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, a água passa por processos que visam eliminar tanto os resíduos sólidos quanto os contaminantes orgânicos e inorgânicos. Atualmente, a água que chega em nossas casas é previamente tratada na Estação de Tratamento de Água – ETA, usando métodos convencionais aplicados em águas de rios, reservatórios ou poços, por floculação, decantação, filtração, correção de pH, desinfecção (cloração) e fluoretação (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, 2012; METCALF; EDDY, 2015).

Por outro lado, o tratamento de esgoto é mais complexo e também visa proteger a saúde pública e ambiental. O esgoto bruto não tratado é séptico e a decomposição de seu conteúdo orgânico leva a condições desagradáveis, produzindo ga-

ses fétidos, além de contaminar lagos, rios e represas. As Estações de Tratamentos de Esgotos – ETE fazem o tratamento de esgoto público, residencial e industrial por meio de processos físicos, químicos e biológicos, para remoção de espécies contaminantes. Primeiramente, por processos unitários físicos, são removidos os sólidos flutuantes e sedimentáveis. Em seguida, aplicando processos unitários químicos e biológicos, grande parte da matéria orgânica é removida e ocorre a desinfecção (METCALF; EDDY, 2015).

Segundo o CONAMA (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, 2012), os efluentes da agricultura e da indústria devem ter seus próprios tratamentos. No Brasil, assim como em outros países, a legislação ambiental regulamenta o descarte de resíduos líquidos e sólidos com o objetivo de reduzir a produção da carga poluidora no meio ambiente. No entanto, ainda existem empresas, geralmente clandestinas, que não realizam qualquer tipo de tratamento de seus efluentes. Já aquelas que o fazem, normalmente empregam o processo físico-químico de coagulação-floculação (tradicionalmente conhecido), adsorção com carvão ativado, assim como os processos oxidativos avançados (POAs) e biológicos, com a utilização de microrganismos (BUSS et al., 2015).

A adsorção usando carvão ativado (CA) tem sido amplamente utilizada para remover poluentes orgânicos e inorgânicos devido à grande área superficial específica deste material, sua alta adsorção e reatividade (SOUSA et al., 2015). Nesta técnica, os poluentes do efluente são adsorvidos na superfície do CA por um processo que pode ser reversível ou não, associado a propriedades químicas e físicas dos contaminantes e do material adsorvente.

Os POAs têm sido aplicados como uma alternativa para a descontaminação de águas residuárias de indústrias (incluindo agroindústrias), por exemplo, envolvendo ozonização, oxidação, tratamentos foto-fenton (LABUTO et al., 2017; VORONTSOV, 2019; OLLER; MALATO, 2021) e com radiação ultravioleta (JIMÉNEZ et al., 2019; LI et al., 2019) e fotocatalise (GE et al., 2021; FAZAL et al., 2020). Os POAs têm como princípio a geração de radicais hidroxila ($\bullet\text{OH}$), com alto poder oxidante de substâncias orgânicas que promovem a remoção de poluentes. Este processo é vantajoso por seu alto potencial de oxidação mas apresenta a desvantagem de ter um elevado custo de instalação e manutenção (SOUSA et al., 2015; ARAÚJO et al., 2016; SOUZA et al., 2019).

Nos processos biológicos se aplica a técnica da biorremediação, na qual microrganismos são utilizados para degradação de poluentes. Esse processo é feito em espaços devidamente preparados para receber efluentes com resíduos tóxicos. Dessa forma, poluentes químicos são convertidos em substâncias não tóxicas (SARATALE et al., 2011).

Em geral, estes processos de tratamento de águas e efluentes em larga escala não contemplam a remoção eficaz de uma grande parte dos contaminantes. Deste modo, tecnologias promissoras e de baixo custo devem ser propostas pa-

ra atingir resultados satisfatórios de remoção destas espécies de ambientes aquosos.

4. MÉTODO ALTERNATIVO PARA REMOÇÃO DE CONTAMINANTES – BIOSSORÇÃO

A bioissorção é um fenômeno passivo no qual a biomassa é utilizada em sua forma inativa para a remoção de contaminantes orgânicos e inorgânicos, normalmente de sistemas aquosos, com aplicações para tratamento de águas e efluentes (LABUTO; CARRILHO, 2016). Este processo é caracterizado pela interação de grupos funcionais presentes na composição de materiais de origem biológica com contaminantes ou produtos químicos de interesse, em meio aquoso, por fenômenos como adsorção, quelação, troca iônica, microprecipitação ou complexação (VOLESKY, 2004). Diferentes tipos de materiais têm sido estudados e utilizados para bioissorção, como algas, fungos, leveduras, bactérias, raízes e resíduos da indústria alimentícia e agrícola (VOLESKY; HOLAN, 1995; CARRILHO et al., 2000; CARRILHO et al., 2002; CARRILHO et al., 2003; JOSÉ et al., 2019; ABILIO et al., 2021; OLIVEIRA et al., 2021; SOARES et al., 2023).

Entre os possíveis destinos para a biomassa após sorção, temos a incineração, encapsulamento em concreto ou armazenamento em aterros (WASE; FORSTER, 1997). Isso significa que a aplicação de metodologias ecologicamente corretas para tratamento e destinação de biomassa contendo contaminantes ou substâncias químicas de interesse é objeto de pesquisas e pode levar ao desenvolvimento de métodos mais adequados para a disposição de resíduos, permitindo a recuperação mais limpa e eficaz de espécies de interesse econômico.

Considerando a potencialidade, a diversidade e as vantagens do uso de biomassas para a remoção de poluentes do meio aquoso, essa pode ser uma eficaz estratégia tecnológica, industrial e comercial, ambientalmente amigável, para impulsionar a bioeconomia em todo o mundo.

Bioissorventes

O uso da biomassa como bioissorvente para o tratamento de águas e efluentes contaminados tem despertado o interesse da comunidade científica mundial devido à sua abundância e fácil acesso, baixo custo, grande variedade de sítios ativos disponíveis para adsorver espécies químicas, promovendo excelente capacidade de sorção e seletividade (LABUTO; CARRILHO, 2016). Estes materiais podem ser utilizados em suas formas ativadas (biológicos vivos), desativadas ou organismos mortos, apresentando capacidade de remoção semelhante à de materiais sintéticos e menor propensão à interferência de metais alcalinos e alcalino-terrosos, quando comparados às resinas de troca iônica (MADRID; CÁMARA, 1997). Podem ser facilmente usados de forma contínua ou em sistemas de leito fixo (CARRILHO et al., 2003).

O bioissorvente pode ser aplicado de forma ativa ou inativado, de acordo com os contaminantes ou substâncias químicas de interesse, além da necessidade, ou não, de ação metabólica de organismos vivos para retenção, bioacumulação ou biotransformação dos produtos químicos. Assim, é possível elencar os mecanismos de bioacumulação, biodegradação e biotransformação que precisam da intervenção metabólica para ocorrer (os principais organismos utilizados são algas, fungos, leveduras, bactérias e plantas – sendo que para este último o processo é conhecido como fitorremediação), e também da bioissorção, pela retenção física e química de contaminantes por meio do uso de biomassas para a promoção da biorremediação dos sistemas contaminados (FOMINA; GADD, 2014; LABUTO; CARRILHO, 2016).

O uso de bioissorventes de materiais inativados ou mortos tem como vantagens os fatos de não ser necessário manter as condições bióticas, da sorção dos analitos ser independente do metabolismo, da toxicidade do contaminante não ser um problema para a manutenção do bioissorvente, de ser possível realizar um controle mais preciso da quantidade de contaminantes adsorvidos e da facilidade na desorção destes, da possibilidade de melhorar as propriedades de sorção através do método de inativação e do potencial perigo para a saúde ser reduzido, mesmo quando são utilizados organismos patogênicos (VOLESKY; HOLAN, 1995; LABUTO; CARRILHO, 2016). No entanto, antes da aplicação de bioissorventes é importante estabelecer uma destinação final adequada ao resíduo contaminado, o que pode envolver até mesmo a recuperação de metais de interesse comercial, transformando um passivo em um ativo ambiental.

Estudos indicam que o Brasil é o país com maior consumo per capita de biomassa, dentro de um universo de 186 países, entre 1998 e 2008, com nível superior a 10 toneladas per capita (LABUTO; CARRILHO, 2016). Essa enorme quantidade de biomassa também reflete a produção de matérias-primas de origem animal e vegetal que são produzidas e depois exportadas pelo Brasil para diversos países. A produção de biomassa brasileira, estimada em toneladas/ano para 2013, levando em consideração apenas o agronegócio com base na safra 2009/10, foi de 334 milhões para bagaço de cana-de-açúcar, 822 mil para levedura seca, 4,3, 48,9 e 171,8 milhões para palhas de arroz, de milho e de soja, respectivamente (FERREIRA-LEITÃO et al., 2010). Embora parte desses resíduos seja consumida no país para produção de energia e de biocombustíveis, sendo o Brasil o maior produtor de energia de fontes renováveis em todo o mundo, em bioissorção a biomassa é normalmente utilizada em seu estado natural, sem qualquer adição de valor ou estudo de novas aplicações para a mesma.

O Quadro 1 apresenta alguns tipos de resíduos agroindustriais empregados como bioissorventes para remoção de uma variedade de contaminantes de águas, que são encontrados na literatura.

QUADRO 1 - Resíduos agroindustriais usados como biossorventes para remoção de contaminantes do meio aquoso

Resíduos agroindustriais	Contaminantes	Referências
Casca de soja modificada	Cloroquina	VIDOVIX et al. (2022)
	Diclofenaco de potássio	DE SOUZA et al. (2022)
Casca de amendoim	Corante de Eosina	SRISAMAI et al. (2022)
Carvão de resíduos de levedura da indústria sucroalcooleira	Ibuprofeno e Cafeína	LABUTO et al. (2022)
	Inseticida Tiametoxam	RAMOS et al. (2022)
	Dipirona	MODESTO et al. (2021)
Raiz de alface hidropônica	Cr(VI)	SOARES et al. (2023)
	Cr(III) e Cr(VI)	GABRIEL et al. (2021)
	Fe(II), Zn(II), Mn(II) e Cu(II)	MILANI et al. (2018a); MILANI et al. (2018b)
Carvão ativado de resíduo de macaúba	Herbicida Atrazina	VIEIRA et al. (2021)
Casca de arroz, semente de abóbora e fibra de coco	Ni(II), Zn(II) e Cu(II)	TOKAY, AKPINAR (2021)
Resíduos do fruto de carnaúba	Pb(II) e Cd(II)	OLIVEIRA et al. (2021)
Carvão ativado de caroço de abacate	3-aminofenol e resorcinol	SELLAOUI et al. (2021)
Bagaço de cana-de-açúcar da indústria sucroalcooleira	Cr(III) e Cr(VI)	BERETTA et al. (2021)
	Cr(VI)	ABILIO et al. (2021)
	Cu(II)	CARVALHO et al. (2020)
	Fe(II), Zn(II), Mn(II) e Cu(II)	MILANI et al. (2018a); MILANI et al. (2018b)
Resíduo da raiz de <i>Mondia whitei</i>	Antirretrovirais	KEBEDE et al. (2020)
Carvão ativado de palha, sabugo e amido de milho	Pesticida Triazina	SUO et al. (2019)
Caroço de tâmaras	Corantes têxteis	WAKKEL, KHIARI, ZAGROUBA (2019)
Resíduos de hastes de cogumelos shiitake e champignon	17 α -etinilestradiol e Paracetamol	DE JEUSUS MENK et al. (2019)
Levedura da indústria sucroalcooleira	Óleos	DEBS et al. (2019a); CORDONA et al. (2019)
	17 α -etinilestradiol e estrona	DEBS et al. (2019b)
	Cu(II)	JOSÉ et al. (2019)
	Corantes têxteis	LABUTO et al. (2018); BEZERRA et al. (2023)
Sabugo de milho nanomodificado	Cd(II) e Ni(II)	HERRERA et al. (2018)
Casca de macadâmia	Cr(VI)	CHWASTOWSKI et al. (2017)
Casca de eucalipto, sabugo de milho, fibra de bambu e casca de arroz	Herbicida Atrazina e Inseticida Imidacloprida	MANDAL, SINGH, NAIN (2017)
Nanopartículas de casca de arroz	Ácido 2,4-diclorofenoacético	ABIGAIL, CHIDAMBARAM (2016)
Carvão ativado de resíduos de café e casca de amêndoas	Metronidazol, Dimetridazol e Diatrizoato	FLORES-CANO et al. (2016)
Caroço de azeitona	Cd(II)	MOUBARIK, GRIMI (2015)
Caules de grama Alfa	Corante azul de metileno	TOUMI et al. (2015)
Fibra de bambu	Bisfenol-A	HARTONO et al. (2015)

Fonte: Acervo das autoras, 2022.

Mecanismos de biossorção

A biossorção de metais potencialmente tóxicos e substâncias orgânicas ocorre devido às interações entre o contaminante e os grupos funcionais, tais como hidroxilas, carboxi-

las, sulfatos, fosfatos, grupos amino e amidas da superfície do biossorvente, realizadas de forma relativamente rápida e potencialmente reversível (DERCO; VRANA, 2018). Os mecanismos envolvidos na biossorção ocorrem via reten-

ção de substâncias químicas, presentes em líquidos ou gases, por meio de interações eletrostáticas, formação de complexos, troca iônica e reações de precipitação, através de um processo químico (quimissorção) ou físico (fisissorção) (VOLESKY; HOLAN, 1995; NASCIMENTO et al., 2020).

No caso dos poluentes orgânicos, que diferem em sua estrutura, a bioissorção é afetada pelo tamanho da molécula, carga, solubilidade, hidrofobicidade e reatividade (FOMINA; GADD, 2014). O processo de bioissorção é também significativamente afetado pelo tipo de bioissorvente empregado e pela composição da água a ser descontaminada.

As interações por quimissorção se dão por meio de troca ou compartilhamento de elétrons entre o adsorvente e as substâncias químicas, formando uma única camada molecular adsorvida. Essas interações são bem mais fortes que as interações físicas (fisissorção), porém nem todos os materiais com grupos funcionais ativos são capazes de sorver os contaminantes e a taxa de velocidade de sorção pode ser rápida, se a energia de ativação for pequena ou nula, ou pode ser lenta, se a energia de ligação for alta (KECILI; HUSSAIN, 2018; NASCIMENTO et al., 2020).

Por outro lado, as interações por fisissorção acontecem rapidamente, podendo ser mais lentas em casos de material adsorvente poroso. Esse tipo de interação ocorre com a formação de multicamadas ao longo de toda a superfície do material adsorvente, a partir da interação eletrostática com o contaminante. Essas interações intermoleculares mais fracas e reversíveis são conhecidas como forças de Van der Waals (KECILI; HUSSAIN, 2018; NASCIMENTO et al., 2020).

Parâmetros investigados no processo de bioissorção

Um fator importante em estudos envolvendo bioissorção é a dose de bioissorvente, uma vez que se expressa a quantidade de contaminante adsorvido por grama de bioissorvente. Assim, ensaios com diferentes doses do adsorvente são realizados para se verificar o efeito da dosagem na capacidade de sorção. Isto é, quando na presença do bioissorvente, moléculas ou íons do contaminante atingem o equilíbrio e permanecem com suas concentrações constantes no meio aquoso. Desta forma, a capacidade máxima de sorção do adsorvente é determinada experimentalmente (NASCIMENTO et al., 2020).

Outro relevante parâmetro investigado para se obter maior eficiência na remoção de contaminantes por bioissorventes é o pH de sorção. A faixa de pH de estudo dependerá do valor do Ponto de Carga Zero (pH_{PCZ}), determinado em ensaios de caracterização do material. Por meio do pH_{PCZ} identifica-se a carga da superfície do adsorvente associada ao pH da solução, sendo a carga superficial considerada positiva para valores de pH abaixo do pH_{PCZ} , favorecendo a adsorção de ânions, enquanto que, para valores maiores que pH_{PCZ} , a superfície do

bioissorvente é considerada negativa e a adsorção de cátions é favorecida. Portanto, trata-se de um fator importante em estudos de bioissorção, uma vez que as cargas do contaminante e do bioissorvente devem ser opostas para que se obtenha maior interação entre estes, evitando que ocorra o fenômeno de repulsão eletrostática (NASCIMENTO et al., 2020).

O estudo cinético representa a velocidade de reação entre o contaminante e o bioissorvente, e quanto maior for o tempo de contato entre estes, maior número de sítios de sorção do adsorvente são ocupados progressivamente, até que o sistema entre em equilíbrio. É importante considerar a cinética, visto que é preciso uma maior eficiência de sorção no menor tempo de contato possível. Para melhor compreender este parâmetro, existem leis de velocidades e modelos matemáticos usados para descrever os fenômenos envolvidos na sorção de contaminantes. Assim, ajustes destes modelos são atribuídos aos dados experimentais de cinética de sorção, utilizando equações de reação de pseudo-primeira e pseudo-segunda ordem. Estes cálculos se baseiam na capacidade de adsorção do adsorvente, no coeficiente de determinação (r^2), nas constantes de cada modelo e na velocidade de reação (SEN GUPTA; BHATTACHARYYA, 2011).

Os ensaios conduzidos para se investigar estes parâmetros são comumente realizados empregando procedimentos em batelada de fácil implementação. A Figura 1 apresenta um arranjo experimental simplificado de um procedimento em batelada, aplicado em testes de dose do bioissorvente, pH, cinética e capacidade de sorção.

Caracterização de bioissorventes

A caracterização de bioissorventes permite avaliar suas propriedades físicas, químicas e físico-químicas por meio de diferentes técnicas para identificar características estruturais destes materiais, com o objetivo de melhor avaliar o processo de sorção. Com isso, o conhecimento prévio dos componentes de um bioissorvente permite calcular seu potencial e sua aplicabilidade na remoção de contaminantes em águas.

Um dos parâmetros investigados trata da carga superficial do bioissorvente, que é dependente do pH do meio. O pH no Ponto de Carga Zero (pH_{PCZ}) corresponde ao valor de pH em que o balanço de cargas na superfície do material adsorvente é nulo, isto é, um valor de pH em que o número de cargas positivas se iguala ao número de cargas negativas e o sólido apresenta carga eletricamente neutra em sua superfície (RAMOS et al., 2022).

Grupos funcionais presentes na superfície do material também podem ser determinados pelo método de titulação de Boehm (BORGES et al., 2016). Para isso, é necessário que ocorra a neutralização seletiva dos grupos ácidos da superfície do adsorvente com bases, e a neutralização dos grupos básicos por ácidos. Essa titulação fornece informa-

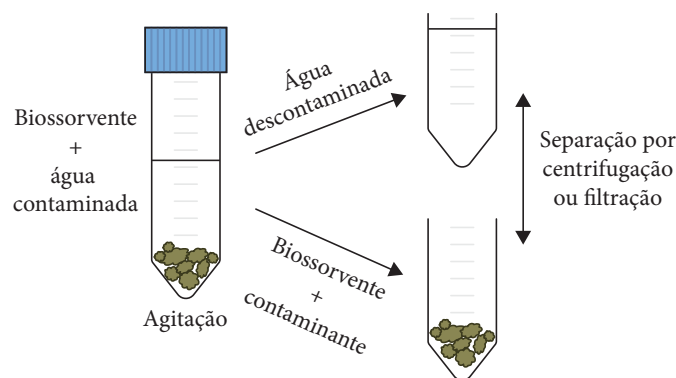


FIGURA 1 - Esquema simplificado de um processo em batelada empregado no estudo dos parâmetros de sorção de contaminantes por biossorventes em meio aquoso.

Fonte: Acervo das autoras, 2023.

ções qualitativas e quantitativas sobre os grupos funcionais (fenóis, cetonas, ácidos carboxílicos, entre outros) na superfície do biossorvente.

Outra técnica amplamente utilizada para caracterizar materiais é a Espectroscopia de Radiação na região do Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR), que consiste na análise química molecular e vibracional para identificar grupos funcionais na superfície do biossorvente, a partir da obtenção de um espectro de absorção de radiação infravermelha (SILVERSTEIN; WEBSTER; KIEMLE, 2012). Desse modo, a técnica de FTIR apresenta-se como uma ferramenta versátil com grande confiabilidade dos dados para a caracterização, identificação e quantificação de constituintes estruturais de biossorventes.

Para se observar aspectos morfológicos importantes dos biossorventes, a técnica de microscopia eletrônica de varredura (MEV) é sempre empregada. Por meio da MEV pode-se obter imagens externas de alta resolução e ampliação, revelando a superfície do sólido de forma mais detalhada, possibilitando a análise de atributos como a rugosidade do adsorvente (HOLLER et al., 2009).

Para a caracterização microestrutural de materiais cristalinos, a Difratometria de Raios X (DRX) é considerada uma técnica não destrutiva e de alto grau de confiabilidade dos resultados, fornecendo um perfil de difração característico para cada fase cristalina observada. A DRX é largamente utilizada para caracterizar o biossorvente, quando este é preparado com biomassa modificada com estes materiais, assim como os seus precursores (RAMOS et al., 2022; HOLLER et al., 2009).

5. GRUPO DE BIOSSORVENTES – LAB-MPB – CCA/UFSCAR

O Grupo de Biossorventes do Laboratório de Materiais Poliméricos e Biossorventes – Lab-MPB, do Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal de São Carlos – UFSCar, *campus* Araras – coordenado pela Profa. Dra. Elma

Neide Vasconcelos Martins Carrilho, tem atuado na temática de despoluição de águas e efluentes, assim como no desenvolvimento de diferentes biossorventes para remoção de contaminantes em meio aquoso. A Figura 2a ilustra as biomassas utilizadas pelo Grupo nos últimos 10 anos, entre as quais destacam-se o bagaço de cana-de-açúcar, leveduras, raiz de alface hidropônica, microalgas, pó de cortiça, pó de bambu e resíduos de frutos. Estes materiais vêm sendo empregados na produção de adsorventes para estudos em biossorção de poluentes de águas e os resultados têm sido promissores entre as espécies investigadas, como íons potencialmente tóxicos, agrotóxicos, fármacos, hormônios, corantes e óleos (Figura 2b).

Neste grupo de pesquisa do Lab-MPB, o biossorvente preparado com biomassa de bagaço de cana-de-açúcar, um resíduo agroindustrial gerado no processamento da cana em usinas de etanol e açúcar, tem apresentado resultados muito promissores. Recentemente, ganhou destaque na mídia após publicações de trabalhos em periódicos indexados, nos quais este resíduo agrícola foi utilizado em meio aquoso, em sua forma *in natura* e modificada com partículas ferromagnéticas, visando a remoção de íons metálicos potencialmente tóxicos, hormônios, fármacos e corantes. O Quadro 2 apresenta, de forma cronológica, os trabalhos publicados nos últimos cinco anos pelo Grupo de Biossorventes do Lab-MPB/CCA-UFSCar, com a temática de descontaminação de águas por biossorventes.

O Grupo de Biossorventes (Lab-MPB) trabalha em colaboração com a professora Dr^a Geórgia Labuto, do Laboratory of Integrated Sciences (LabInSciences) do Departamento de Química da Universidade Federal de São Paulo – UNIFESP, e tem recebido apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq. Em 2021, a pesquisa obteve reconhecimento por meio de sua divulgação pela Agência FAPESP (Figura 3), que teve grande repercussão em revistas, telejornais, rádios, redes sociais, entre outros meios de comunicação (Figura 4). Os QR Codes para acesso a algumas destas matérias televisivas estão apresentados na Figura 5.



FIGURA 2 - Biomassas (a) utilizadas no Grupo de Biossorventes do Lab-MPB para a produção de adsorventes empregados na biossorção de contaminantes (b) encontrados em águas.
 Fonte: Acervo das autoras, 2023.

QUADRO 2 - Trabalhos publicados pelo Grupo de Biossorventes do Lab-MPB/CCA-UFSCar, com a temática de descontaminação de águas por biossorventes

Artigos publicados em periódicos indexados	Referência
Removal of Cr(VI) by <i>in natura</i> and magnetic nanomodified lettuce roots	Soares et al. (2023)
Removal of reactive dyes from a real bichromatic textile effluent employing bio-based nanomagnetic adsorbents	Bezerra et al. (2023)
Sustainable alternative for removing pesticides in water: Nanomodified activated carbon produced from yeast residue biomass	Ramos et al. (2022)
Removal of the pesticide thiamethoxam from sugarcane juice by magnetic nanomodified activated carbon	Freitas et al. (2022)
Individual and competitive adsorption of ibuprofen and caffeine from primary sewage effluent by yeast-based activated carbon and magnetic carbon nanocomposite	Labuto et al. (2022)
Competitive adsorption of Cr(III) and Cr(VI) by sugarcane bagasse magnetic nanocomposite in water matrix: A pH study	Beretta et al. (2021)
Effect of pH on the simultaneous sorption of Cr(III) and Cr(VI) by magnetic nanomodified lettuce roots in aqueous medium	Gabriel et al. (2021)
Hexavalent chromium removal from water: adsorption properties of <i>in natura</i> and magnetic nanomodified sugarcane bagasse	Abilio et al. (2021)
Carnauba (<i>Copernicia prunifera</i>) palm tree biomass as adsorbent for Pb(II) and Cd(II) from water medium	Oliveira et al. (2021)
Textile effluent treatment employing yeast biomass and a new nanomagnetic biocomposite	Nascimento et al. (2021)
Nanomodified sugarcane bagasse biosorbent: synthesis, characterization, and application for Cu(II) removal from aqueous medium	Carvalho et al. (2021)
Magnetic nanomodified activated carbon: characterization and use for organic acids sorption in aqueous medium	Barbosa et al. (2020)
Activated carbon production from industrial yeast residue to boost up circular bioeconomy	Modesto et al. (2021)
Oil spill cleanup employing magnetite nanoparticles and yeast-based magnetic bionanocomposite	Debs et al. (2019a)
Biosorption of 17 α -ethinylestradiol by yeast biomass from ethanol industry in the presence of estrone	Debs et al. (2019b)
Comparison study of cleanup techniques for oil spill treatment using magnetic nanomaterials	Cardona et al. (2019)
Synthesis, characterization and application of yeast-Based magnetic bionanocomposite for the removal of Cu(II) from water	José et al. (2019)
Agricultural solid waste for sorption of metal ions: part I-characterization and use of lettuce roots and sugarcane bagasse for Cu(II), Fe(II), Zn(II), and Mn(II) sorption from aqueous medium	Milani et al. (2018a)
Agricultural solid waste for sorption of metal ions, part II: competitive assessment in multielemental solution and lake water	Milani et al. (2018b)
Low-cost agroindustrial biomasses and ferromagnetic bionanocomposites to cleanup textile effluents	Labuto et al. (2018)
Bioremediation in Brazil: scope and challenges to boost up the bioeconomy*	Labuto e Carrilho (2016)

* Capítulo de livro

Fonte: Acervo das autoras, 2022.

Agência **FAPESP** NOTÍCIAS AGENDA VÍDEOS ASSINE

Bagaço de cana-de-açúcar nanomodificado é capaz de 'limpar' água contaminada com cobre ou crômio
02 de fevereiro de 2021

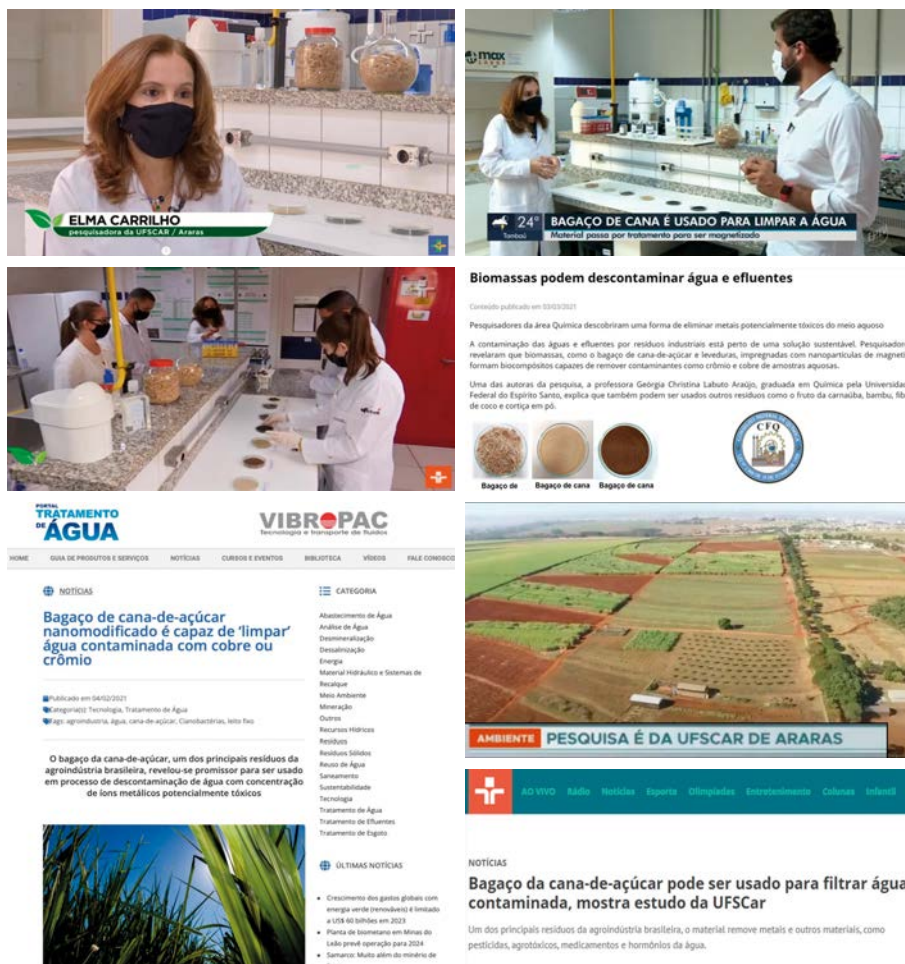
Luciana Constantino / Agência FAPESP – O bagaço da cana-de-açúcar, um dos principais resíduos da agroindústria brasileira, revelou-se promissor para ser usado em processo de descontaminação de água com concentração de íons metálicos potencialmente tóxicos. Um composto – material híbrido que apresenta características distintas de seus precursores – produzido a partir do bagaço e de nanopartículas magnéticas removeu cobre e crômio em meio aquoso. Esses resultados foram obtidos por um grupo de pesquisadores brasileiros e publicado no periódico *Environmental Science and Pollution Research*.

O cobre é um metal maleável e bom condutor de eletricidade, por isso muito usado na indústria, construção civil e em atividades agrícolas. É largamente utilizado para controle de proliferação de cianobactérias em reservatórios de água para consumo humano. Em pequenas quantidades é elemento essencial a organismos vivos, mas em altas concentrações na água pode provocar náusea, vômito e diarreia, segundo [análises](#) da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (Cetesb).



Feito com nanopartículas de magnetita, material híbrido adere aos contaminantes e pode ser removido do meio aquoso pela ação de um ímã. Técnica pode ser adaptada para a retirada de corantes sintéticos, drogas, hormônios e pesticidas (foto: acervo dos pesquisadores)

FIGURA 3 - Divulgação pela Agência FAPESP da pesquisa realizada pelo Grupo de Biossorventes do Lab-MPB/CCA-UFSCar. Fonte: Acervo das autoras, 2022.



ELMA CARRILHO
pesquisadora da UFSCAR / Araras

BAGAÇO DE CANA É USADO PARA LIMPAR A ÁGUA
Material possui por tratamento para ser magnetizado

Biomassas podem descontaminar água e efluentes
Pesquisadores da área Química descobriram uma forma de eliminar metais potencialmente tóxicos do meio aquoso. A contaminação das águas e efluentes por resíduos industriais está perto de uma solução sustentável. Pesquisadores relatam que biomassas, como o bagaço de cana-de-açúcar e leveduras, impregnadas com nanopartículas de magnetita formam biocompostos capazes de remover contaminantes como crômio e cobre de amostras aquosas. Uma das autoras da pesquisa, a professora Geórgia Christina Labuto Araújo, graduada em Química pela Universidade Federal do Espírito Santo, explica que também podem ser usados outros resíduos como o fruto da carnaúba, bambu, fibra de coco e cortiça em pó.

BAGAÇO DE CANA **BAGAÇO DE CANA** **BAGAÇO DE CANA**

TRATAMENTO DE ÁGUA **VIBROPAC**
Tecnologia e Inovação em Água

Bagaço de cana-de-açúcar nanomodificado é capaz de 'limpar' água contaminada com cobre ou crômio
Publicado em 04/02/2021
#nanotecnologia, #tratamentodeagua
#agroindústria, #água, #cana-de-açúcar, #ciênciabrasil, #leitefao

O bagaço da cana-de-açúcar, um dos principais resíduos da agroindústria brasileira, revelou-se promissor para ser usado em processo de descontaminação de água com concentração de íons metálicos potencialmente tóxicos

AMBIENTE **PESQUISA É DA UFSCAR DE ARARAS**

Bagaço da cana-de-açúcar pode ser usado para filtrar água contaminada, mostra estudo da UFSCAR
Um dos principais resíduos da agroindústria brasileira, o material remove metais e outros materiais, como pesticidas, agrotóxicos, medicamentos e hormônios da água.

FIGURA 4 - Algumas das publicações sobre a pesquisa realizada pelo Grupo de Biossorventes do Lab-MPB/CCA-UFSCar, divulgadas em telejornais, rádios, revistas, e outros veículos de comunicação. Fonte: Acervo das autoras, 2022.

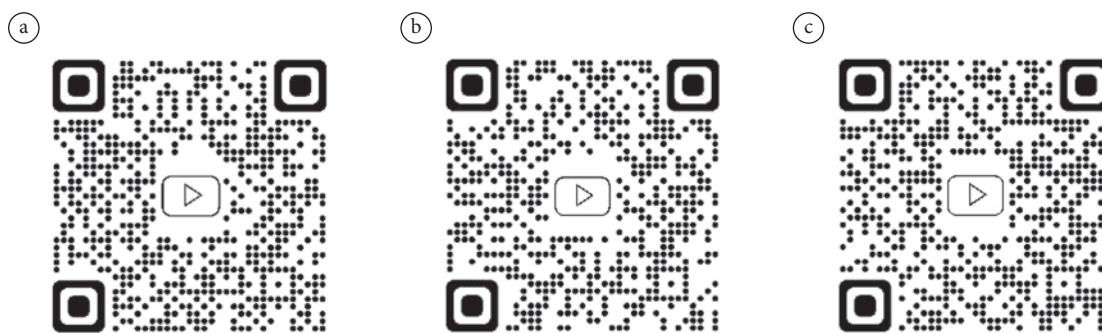


FIGURA 5 - QR Codes para acesso às matérias televisivas sobre as pesquisas do Grupo de Biossorventes do Lab-MPB. (a) Jornal da Tarde – TV Cultura; (b) Programa AgroCultura – TV Cultura; (c) Jornal da EPTV – TV Globo.
Fonte: Acervo das autoras, 2022.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABIGAIL M., E. A.; CHIDAMBARAM, R. Rice husk as a low cost nanosorbent for 2, 4-dichlorophenoxyacetic acid removal from aqueous solutions. **Ecological Engineering**, Netherlands, v. 92, p. 97-105, 2016. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoleng.2016.03.020>.
- ABILIO, T. E. et al. Hexavalent chromium removal from water: adsorption properties of *in natura* and magnetic nanomodified sugarcane bagasse. **Environmental Science and Pollution Research International**, Landsberg, v. 28, n. 19, p. 24816-24829, 2021. <http://dx.doi.org/10.1007/s11356-020-11726-8>. PMID:33405161.
- ALDALBAHI, A. et al. Effects of technical textiles and synthetic nanofibers on environmental pollution. **Polymers**, Switzerland, v. 13, n. 1, p. 155, 2021. <http://dx.doi.org/10.3390/polym13010155>. PMID:33401538.
- ALHOGBI, B. G. Potential of coffee husk biomass waste for the adsorption of Pb(II) ion from aqueous solutions. **Sustainable Chemistry and Pharmacy**, Amsterdam, v. 6, p. 21-25, 2017.
- ALMEIDA, É. J. R.; DILARRI, G.; CORSO, C. R. A indústria têxtil no Brasil: uma revisão dos seus impactos ambientais e possíveis tratamentos para os seus efluentes. **Boletim das Águas UNESP**, São Paulo, p. 1-18, 2016.
- ARAÚJO, K. S. D. et al. Processos oxidativos avançados: uma revisão de fundamentos e aplicações no tratamento de águas residuais urbanas e efluentes industriais. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v. 11, p. 387-401, 2016.
- BARBOSA, J. A.; LABUTO, G.; CARRILHO, E. N. V. M. Magnetic nanomodified activated carbon: characterization and use for organic acids sorption in aqueous medium. **Chemical Engineering Communications**, London, v. 208, n. 10, p. 1450-1463, 2021.
- BERETTA, G. Z. et al. Competitive adsorption of Cr(III) and Cr(VI) by sugarcane bagasse magnetic nanocomposite in water matrix: a pH study. **Revista Eletrônica Ambiente: Gestão e Desenvolvimento**, Boa Vista, v. 1, p. 47-54, 2021.
- BEZERRA, K. C. H. et al. Removal of reactive dyes from a real bichromatic textile effluent employing bio-based nanomagnetic adsorbents. **Water Air and Soil Pollution**, Amsterdã, v. 234, p. 438-450, 2023.
- BORGES, W. M. S. et al. Produção, caracterização e avaliação da capacidade adsorptiva de carvões ativados em forma de briquete. **Matéria**, Rio de Janeiro, v. 21, n. 4, p. 930-942, 2016.
- BUSS, M. V. et al. Tratamento dos efluentes de uma lavanderia industrial: avaliação da capacidade de diferentes processos de tratamento. **Revista de Engenharia Civil IMED**, Passo Fundo, v. 2, n. 1, p. 2-10, 2015. <http://dx.doi.org/10.18256/2358-6508/rec-imed.v2n1p2-10>.
- CARDONA, D. S. et al. comparison study of cleanup techniques for oil spill treatment using magnetic nanomaterials. **Journal of Environmental Management**, United Kingdom, v. 242, p. 362-371, 2019. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.04.106>. PMID:31054400.
- CARRILHO, E. N. V. M.; FERREIRA, A. G.; GILBERT, T. R. Characterization of sorption sites on *Pilayella littoralis* and metal binding assessment using 113Cd and 27Al nuclear magnetic resonance. **Environmental Science & Technology**, Washington, DC, v. 36, n. 9, p. 2003-2007, 2002. <http://dx.doi.org/10.1021/es0107834>. PMID:12026985.
- CARRILHO, E. N. V. M.; GILBERT, T. R. Assessing metal sorption on the marine alga *Pilayella littoralis*. **Journal of Environmental Monitoring**, Cambridge, v. 2, n. 5, p. 410-415, 2000. <http://dx.doi.org/10.1039/b004128i>. PMID:11254041.
- CARRILHO, E. N. V. M.; NÓBREGA, J. A.; GILBERT, T. R. The use of silica-immobilized brown alga (*Pilayella littoralis*) for metal preconcentration and determination by inductively coupled plasma optical emission spectrometry. **Talanta**, Oxford, v. 60, n. 6, p. 1131-1140, 2003. [http://dx.doi.org/10.1016/S0039-9140\(03\)00217-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0039-9140(03)00217-0). PMID:18969139.
- CARVALHO, J. T. T. et al. Nanomodified sugarcane bagasse biosorbent: synthesis, characterization, and application for Cu(II) removal from aqueous medium. **Environmental Science and Pollution Research International**, Landsberg, v. 28, n. 19,









- p. 24744-24755, 2021. <http://dx.doi.org/10.1007/s11356-020-11345-3>. PMID:33131038.
- CHWASTOWSKI, J. et al. Adsorption of hexavalent chromium from aqueous solutions using Canadian peat and coconut fiber. **Journal of Molecular Liquids**, Amsterdam, v. 248, p. 981-989, 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.molliq.2017.10.152>.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. **Resoluções do Conama: resoluções vigentes publicadas entre setembro de 1984 e janeiro de 2012**. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2012. 1126 p.
- DEBS, K. B. et al. Biosorption of 17 α -ethinylestradiol by yeast biomass from ethanol industry in the presence of estrone. **Environmental Science and Pollution Research International**, Landsberg, v. 26, n. 28, p. 28419-28428, 2019b. <http://dx.doi.org/10.1007/s11356-019-05202-1>. PMID:31028620.
- DEBS, K. B. et al. Oil spill cleanup employing magnetite nanoparticles and yeast-based magnetic bionanocomposite. **Journal of Environmental Management**, London, v. 230, p. 405-412, 2019a. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.09.094>. PMID:30296678.
- DERCO, J.; VRANA, B. (Ed.). **Biosorption**. London: IntechOpen 2018. <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.68261>.
- FAZAL, T. et al. Integrating adsorption and photocatalysis: a cost effective strategy for textile wastewater treatment using hybrid biochar-TiO₂ composite. **Journal of Hazardous Materials**, Amsterdam, v. 390, p. 121623, 2020. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhazmat.2019.121623>. PMID:31753670.
- FERREIRA-LEITÃO, V. et al. Biomass residues in Brazil: availability and potential uses. **Waste and Biomass Valorization**, Netherlands, v. 1, n. 1, p. 65-76, 2010. <http://dx.doi.org/10.1007/s12649-010-9008-8>.
- FIDELES, R. A. et al. Trimellitated sugarcane bagasse: a versatile adsorbent for removal of cationic dyes from aqueous solution. Part I: batch adsorption in a monocomponent system. **Journal of Colloid and Interface Science**, New York, v. 515, p. 172-188, 2018. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcis.2018.01.025>. PMID:29335184.
- FLORES-CANO, J. V. et al. Overall adsorption rate of metronidazole, dimetridazole and diatrizoate on activated carbons prepared from coffee residues and almond shells. **Journal of Environmental Management**, London, v. 169, p. 116-125, 2016. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2015.12.001>. PMID:26731310.
- FOMINA, M.; GADD, G. M. Biosorption: current perspectives on concept, definition and application. Special issue on biosorption. **Bioresource Technology**, Barking, v. 160, p. 3-14, 2014. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2013.12.102>. PMID:24468322.
- FREITAS, D. A. et al. Removal of the pesticide thiamethoxam from sugarcane juice by magnetic nanomodified activated carbon. **Environmental Science and Pollution Research International**, Berlin, v. 29, p. 1, 2022.
- GABRIEL, L. et al. Effect of pH on the simultaneous sorption of Cr(III) and Cr(VI) by magnetic nanomodified lettuce roots in aqueous medium. **Revista Eletrônica Ambiente: Gestão e Desenvolvimento**, Fortaleza, v. 1, p. 19-25, 2021.
- GE, M. et al. Recent advances in persulfate-assisted TiO₂-based photocatalysis for wastewater treatment: Performances, mechanism and perspectives. **Journal of Alloys and Compounds**, Lausanne, v. 888, p. 161625, 2021. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jallcom.2021.161625>.
- HALDER, J. N.; ISLAM, M. N. Water pollution and its impact on the human health. **Journal of Environment and Human**, United States, v. 2, n. 1, p. 36-46, 2015. <http://dx.doi.org/10.15764/EH.2015.01005>.
- HARTONO, M. R. et al. Use of bamboo powder waste for removal of bisphenol A in aqueous solution. **Water, Air, and Soil Pollution**, Netherlands, v. 226, n. 11, p. 1-11, 2015. <http://dx.doi.org/10.1007/s11270-015-2644-7>.
- HERRERA, B. A. et al. Adsorption of nickel and cadmium by corn cob biomass chemically modified with alumina nanoparticles. **Indian Journal of Science and Technology**, Chennai, v. 11, n. 22, p. 1-11, 2018. <http://dx.doi.org/10.17485/ijst/2018/v11i22/126125>.
- HOLLER, F. J.; SKOOG, D. A.; CROUCH, S. R. **Princípios de análise instrumental**. 6. ed. Porto Alegre: Bookman, 2009.
- JAYASWAL, K.; SAHU, V.; GURJAR, B. R. Water pollution, human health and remediation. In: BHATTACHARYA, S. et al. (ed.). **Water remediation**. Singapore: Springer, 2018. p. 11-27. http://dx.doi.org/10.1007/978-981-10-7551-3_2.
- JESUS MENK, J. et al. Biosorption of pharmaceutical products by mushroom stem waste. **Chemosphere**, Oxford, v. 237, p. 124515, 2019. <http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.124515>. PMID:31549643.
- JIMÉNEZ, S. et al. Produced water treatment by advanced oxidation processes. **The Science of the Total Environment**, Amsterdam, v. 666, p. 12-21, 2019. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.02.128>. PMID:30784818.
- JOSÉ, J. C. et al. Synthesis, characterization and application of yeast-Based magnetic bionanocomposite for the removal of Cu(II) from water. **Chemical Engineering Communications**, United States, v. 206, n. 11, p. 1570-1580, 2019. <http://dx.doi.org/10.1080/00986445.2019.1615468>.
- KEBEDE, T. G. et al. Adsorption of antiretroviral (ARVs) and related drugs from environmental wastewaters using nanofibers. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, Netherlands, v. 8, n. 5, p. 104049, 2020. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jece.2020.104049>.
- KECIL, R.; HUSSAIN, C. M. Mechanism of adsorption on nanomaterials. In: HUSSAIN, C. M. (Ed.). **Nanomaterials in chromatography**. Amsterdam: Elsevier, 2018. p. 89-115. <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-812792-6.00004-2>.
- LABUTO, G. A.; CARRILHO, E. N. V. M. Bioremediation in Brazil: scope and challenges to boost up the bioeconomy. In: PRASAD, M. N. V. (Ed.). **Bioremediation and bioeconomy**. Amsterdam: Elsevier, 2016, p. 569-586.
- LABUTO, G. et al. Efficient degradation of solid yeast biomass from ethanol industry by Fenton and UV-Fenton processes applying multivariate analysis. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v. 12, n. 6, p. 946-963, 2017. <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.2124>.

- LABUTO, G. et al. Individual and competitive adsorption of ibuprofen and caffeine from primary sewage effluent by yeast-based activated carbon and magnetic carbon nanocomposite. **Sustainable Chemistry and Pharmacy**, Netherlands, v. 28, p. 100703, 2022. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scp.2022.100703>.
- LABUTO, G. et al. Low-cost agroindustrial biomasses and ferromagnetic bionanocomposites to cleanup textile effluents. **Desalination and Water Treatment**, United States, v. 112, p. 80-89, 2018. <http://dx.doi.org/10.5004/dwt.2018.21914>.
- LI, X. et al. Evaluation survey of microbial disinfection methods in UV-LED water treatment systems. **The Science of the Total Environment**, Amsterdam, v. 659, p. 1415-1427, 2019. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.12.344>. PMID:31096352.
- MADRID, Y.; CÁMARA, C. Biological substrates for metals preconcentration and speciation. **Trends in Analytical Chemistry**, Netherlands, v. 16, n. 1, p. 36-44, 1997. [http://dx.doi.org/10.1016/S0165-9936\(96\)00075-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0165-9936(96)00075-1).
- MANDAL, A.; SINGH, N.; NAIN, L. Agro-waste biosorbents: effect of physico-chemical properties on atrazine and imidacloprid sorption. **Journal of Environmental Science and Health. Part B, Pesticides, food contaminants, and agricultural wastes**, New York, v. 52, n. 9, p. 671-682, 2017. PMID:28679066.
- MATEO-SAGASTA, J. et al. **Water pollution from agriculture: a global review**. Colombo, Itália: FAO, 2017.
- METCALE, L.; EDDY, H. P. **Tratamento de efluentes e recuperação de recursos**. 5. ed. São Paulo: McGraw Hill Brasil, 2015.
- MILANI, P. A. et al. Agricultural solid waste for sorption of metal ions: part I-characterization and use of lettuce roots and sugarcane bagasse for Cu(II), Fe(II), Zn(II), and Mn(II) sorption from aqueous medium. **Environmental Science and Pollution Research International**, Landsberg, v. 25, n. 36, p. 35895-35905, 2018a. <http://dx.doi.org/10.1007/s11356-018-1615-0>. PMID:29520545.
- MILANI, P. A. et al. Agricultural solid waste for sorption of metal ions: part II - competitive assessment in multielemental solution and lake water. **Environmental Science and Pollution Research International**, Landsberg, v. 25, n. 36, p. 35906-35914, 2018b. <http://dx.doi.org/10.1007/s11356-018-1726-7>. PMID:29558789.
- MODESTO, H. R. et al. Activated carbon production from industrial yeast residue to boost up circular bioeconomy. **Environmental Science and Research International**, Landsberg, v. 28, n. 19, p. 24694-24705, 2021. <http://dx.doi.org/10.1007/s11356-020-10458-z>. PMID:32803592.
- MOUBARIK, A.; GRIMI, N. Valorization of olive stone and sugar cane bagasse by-products as biosorbents for the removal of cadmium from aqueous solution. **Food Research International**, Netherlands, v. 73, p. 169-175, 2015. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2014.07.050>.
- NASCIMENTO, J. R. et al. Textile effluent treatment employing yeast biomass and a new nanomagnetic biocomposite. **Environmental Science and Pollution Research International**, Landsberg, v. 28, n. 21, p. 27318-27332, 2021. <http://dx.doi.org/10.1007/s11356-021-12594-6>. PMID:33511534.
- NASCIMENTO, R. F. D. et al. **Adsorção: aspectos teóricos e aplicações ambientais**. 2. ed. Fortaleza: Imprensa Universitária, 2020.
- OLIVEIRA, M. R. F. et al. Carnauba (*Copernicia prunifera*) palm tree biomass as adsorbent for Pb(II) and Cd(II) from water medium. **Environmental Science and Pollution Research International**, Landsberg, v. 28, n. 15, p. 18941-18952, 2021. <http://dx.doi.org/10.1007/s11356-020-07635-5>. PMID:31933097.
- OLLER, I.; MALATO, S. Photo-fenton applied to the removal of pharmaceutical and other pollutants of emerging concern. **Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry**, Amsterdam, v. 29, p. 100458, 2021. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cogsc.2021.100458>.
- RAMOS, J. L. et al. Sustainable alternative for removing pesticides in water: Nanomodified activated carbon produced from yeast residue biomass. **Sustainable Chemistry and Pharmacy**, Amsterdam, v. 29, p. 100794, 2022. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scp.2022.100794>.
- SARATALE, R. G. et al. Bacterial decolorization and degradation of azo dyes: a review. **Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers**, Amsterdam, v. 42, n. 1, p. 138-157, 2011. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jtice.2010.06.006>.
- SELLAOUI, L. et al. Adsorption of 3-aminophenol and resorcinol on avocado seed activated carbon: mathematical modelling, thermodynamic study and description of adsorbent performance. **Journal of Molecular Liquids**, Amsterdam, v. 342, p. 116952, 2021. <http://dx.doi.org/10.1016/j.molliq.2021.116952>.
- SEN GUPTA, S.; BHATTACHARYYA, K. G. Kinetics of adsorption of metal ions on inorganic materials: a review. **Advances in Colloid and Interface Science**, Amsterdam, v. 162, n. 1, p. 39-58, 2011. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cis.2010.12.004>. PMID:21272842.
- SILVERSTEIN, R. M.; WEBSTER, F. X.; KIEMLE, D. J. **Spectrometric identification of organic compounds**. 8. ed. New Jersey: Wiley, 2012.
- SOARES, B. C. et al. Removal of Cr(VI) by *in natura* and magnetic nanomodified lettuce roots. **Environmental Science and Pollution Research International**, Landsberg, v. 30, n. 4, p. 8822-8834, 2023. <http://dx.doi.org/10.1007/s11356-022-21755-0>. PMID:35809173.
- SOUSA, M. C. et al. Processos de tratamento do chorume e reaproveitamento: uma revisão. **Blucher Chemistry Proceedings**, São Paulo, v. 3, n. 1, p. 655-664, 2015.
- SOUZA, R. C. et al. Tratamento de efluentes de lavanderia hospitalar por processo oxidativo avançado: UV/H₂O₂. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 24, n. 3, p. 601-611, 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522019092923>.
- SOUZA, R. M. et al. Adsorption of non-steroidal anti-inflammatory drug (NSAID) by agro-industrial by-product with chemical and thermal modification: Adsorption studies and mechanism. **Industrial Crops and Products**, Netherlands, v. 161, p. 113200, 2021. <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.113200>.
- SRISAMAI, P. et al. Efficacy of eosin dye removal by peanut shell agrowaste adsorbent. **Brazilian Archives of Biology and**

- Technology**, Paraná, v. 64, p. e21200741, 2021. <http://dx.doi.org/10.1590/1678-4324-2021200741>.
- SUO, F. et al. Rapid removal of triazine pesticides by P doped biochar and the adsorption mechanism. **Chemosphere**, Oxford, v. 235, p. 918-925, 2019. <http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.06.158>. PMID:31299705.
- TOKAY, B.; AKPINAR, I. A comparative study of heavy metals removal using agricultural waste biosorbents. **Bioresource Technology Reports**, Amsterdam, v. 15, p. 100719, 2021. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biteb.2021.100719>.
- TOUMI, L. B. et al. Batch adsorption of methylene blue from aqueous solutions by untreated Alfa grass. **Desalination and Water Treatment**, Hopkinton, v. 53, n. 3, p. 806-817, 2015. <http://dx.doi.org/10.1080/19443994.2013.846236>.
- UNICEF. **Água e a crise climática global: dez coisas que você deve saber**. UNICEF Brasil, 2022. Disponível em: <https://www.unicef.org/brazil/agua-e-crise-climatica-global-dez-coisas-que-voce-deve-saber>>. Acesso em: 26 mar. 2023.
- VIDOVIX, T. B. et al. Evaluation of agro-industrial residue functionalized with iron oxide magnetic nanoparticles for chloroquine removal from contaminated water. **Materials Letters**, Netherlands, v. 326, p. 132915, 2022. <http://dx.doi.org/10.1016/j.matlet.2022.132915>.
- VIEIRA, W. T. et al. Activated carbon from macauba endocarp (*Acrocomia aculeate*) for removal of atrazine: experimental and theoretical investigation using descriptors based on DFT. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, Amsterdam, v. 9, n. 2, p. 105155, 2021. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jece.2021.105155>.
- VILLARÍN, M. C.; MEREL, S. Paradigm shifts and current challenges in wastewater management. **Journal of Hazardous Materials**, Amsterdam, v. 390, p. 122139, 2020. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.122139>. PMID:32007860.
- VOLESKY, B. **Sorption and biosorption**. Québec: BV Sorbex, 2004.
- VOLESKY, B.; HOLAN, Z. R. Biosorption of heavy metals. **Biotechnology Progress**, New York, v. 11, n. 3, p. 235-250, 1995. <http://dx.doi.org/10.1021/bp00033a001>. PMID:7619394.
- VORONTSOV, A. V. Advancing Fenton and photo-Fenton water treatment through the catalyst design. **Journal of Hazardous Materials**, Amsterdam, v. 372, p. 103-112, 2019. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhazmat.2018.04.033>. PMID:29709242.
- WAKKEL, M.; KHIARI, B.; ZAGROUBA, F. Textile wastewater treatment by agro-industrial waste: equilibrium modelling, thermodynamics and mass transfer mechanisms of cationic dyes adsorption onto low-cost lignocellulosic adsorbent. **Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers**, Taipei, v. 96, p. 439-452, 2019. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jtice.2018.12.014>.
- WASE, J.; FORSTER, C. **Biosorbents for metal ions**. London: Taylor and Francis, 1997. <http://dx.doi.org/10.3109/9780203483046>.
- World Health Organization - WHO; United Nations Children's Fund - UNICEF. **Progress on household drinking water, sanitation and hygiene, 2000-2020: five years into the SDGs**. New York: WHO; UNICEF, 2021. Disponível em: <<https://data.unicef.org/resources/progress-on-household-drinking-water-sanitation-and-hygiene-2000-2020>> Acesso em: 04 maio 2023.

Educação inclusiva e ensino de Ciências da Natureza e Matemática: uma síntese da produção do laboratório de tecnologias e inclusão

Inclusive education and teaching Nature Sciences its Math: a summary of the production of technologies and inclusion laboratory

Estéfano Vizconde Veraszto¹ 
 Juliane Cristina Molena^{2,3} 
 Luciana Maria Estevam Marques⁴ 
 Osório Augusto de Souza Neto^{5,6} 
 José Tarcísio Franco de Camargo^{7,8} 
 Nathália Elisa Ferreira Vicente⁹ 
 Brenna Santana Zanzarini¹⁰ 
 Michele Batista dos Santos¹¹ 

¹Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Laboratório de Tecnologias e Inclusão (Labintec), Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências e Matemática, São Carlos, SP, Brasil. estefanovv@ufscar.br

²Centro Paula Souza, Araras, SP, Brasil. juliane_molena@hotmail.com

³Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Laboratório de Tecnologias e Inclusão (Labintec), Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências e Matemática, São Carlos, SP, Brasil.

⁴Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Laboratório de Tecnologias e Inclusão (Labintec), Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências e Matemática, São Carlos, SP, Brasil. lucianaestevam1975@gmail.com

⁵Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Programa de Pós-graduação em Educação, Campinas, SP, Brasil. osorionet2003@gmail.com

⁶Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Laboratório de Tecnologias e Inclusão (Labintec), São Carlos, SP, Brasil.

⁷Centro Regional Universitário de Espírito Santo do Pinhal (UNIPINHAL), Espírito Santo do Pinhal, SP, Brasil. jtfc.bol.com.br

⁸Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Laboratório de Tecnologias e Inclusão (Labintec), São Carlos, SP, Brasil.

⁹Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Laboratório de Tecnologias e Inclusão (Labintec), São Carlos, SP, Brasil. nathaliaefv@gmail.com

¹⁰Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Laboratório de Tecnologias e Inclusão (Labintec), São Carlos, SP, Brasil. brenna.zanzarini@hotmail.com

¹¹Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Laboratório de Tecnologias e Inclusão (Labintec), São Carlos, SP, Brasil. contatamichelebatista@gmail.com

RESUMO Esse trabalho apresenta uma síntese da produção acadêmica voltada para o ensino de Ciências da Natureza e Matemática na perspectiva inclusiva do Laboratório de Tecnologias e Inclusão (Labintec). O texto traz a consolidação histórica do laboratório, mostrando desde as pesquisas que deram origem à efetivação dos estudos até a configuração e organização dos(as) envolvidos(as) no grupo de pesquisa. De forma que o presente estudo agrupa e caracteriza a produção acadêmica do Labintec, considerando as diferentes atividades de pesquisa, bem como o viés extensionista e as diferentes propostas de ensino realizadas na tentativa de aproximar a pesquisa universitária da comunidade.

Palavra-chave: Labintec; UFSCar; inclusão; tecnologias.

ABSTRACT This work presents a synthesis of the academic production of the Laboratory of Technologies and Inclusion (Labintec) facing the teaching nature sciences and math in an inclusive perspective. The text brings the historical consolidation of the laboratory, showing the research that gave rise to the realization of the studies to the configuration and organization of those involved in a research group. In this perspective, the work groups and characterizes the academic production of Labintec, considering the different research activities, as well as the extensionist bias and the different teaching proposals carried out to bring university research closer of the community.

Keywords: Labintec; UFSCar; inclusion; technologies.



Este é um capítulo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença [Creative Commons Attribution](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

1. INTRODUÇÃO

A inclusão contrapõe-se à homogeneização e à normalização, defendendo o direito à heterogeneidade e à diversidade (MANTOAN, 2003). A inclusão parte da lógica de que as diferenças individuais devem ser reconhecidas e aceitas por toda a sociedade, devendo ser os pilares para a construção de uma nova abordagem didática e pedagógica no ambiente escolar (RODRIGUES, 2003). Por outro lado, também é sabido que dentre os vários desafios da inclusão, um dos maiores é o de ensinar conceitos de fenômenos naturais e científicos para alunos(as) com necessidades educacionais especiais (CAMARGO, 2012a; MOLENA; ANDRADE; VERASZTO, 2017; POLVERINI et al., 2021; SOUZA NETO; VERASZTO, 2020; VICENTE; GERALDO; VERASZTO, 2019).

Nesse sentido, destacamos que pesquisas realizadas na área têm sido realizadas na Universidade Federal de São Carlos, *campus* Araras. Todavia, a presente proposta centra atenção apenas na consolidação do Laboratório de Tecnologias e Inclusão, o Labintec, buscando mostrar sua origem histórica que perpassa a realização de diferentes investigações focadas no ensino de Ciências da Natureza, com uma perspectiva inclusiva.

Trazendo um resumo histórico e um levantamento sistemático de informações, na busca pela compilação da produção na área de todos(as) os(as) envolvidos(as), este artigo sintetiza toda a produção que vem sendo realizada ao longo dos últimos nove anos, considerando os diferentes aspectos que relacionam pesquisa, ensino e extensão. Como resultado dos trabalhos realizados nesta tríade, diferentes materiais didáticos e instrucionais foram desenvolvidos no intuito de contribuir com o ensino de Ciências e Matemática para os(as) estudantes público-alvo da educação especial (PAEE)¹.

Sabemos que outras atividades na mesma linha foram desenvolvidas no mesmo *campus*, mas o objetivo aqui é mostrar a configuração do Labintec, a partir da pesquisa voltada para a inclusão da diversidade, com foco no ensino de Ciências da Natureza.

2. BREVE HISTÓRICO NO CCA

O Labintec conta hoje com 5 professores doutores pesquisadores, 2 doutorandos(as), 6 mestres, 6 mestrandos(as), 2 pesquisadoras graduadas, 3 estudantes de graduação desenvolvendo pesquisa de iniciação científica e 1 estudante de graduação desenvolvendo trabalho de conclusão de curso.

¹ Segundo a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, o PAEE são estudantes com deficiência, transtornos globais do desenvolvimento e altas habilidades ou superdotação (BRASIL, 1996).

Porém, voltando um pouco no tempo, iniciamos apontando que o Labintec teve origem em 2019 com a constituição de um grupo de pesquisas, certificado pela Universidade Federal de São Carlos, tendo como líderes os professores Dr. Estéfano Vizconde Veraszto e Dr. João Teles de Carvalho Neto, ambos do Departamento de Ciências da Natureza, Matemática e Educação (DCNME). A produção dos docentes e de seus(as) orientandos(as) ao longo dos anos que precederam a certificação do laboratório foi o fator que possibilitou a sua consolidação. Contar essa história ajuda a mostrar como a UFSCar, *campus* Araras tem se empenhado em desenvolver pesquisas para a inclusão escolar no ensino de Ciências.

Inicialmente, os pesquisadores Dr. Estéfano Vizconde Veraszto e Dr. João Teles de Carvalho Neto não possuíam laboratório específico para o desenvolvimento de suas atividades investigativas. Desde a chegada destes docentes na universidade até o momento da solicitação de criação do grupo e de pedido para disponibilização de espaço físico, as atividades laboratoriais eram realizadas em outras instituições ou através do empréstimo de espaços não exclusivos para pesquisas, como os laboratórios didáticos de cursos de graduação do *campus*. Somando esforços e convergindo interesses investigativos, foi formatada uma proposta que considerou 2 frentes de trabalho comuns aos pesquisadores, a saber:

- Ensino de Ciências para alunos com deficiência visual em uma perspectiva da educação inclusiva. Os trabalhos nessa área, considerando o período de 2014 a 2019, estão detalhados no Quadro 1.
- Tecnologias e inovação tecnológica aplicadas na educação. A produção acadêmica com foco nesse item aparece resumida no Quadro 2, compreendendo o período de 2013-2019.

QUADRO 1 - Atividades desenvolvidas na frente de trabalho 1 (2014 - 2019).

Atividades do grupo	Quantidade
Projetos de pesquisa com financiamento	2
Iniciação científica com bolsa	4
Pós-doutorado	1
Orientação de mestrado	1
Orientação de mestrado	5
Iniciação científica sem bolsa	10
Iniciação científica sem bolsa	2
Trabalhos de conclusão de curso	11
Trabalhos de conclusão de curso	1
Artigos publicados em periódicos	8
Capítulos de livro	2
Cursos de extensão	2

Fonte: acervo dos(as) autores(as).

QUADRO 2 - Atividades desenvolvidas na frente de trabalho 2 (2013 - 2019).

Atividades do grupo	Quantidade
Pós-doutorado	1
Artigos publicados em periódicos	21
Capítulos de livro	7
Livros (organização)	1
Programas de computador (registro)	4
Cursos de extensão	21
Iniciação científica com bolsa	2
Orientação de mestrado	2
Trabalhos de conclusão de curso	5
Trabalhos de conclusão de curso	1

Fonte: acervo dos(as) autores(as).

A produção discriminada nos Quadros 1 e 2 motivou a organização do laboratório, certificado pela UFSCar no último trimestre de 2019, assim como a estruturação do mesmo em torno de 4 linhas de pesquisas:

Linhas de Pesquisa 1: Ensino de Ciências da Natureza e Matemática, Formação Docente para Estudantes Público-Alvo da Educação Especial: investiga processos de ensino e aprendizagem de Ciências da Natureza e Matemática em ambientes inclusivos, considerando situações comuns e específicas relacionadas ao PAEE, buscando desenvolver e/ou transformar conteúdos, metodologias, atividades e/ou artefatos. Visa conduzir uma investigação quanto às questões relacionadas à formação do(a) professor(a) de Ciências da Natureza e Matemática na perspectiva da educação inclusiva, orientada pelos fundamentos epistemológicos, conceituais e culturais da área. Em 2022, esta linha de pesquisa conta com 3 pesquisadores, 4 discentes egressas do Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências da Natureza e Matemática, 2 doutorandos, 4 mestrandas e 2 alunas de iniciação científica.

Linha de Pesquisa 2: Metodologia e Instrumentação no Ensino de Ciências e Matemática: desenvolve trabalhos com o intuito de investigar e/ou elaborar metodologias para o ensino de Ciências e Matemática. Também visa analisar, desenvolver e/ou aplicar diferentes materiais, estratégias e/ou recursos pedagógicos para educação científica. Em 2022, fazem parte desta linha de pesquisa 3 pesquisadores, 3 mestrandos(as), 1 aluna de iniciação científica e 1 mestra egressa do Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências da Natureza e Matemática.

Linha de Pesquisa 3: Tecnologias para o Ensino de Ciências da Natureza e Matemática: desenvolve trabalhos que buscam avaliar, elaborar, adaptar e/ou aplicar diferentes tecnologias educacionais, digitais e/ou assistivas que viabilizam tanto o ensino quanto a aprendizagem de Ciências

da Natureza e Matemática para indivíduos, sejam estes relacionados ao PAEE ou não. Em 2022, esta linha conta com 4 pesquisadores, 2 doutorandos(as), 5 mestrandos(as), 1 estudante de iniciação científica e 1 mestre egresso do Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências da Natureza e Matemática.

Linha de Pesquisa 4: Epistemologia das Ciências da Natureza e da Tecnologia: realiza estudos com o intuito de desenvolver pesquisas relacionadas à história e epistemologia das Ciências da Natureza, bem como questões relativas à sociologia da tecnologia, buscando relações e conexões com a sociedade e suas demandas cotidianas. Em 2022, esta linha conta com 1 pesquisador, 1 aluna de graduação, 1 mestranda e 1 mestra egressa do Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências da Natureza e Matemática.

Sabemos que a produção é abrangente, levando consideração as nuances investigadas, mas o foco do presente artigo é buscar uma síntese de trabalhos realizados na área de educação inclusiva. Isso é justificado, conforme o *constructo* social que delinea a temática, por meio de construções epistemológicas que ainda se fazem e refazem diante da complexidade do tema e da sociedade excludente em que estamos inseridos.

A despeito da exclusividade da temática, tal elemento não desmerece, em nenhuma hipótese, questões atinentes ao ensino de Ciências e Matemática fora do contexto em tela, muito pelo contrário, corrobora com a sugestão de ações que devem ser tomadas numa perspectiva deontológica atrelada ao ensino.

As dimensões da tentativa de retorno da institucionalização na educação brasileira têm se mostrado tão proeminentes, que a ausência de políticas públicas educacionais inclusivas eficientes no Brasil é enfatizada, infelizmente apontando caminhos na contramão daquilo que o Brasil necessita para que se constitua uma sociedade mais equânime e justa.

O Decreto Federal nº 10.502, de 30 de setembro de 2020 (BRASIL, 2020) instituiu que a política nacional de educação especial deve ser implementada de forma equitativa, inclusiva e com aprendizado ao longo da vida, trazendo em seus próprios fundamentos elementos que desconstruem todo um alicerce do constructo de mais de 30 anos da educação inclusiva, até mesmo implicando, ao definir escolas regulares inclusivas, entendimentos absolutamente absurdos de que uma escola poderia não ser inclusiva.

Diante de tal desmando do governo federal, o poder judiciário foi instado a se posicionar quanto ao instrumento mencionado, por meio de uma Ação Direta de Inconstitucionalidade (ADI) interposta por diferentes segmentos da sociedade, inclusive por partidos políticos. Neste contexto, o Supremo Tribunal Federal (STF) confirmou decisão já concedida, em caráter liminar, pela inconstitucionalidade da norma. Em síntese, o STF concluiu que o referido decreto é uma flagrante tentativa de desconstrução de po-

líticas educacionais inclusivas construídas ao longo das últimas 3 décadas.

Assim, diante do cenário educacional brasileiro, face às medidas atuais que tentam instituir visando uma verdadeira exclusão social, faz-se necessário a tomada de medidas de repercussão que sejam antagônicas às tentativas de promoção de uma educação não pautada em ideais de equidade.

Nesse sentido, é importante destacar que a inclusão se contrapõe à homogeneização e à normalização, defendendo o direito à heterogeneidade e à diversidade (MANTOAN, 2003). A inclusão parte da lógica de que as diferenças individuais devem ser reconhecidas e aceitas por toda a sociedade, devendo ser os pilares para a construção de uma nova abordagem didática e pedagógica no ambiente escolar (RODRIGUES, 2003).

É a partir da diferença do outro que percebemos a nossa identidade. Pensar a diferença como um elemento fundamental para a não discriminação social é libertar o indivíduo, ou seja, é dar-lhe o direito de ser diferente. A diversidade tem por referencial central a multiplicidade e a convivência de elementos distintos (CAMARGO, 2012a, 2012b, 2017; SILVA, 2007; WOODWARD, 2007). De forma que, renegando qualquer ato excludente, a educação deve garantir a participação efetiva de todos os alunos, tenham eles necessidades educacionais especiais ou não, em cada atividade, ato ou dimensão escolar.

Dentre os vários desafios da inclusividade, um dos maiores é o de ensinar conceitos de fenômenos naturais e científicos para alunos com deficiência visual. Essa consideração se ampara em estudos realizados na área e na constatação que o ensino é pautado em padrões adotados para alunos videntes (CAMARGO, 2016a, 2016b; CAMARGO; NARDI, 2010; CAMARGO et al., 2009; CAMARGO; NARDI; VERASZTO, 2008a, 2008b). Sendo assim, o Labintec soma esforços para trazer contribuições concretas na área, desenvolvendo diferentes projetos de pesquisa, ensino e extensão, conforme listado abaixo.

3. PRODUÇÃO ACADÊMICA DO LABINTEC

A Ciência é construída a partir do trabalho coletivo fundamentado através do compartilhamento de pesquisas, ampliando o acesso ao conhecimento científico dentro e fora da Universidade. Os avanços do conhecimento científico dentro de tal perspectiva gera soluções para problemas existentes na sociedade e permite descortinar o mundo com a finalidade de entendê-lo e desenvolvê-lo para o bem coletivo.

Neste mote de inclusão, encontramos várias contribuições de autores defendendo a premissa que a academia possui um relevante papel social, corroborando com a produção de conhecimento que atenda às necessidades prioritárias da sociedade (NAKAMORI et al., 2015).

Buscando diferentes meios de difundir o conhecimento gerado no laboratório, apresentamos a seguir a organização dos trabalhos agrupados conforme suas especificidades. Inicialmente, trataremos de projetos de pesquisa e extensão, depois mostraremos os desdobramentos desse trabalho em diferentes publicações e suas implicações em atividades de ensino, abarcando também o alcance extensionista.

Projetos de pesquisa

Partindo dos pressupostos elencados no tópico anterior, consideramos a indissociabilidade de ensino, pesquisa e extensão. Freire (1983) reflete sobre o termo extensão afirmando que existem muitas interpretações, e que é preciso considerar o aspecto educativo do educar-se mutuamente. Essa citação de fato reafirma que as produções acadêmicas voltadas à pesquisa e a extensão desenvolvidas no nosso laboratório são alicerçadas neste diálogo com a comunidade além dos espaços acadêmicos.

Felipe e Gomes (2014) afirmam que essas ações no espaço universitário são vistas como produções de excelência, por promoverem essa aproximação com a sociedade através dos projetos de pesquisa. Silva e Deboçã (2017) complementam declarando que as práticas extensionistas auxiliam na formação de uma sociedade mais ética e crítica.

Mediante a essa relevância, o Quadro 3 abaixo apresenta os projetos de pesquisa organizados em ordem cronológica decrescente.

Os projetos de pesquisa PP7 e PP8 especificados acima não fazem parte de trabalhos desenvolvidos no laboratório, não obstante, são projetos que contribuíram para a consolidação da produção acadêmica na área, proporcionando a criação do Labintec.

Dentre os projetos de pesquisa, os itens PP4 e PP7 são projetos desenvolvidos com apoio financeiro da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), envolvendo pesquisadores da Universidade Federal de São Carlos e da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), além de estudantes de graduação em desenvolvimento da pesquisa de Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC) e Iniciação Científica (IC), ou dissertações de mestrado. Estes projetos formaram uma base sólida de investigações que culminaram nas publicações de diversos artigos científicos, seja em periódicos ou em anais, além da apresentação de trabalhos em diferentes eventos científicos.

Projetos de extensão

Em relação aos projetos realizados nas universidades, Silva (2020) apresenta que as ações de extensão e pesquisa fazem parte do tripé universitário constituído por ensino, pesquisa e extensão. A Lei de Diretrizes e Base da Educação (BRASIL, 1996) estabelece que um dos propósitos da educação

QUADRO 3 - Projetos de Pesquisa (PP).

N	Período	Projetos de Pesquisa
PP1	2022 - atual	Desafios do Trabalho Docente em Tempos de Pandemia: Subsídios para elaboração de políticas públicas com foco na equidade da aprendizagem estudantil
PP2	2019 - 2021	Formação de Professores para a Educação Inclusiva: Desenvolvimento de atividades de ensino de Fisiologia Vegetal para alunos deficientes visuais
PP3	2019 - 2021	Ensino de Química para Alunos com Deficiência Visual: Um estudo das potencialidades e fragilidades de ações investigativas desenvolvidas no ensino superior
PP4	2018 - 2020	Estratégias para o Ensino de Ciências a Alunos com Deficiência Visual: Uma análise baseada em categorias de contextos comunicativos
PP5	2018 - 2019	Inclusão Escolar e Ensino de Biologia: Planejamento e elaboração de atividades de ensino de evolução das espécies para alunos com deficiência visual
PP6	2017 - 2019	Desenvolvimento de Atividades de Ensino de Citologia para Alunos com Deficiências Visuais
PP7	2015 - 2017	A Percepção de Alunos e Professores sobre o Processo de Conceitualização em Ciências por Cegos Congênitos: Um estudo para a construção de propostas curriculares inclusivas e interdisciplinares
PP8	2013 - 2018	A Percepção de Cegos Congênitos sobre Fenômenos Naturais e o Processo de Conceitualização em Ciências: Um estudo com alunos de licenciaturas em Física, Química e Biologia

Fonte: acervo dos(as) autores(as).

superior é estar aberta à sociedade para que a mesma possa usufruir dos benefícios oriundos das pesquisas científicas. Atendendo a esse propósito, o laboratório desenvolve projetos considerando o seu entorno, para que as pesquisas possam dar suporte aos interesses da comunidade.

Além disso, cabe também destacar que o princípio da indissociabilidade das atividades de ensino, pesquisa e extensão vem ao encontro de um novo paradigma do fazer acadêmico. De maneira específica, a extensão universitária permite a democratização do saber científico e cultural, auxiliando a universidade a cumprir sua missão de transformar a sociedade. Além disso, tornar acessível à sociedade o conhecimento produzido em ambiente acadêmico é algo que deve ser valorizado, incentivado e posto em prática, com o intuito de buscar a transformação social a partir de parcerias entre a universidade e a sociedade.

Esses pressupostos estão em consonância com o Programa de Extensão com o qual esta atividade está vinculada, bem como com as diretrizes básicas que norteiam ações de extensão da UFSCar (Resolução CoEx de 03/2016, disposto no Regimento Geral de Extensão da UFSCar, de 17 de março de 2016) (UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS, 2016).

Desta forma, buscando uma maior aproximação com a comunidade, uma grande parte dos resultados de estudos desenvolvidos pelo Laboratório de Tecnologias e Inclusão (Labintec) tem sido usada como base para desenvolvimento de cursos e/ou projetos de extensão, na busca pela democratização do conhecimento (Quadro 4).

Os projetos de extensão PE13 a PE17 especificados acima não fazem parte de trabalhos desenvolvidos no laboratório, não obstante, são projetos que contribuíram para a

consolidação da produção acadêmica na área, proporcionando a criação do Labintec.

Dentre os projetos elaborados, foram concebidos cursos de extensão que abertos ao público geral, contando com discentes de diversas localidades do Brasil. Os projetos PE3, PE4, PE6, PE8, PE9, PE11 e PE12 foram desenvolvidos em cursos com o seguinte público:

- PE3: Competências Socioemocionais Docentes e Currículo Escolar: Diálogos entre teoria e práticas - 143 participantes matriculados distribuídos em 5 turmas, sendo que deste número, 27 concluíram na primeira turma, 13 na segunda turma, 9 na terceira, 5 na quarta turma e há 20 alunos ativos na quinta turma que se encontra em andamento até a escrita deste artigo;
- PE4: Formação de Professores para a Educação Inclusiva na Perspectiva da Deficiência Visual - 5 participantes;
- PE6: A Educação Inclusiva e o Transtorno do Espectro Autista - 12 participantes;
- PE8: Concepção e Desenvolvimento de Material Didático para Alunos com Deficiência Visual: Aspectos de formação docente na perspectiva da educação inclusiva - 11 participantes;
- PE9: Inclusão Escolar e Educação Especial: Fundamentos legais e conceituais (fase 1) - 269 inscritos, sendo que 196 se matricularam e destes, 161 concluíram o curso;
- PE11: Inclusão Escolar e Educação Especial: Fundamentos legais e conceituais - 55 inscritos, sendo que 42 se matricularam e destes, 36 concluíram o curso;
- PE12: Formação de Professores para a Educação Inclusiva na Perspectiva da Deficiência Visual - 6 participantes.

O projeto de extensão PE3 se relaciona com a temática de inclusão por apresentar em sua ementa questões socioemo-

QUADRO 4 - Projetos de Extensão (PE).

N	Período	Projetos de Extensão
PE1	2022 - atual	Divulgação Científica para Democratização do Conhecimento (Processo ProEx 23112.010256/2022-87)
PE2	2022 - atual	Ensino de Ciências e Inclusão (Processo ProEx 23112.011549/2022-81)
PE3	2021 - atual	Competências Socioemocionais Docentes e Currículo Escolar: Diálogos entre teoria e práticas (Processo ProEx23112.000484/2021-68)
PE4	2021 - 2022	Formação de Professores para a Educação Inclusiva na Perspectiva da Deficiência Visual (ACIEPE - Processo ProEx 23112.020989/2020-68)
PE5	2021 - atual	Laboratório de Tecnologias e Inclusão: Divulgação, interatividade e práticas através das mídias digitais
PE6	2021 - 2021	A Educação Inclusiva e o Transtorno do Espectro Autista (Processo ProEx 23112.003774/2021-63)
PE7	2020 - 2022	Divulgação Científica para Democratização do Conhecimento (Processo Proex 23112.001119/2020-90)
PE8	2020 - 2020	Concepção e Desenvolvimento de Material Didático para Alunos com Deficiência Visual: Aspectos de formação docente na perspectiva da educação inclusiva (Processo Proex 23112.009748/2020-68)
PE9	2020 - 2021	Inclusão Escolar e Educação Especial: Fundamentos legais e conceituais (fase 1) (Processo Proex 23112.002048/2019-17)
PE10	2020 - 2022	Ensino de Ciências e Inclusão (Processo Proex 23112.000251/2020-84)
PE11	2019 - 2021	Inclusão Escolar e Educação Especial: Fundamentos legais e conceituais (Processo Proex 23112.002047/2019-64)
PE12	2018 - 2019	Formação de Professores para a Educação Inclusiva na Perspectiva da Deficiência Visual (ACIEPE - Processo ProEx 23112.001359/2019-51)
PE13	2017 - 2018	Ensino de Ciências e Inclusão (Processo Proex 23112.003870/2017-25)
PE14	2017 - 2018	Divulgação Científica para Democratização do Conhecimento (Processo Proex 23112.003871/2017-70)
PE15	2016 - 2017	Divulgação Científica para Democratização do Conhecimento (Processo Proex 23112.001032/2016-36)
PE16	2016 - 2017	Ensino de Ciências e Inclusão (Processo Proex 23112.001829/2016-33)
PE17	2013 - Atual	Programa de Extensão para a Democratização do Conhecimento: Comunicação entre universidade, comunidade e escola

Fonte: acervo dos(as) autores(as).

cionais voltadas para a formação integral do(a) estudante, considerando práticas que perpassam o modelo curricular e valorizando as habilidades inerentes de cada indivíduo que são observáveis no processo de ensino. Tais aspectos dialogam com as necessidades individuais existentes nas salas de aula, considerando a pauta da inclusividade.

Quanto aos cursos de extensão que focam em formação continuada para docentes atuantes em todos os níveis e redes de ensino, complementando a formação inicial de estudantes de cursos de licenciatura, podemos apontar a busca constante pela aproximação da teoria à prática. Nesse sentido, os cursos prezam pelo desenvolvimento de atividades de ensino, com a concepção, desenvolvimento e aplicação de propostas alternativas que visam complementar a formação inicial (SCHÖN, 2000; ZEICHNER, 1993; FREIRE, 1996). Portanto, entendemos que se faz necessário inovar essa área de conhecimento a fim de pôr em prática propostas transformadoras e inclusivas, onde o(a) docente assume papel de pesquisador(a) da realidade escolar (DELIZOICOV, 1982; FREIRE; SHOR, 2011; DELORS, 2001).

Para isso, todos os cursos têm como premissa básica propostas de trabalho que visam fornecer subsídios ao(a) profissional da educação para que seja possível desenvolver ações pedagógicas adequadas para atender o contexto educacional inclusivo da sala de aula, buscando transformações e mudanças de paradigma.

Isso posto, a extensão assume o papel de oferecer um novo sentido ao objeto pesquisado que precisa ser dialogicamente construído a partir de vivências não universitárias (PISETTA; SANTIAGO, 2019). Nessa linha, propósito dos projetos de extensão desenvolvidos no Labintec é reafirmado, considerando que as propostas dialogam com a comunidade acadêmica e vão para além dela, para que os estudos desenvolvidos possam contribuir com práticas pedagógicas que promovem a formação integral do(a) aluno(a).

Publicações do laboratório

A divulgação científica tem um forte papel social na democratização do conhecimento, e seu propósito de comunicar a produção acadêmica corrobora as reflexões acerca da

transformação social. Divulgar cientificamente um trabalho é torná-lo acessível para além dos(as) pesquisadores(as), na intenção de fazê-lo útil em diversas esferas sociais (NATAL; ALVIM, 2018).

Assim, o Labintec busca apresentar os resultados das suas pesquisas em diferentes frentes. A meta sempre é publicar trabalhos em periódicos indexados, como mostra o Quadro 5 abaixo, produzindo e auxiliando a organizar livros, ou ainda, participando com contribuições em capítulos (Quadro 6).

Os artigos AP8 a AP12 especificados acima não fazem parte de trabalhos desenvolvidos no laboratório, não obs-

tante, são artigos que contribuíram para a consolidação da produção acadêmica na área, proporcionando a criação do Labintec, e estão diretamente relacionados com os projetos de pesquisa PP4, PP7 e PP8 (Quadro 3).

Em relação aos livros publicados (LP), temos 2. O primeiro livro é fruto de uma pesquisa de mestrado e o segundo, de uma pesquisa de pós-doutorado:

a) LP1: SOUZA NETO, O. A.; VERASZTO, E. V. *Perspectivas de Inclusão Escolar em Aulas de Ciências da Natureza e da Matemática: Estudo de caso em escola do interior paulista*. Belém: Rfb, 2020, v.1. p.160. Esse trabalho é resultado da pesquisa de mestrado

QUADRO 5 - Artigos completos publicados em periódicos (AP).

N	Ano de publicação	Artigo (referência completa)
AP1	2022	VICENTE, N. E. F.; VERASZTO, E. V. Ensino de Biologia Celular para Alunos com Deficiência Visual: Uma proposta de inclusão. <i>Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias</i> , v.17, p.361 - 376, 2022.
AP2	2021	POLVERINI, M. S.; VERASZTO, E. V.; CAMARGO, J. T. F.; SANTANA, B. Z. N. Ensino de Física para Pessoas com Deficiência Visual: Análise de trabalhos apresentados em eventos científicos nacionais entre 2013 e 2017. <i>Revista Iberoamericana de Educacion (Impresa)</i> , v.85, p.95 - 118, 2021.
AP3	2021	SIQUEIRA, S. R. A.; VERASZTO, E. V. Inclusão Escolar em Aulas de Física, Biologia e Matemática: Estratégias de ensino. <i>Revista Valore</i> , v.5, p.72 - 80, 2021.
AP4	2021	MOLENA, J. C.; VERASZTO, E. V.; MARQUES, L. M. E.; NAHUM, B. S. Z. Reações Químicas para Alunos com Deficiência Visual a partir da Análise de Livros Didáticos. <i>Revista Estudos Aplicados em Educação</i> , v.6, p.179 - 194, 2021.
AP5	2019	SOUZA NETO, O. A.; VERASZTO, E. V. A Atuação do Supervisor no Ensino da Rede Estadual de Ensino de São Paulo: Uma investigação sobre suas limitações para a inclusão de alunos com TEA. <i>Revista de Estudos Aplicados em Educação</i> , v.4, p.104 - 115, 2019.
AP6	2019	ANDRADE, P. G.; MOLENA, J. C.; VERASZTO, E. V. Análise do Processo de Ensino-Aprendizagem com Discentes Surdos no Ensino de Ciências: Uma revisão dos trabalhos publicados na área na última década. <i>REEC: Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias</i> , v.18, p.361 - 387, 2019.
AP7	2019	VERASZTO, E. V.; CAMARGO, J. T. F.; SILVA, E. R.; CAMARGO, E. P. <i>Blindness and Science Conceptualization</i> . ETD: Educação Temática Digital, v.21, p.435 - 458, 2019.
AP8	2018	VERASZTO, E. V.; CAMARGO, E. P.; CAMARGO, J. T. F.; SIMON, F. O.; YAMAGUTI, M. X.; SOUZA, A. M. M. Conceitualização em Ciências por Cegos Congênitos: Um estudo com professores e alunos do ensino médio regular. <i>REEC: Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias</i> , v.17, p.540 - 563, 2018.
APN	2018	VERASZTO, E. V.; SIQUEIRA, S. R. A.; CAMARGO, J. T. F.; SOUZA NETO, O. A.; CAMARGO, E. P. Educação Inclusiva no Âmbito da Formação de Professores de Ciências: Um estudo de trabalhos realizados em universidade brasileira do interior do estado de São Paulo. <i>Indagatio Didactica</i> , v.10, p.7 - 19, 2018.
AP9	2018	VERASZTO, E. V.; CAMARGO, E. P.; CAMARGO, J. T. F.; SIMON, F. O.; MIRANDA, N. A. <i>Evaluation of Concepts Regarding the Construction of Scientific Knowledge by the Congenitally Blind: An approach using the Correspondence Analysis method</i> . <i>Ciência & Educação</i> (online), v.24, p.837 - 857, 2018.
AP10	2018	VERASZTO, E. V.; MOLENA, J. C.; CORCETTI, N. T.; SILVA, E. R.; CAMARGO, J. T. F. Um Estudo do Processo de Inclusão de Alunos com Deficiência Visual em Aulas Regulares de Ciência da Natureza. <i>Revista de Estudos Aplicados em Educação</i> , v.3, p.70 - 87, 2018.
AP11	2017	VERASZTO, E. V.; VICENTE, N. E. F. Desenvolvimento de Atividades de Ensino de Citologia para Alunos com Deficiências Visuais: Ações de educação inclusiva a partir da teoria dos contextos comunicacionais. <i>Revista de Estudos Aplicados em Educação</i> , v.2, p.33 - 48, 2017.
AP12	2017	MOLENA, J. C.; ANDRADE, P. G.; VERASZTO, E. V. Indicadores da inclusão de alunos surdos em salas de aula regulares. <i>REEC: Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias</i> , v.16, p.257 - 279, 2017.

Fonte: acervo do(as) autores(as).

N	Ano de publicação	Capítulos de Livro (CL)
CL1	2022	MARQUES, L. M. E.; FURLAN, E. G. M.; VERASZTO, E. V.; MOLENA, J. C. A Inclusão de Alunos da Educação Especial no Contexto do Ensino Remoto: Perspectiva do professor. In: <i>Inclusão Escolar: desafios e perspectivas para um período pós-pandêmico</i> . 1ª ed. Santo Ângelo: Ed. Metrics, 2022, v.1, p. 193-210.
CL2	2022	SANTOS, M. B.; VERASZTO, E. V.; CAMARGO, J. T. F.; CAMARGO, E. P.; MARQUES, L. M. E.; ZANZARINI, B. S. Ensino de Química e Trajetória Escolar de Estudantes com Deficiência Visual. In: <i>Coletânea do Congresso Paulista de Ensino de Ciências: discutindo EC em países Iberoamericanos</i> . 1ª ed. Itapetininga: Edições Hipótese, 2022, v.1, p. 173-196.
CL3	2022	CRUZ, I. M. B.; MARQUES, L. M. E.; CAMILLO, H. C. B.; VERASZTO, E. V. O Ensino de Ciências e Autismo: Desafios a serem superados no Ensino Emergencial Remoto. In: <i>Inclusão Escolar: desafios e perspectivas para um período pós-pandêmico</i> . 1ª ed. Santo Ângelo: Ed. Metrics, 2022, v.1, p. 211-231.
CL4	2022	MARQUES, L. M. E.; VERASZTO, E. V. O portal EduCapes como Apoio para Professores: Caminhos para a inclusão de alunos com deficiência visual. In: <i>Tecnologias Educacionais: aplicações e possibilidades</i> . Volume 2. 1ª ed. Curitiba: Appris, 2022, v.1, p. 21-31.
CL5	2022	OLIVEIRA, L. F.; CAMARGO, J. T. F.; ZANZARINI, B. S.; VERASZTO, E. V. Reconhecimentos de Cores por Aplicativo Móvel para Pessoas com Deficiência Visual. In: <i>Tecnologias Educacionais: aplicações e possibilidades</i> . Volume 2. 1ª ed. Curitiba: Appris, 2022, v.1, p. 321-328.
CL6	2022	MARQUES, L. M. E.; FRANCISCO, A. S.; SILVA, E. C.; VICENTE, N.E.F.; NAHUM, B. S. Z.; SANTOS, M. B.; VERASZTO, E. V. Comunicação Aumentativa e Alternativa: Preditor de palavras como facilitador da escrita de pessoas com mobilidade reduzida. In: <i>Tecnologias Educacionais: aplicações e possibilidades</i> . Volume 2. 1ª ed. Curitiba: Appris, 2022, v.1, p. 331- 341.
CL7	2022	SANTOS, M. B.; CRUZ, I. M. B.; VERASZTO, E. V. Ensino de Ciências da Natureza e Matemática para Deficientes Visuais: Um levantamento bibliográfico dos últimos quinze anos. In: <i>Química: ensino, conceitos e fundamentos</i> . 1ª ed. Guarujá: Científica Digital, 2021, v.1, p. 128-139.
CL8	2021	NASCIMENTO, W. R. S.; CAMARGO, E. P.; VERASZTO, E. V. Efeitos da Prática do Goalball na Mobilização da Aprendizagem de Fenômenos e Conceitos de Mecânica para Alunos com Deficiência Visual nas Aulas de Física. In: <i>Ciências da Natureza para a Diversidade</i> . 1ª ed. Goiania: Editora Kelps, 2020, v.1, p. 160-187.
CL9	2020	VERASZTO, E. V.; CAMARGO, E. P.; CAMARGO, J. T. F. Cegueira Congênita e Trabalho Científico: Um estudo introdutório sobre a percepção de professores em formação. In: <i>Formação de Professores de Ciências: propostas de pesquisas, ensino e extensão nas licenciaturas</i> . 1ª ed. Curitiba: Editora CRV, 2017, v.1, p. 105-120.

Fonte: acervo dos(as) autores(as).

b) LP2: MARTINS, A. O.; VERASZTO, E. V. Ensino de Física para Estudantes Cegos: Padrão de símbolos em alto-relevo. Belém: RFB, 2022, v.1. p.384. Este trabalho é resultado da pesquisa de pós-doutorado.

Além disso, um dos líderes do laboratório também teve participação na organização de um livro: ZIESMANN, C. I.; CAMARGO, E. P.; VERASZTO, E. V. *Inclusão Escolar: Desafios e perspectivas para um período pós-pandêmico*. Santo Ângelo: Ed. Metrics, 2022, v.1. p.271. Esse livro contou com a participação, na publicação de conteúdos, de trabalho dos estudantes que compõem o laboratório.

Os capítulos de livros CL1, CL2, CL3, CL4, CL6, CL7 e CL9 especificados acima são provenientes de trabalhos realizados pelo laboratório, sendo resultados de pesquisa de discentes de graduação, iniciação científica e mestrado. Já os capítulos CL5 e CL8 são frutos de pesquisas em parceria e colaboração com outras universidades.

Outra frente de divulgação dos resultados das pesquisas oriundas do laboratório são os eventos científicos. Nesse sentido, pesquisadores(as) e discentes sempre participam apresentando e publicando trabalhos completos (Quadro 7) e/ou resumos (Quadro 8), no formato de comunicações orais ou em painéis.

Além disso, a aproximação da comunidade, de maneira geral, é algo que também caminha de forma paralela, como mostramos em tópicos anteriores.

Os artigos AE11 a AE24 especificados acima não fazem parte de trabalhos desenvolvidos no laboratório, não obstante, são artigos que contribuíram para a consolidação da produção acadêmica na área, proporcionando a criação do Labintec, e estão diretamente relacionados com os projetos de pesquisa PP4, PP7 e PP8 (Quadro 3).

Os resumos R3 e R4 e o resumo expandido RE3 especificados acima não fazem parte de trabalhos desenvolvidos

QUADRO 7 - Artigos completos publicados em anais de eventos (AE).

N	Ano de publicação	Artigos completos publicados em anais de eventos
AE1	2021	CRUZ, I. M. B.; MARQUES, L. M. E.; FURLAN, E. G. M.; VERASZTO, E. V. A Inclusão de Alunos da Educação Especial no Contexto do Ensino Remoto: Perspectiva do professor. In: <i>I Simposio Latinoamericano de Educación: Educación inclusiva caminos recorridos y retos en la atención a la diversidad</i> , 2021, online. Anais. online, 2021. v.1. p.1 - 12
AE2	2021	MARQUES, L. M. E.; VERASZTO, E. V.; ZANZARINI, B. S.; SOUZA NETO, O. A. Práticas Educativas no Contexto da Pandemia de Covid-19: Perspectivas docentes. In: V Congresso Nacional de Formação de Professores e XV Congresso Estadual Paulista sobre Formação de Educadores, 2021, online. Anais [do] V Congresso Nacional de Formação de Professores e XV Congresso Estadual Paulista sobre Formação de Educadores. São Paulo: UNESP, 2021. v. 7. p. 207-2018.
AE3	2020	VERASZTO, E. V.; POLVERINI, M. S.; CAMARGO, J. T. F.; CAMARGO, E. P. Deficiência Visual e Ensino de Física: Estudo de trabalhos apresentados em eventos científicos nacionais entre 2013 e 2017. In: XVIII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, 2020, online. Anais. São Paulo: SBF, 2020. v.1. p.9 - 9
AE4	2019	VICENTE, N. E. F.; GERALDO, M. L. G.; VERASZTO, E. V. Desenvolvimento de Atividades de Ensino de Biologia Celular para Alunos com Deficiências Visuais. In: XIV EIDE - Encontro Iberoamericano de Educação, 2019, Araraquara. Anais. Araraquara: EIDE, 2019. v.1. p.11 - 14
AE5	2019	VERASZTO, E. V.; CAMARGO, J. T. F.; CAMARGO, E. P. Ensino de Ciências da Natureza e Matemática para Alunos com Deficiência Visual: Breve panorama das pesquisas realizadas na UFSCAR, <i>campus</i> Araras. In: XIV EIDE - Encontro Iberoamericano de Educação, 2019, Araraquara. Anais. Araraquara: EIDE, 2019. v.1. p.1 - 15
AE6	2019	SOUZA NETO, O. A.; VERASZTO, E. V.; CAMARGO, E. P.; CAMARGO, J. T. F.; CAMARGO, E. A. F. Ensino de Física e Educação Inclusiva: Um estudo de pesquisas realizadas na UFSCar, <i>campus</i> Araras. In: XXIII Simpósio Nacional de Ensino de Física – SNEF 2019, 2019, Salvador. Anais. Salvador: SBF, 2019. v.1. p.1 - 7
AE7	2019	GERALDO, M. L. G.; VERASZTO, E. V. Ensino de Química e Deficiência Visual: Construção de categorias de análise para pesquisas realizadas no ensino superior. In: XIV EIDE - Encontro Iberoamericano de Educação, 2019, Araraquara. Anais. Araraquara: EIDE, 2019. v.1. p.1 - 15
AE8	2019	VERASZTO, E. V.; CAMARGO, J. T. F.; CAMARGO, E. P.; VICENTE, N. E. F.; SOUZA NETO, O. A.; MOLENA, J. C.; SANTOS, M. B.; SIQUEIRA, S. R. A.; CAMARGO, E. A. F. Formação de Professores de Ciências e Educação Inclusiva: Análise de pesquisas realizadas na UFSCar, <i>campus</i> Araras. In: XII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – XII ENPEC, 2019, Natal. Anais. Natal: ABRAPEC, 2019. v.1. p.1 - 9
AE9	2019	VERASZTO, E. V.; PEREIRA, P. F. S.; SOUZA NETO, O. A.; CAMARGO, J. T. F.; CAMARGO, E. A. F. Inclusão Escolar e Formação de Professores: Análise de propostas de ensino de óptica geométrica para alunos deficientes visuais. In: XXIII Simpósio Nacional de Ensino de Física – SNEF 2019, 2019, Salvador. Anais. Salvador: SBF, 2019. v.1. p.1 - 8
AE10	2019	VERASZTO, E. V.; SANTOS, M. B.; CAMARGO, E. P. O Ensino de Modelos Atômicos em uma Perspectiva Inclusiva: Desenvolvimento de conteúdo paradidático utilizando a literatura de cordel. In: XIV EIDE - Encontro Iberoamericano de Educação, 2019, Araraquara. Anais. Araraquara: EIDE, 2019. v.1. p.1 - 13
AE11	2018	VERASZTO, E. V.; CAMARGO, J. T. F.; SOUZA NETO, O. A.; MOLENA, J. C.; VICENTE, N. E. F.; CAMARGO, E. A. F.; CAMARGO, E. P. Apropriação de Conhecimentos Científicos por Cegos Congênitos: Aplicações da análise fatorial de correspondência. In: VII Encontro Nacional de Aprendizagem Significativa (7 ENAS), 2018, Blumenau. Anais. Blumenau: FURB, 2018. v.1. p.1 - 9
AE12	2018	VERASZTO, E. V.; CAMARGO, E. P.; CAMARGO, J. T. F.; MOLENA, J. C.; SOUZA NETO, O. A.; SIMON, F. O. Avaliação da Compreensão do Processo de Conceitualização em Ciências por Cegos Congênitos. In: XVII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, 2018, Campos do Jordão. Anais. Campos do Jordão: EPEF, 2018. v.1. p.1 - 8
AE13	2018	VERASZTO, E. V.; PIRES, B. M.; VICENTE, N. E. F.; SOUZA NETO, O. A. Desenvolvimento, Aplicação e Análise de Atividades de Ensino de Óptica para Alunos Cegos e com Baixa Visão. In: XVII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, 2018, Campos do Jordão. Anais. Campos do Jordão: EPEF, 2018. v.1. p.1 - 8
AE14	2018	VICENTE, N. E. F.; VERASZTO, E. V. Desenvolvimento de Atividades de Ensino de Biologia para Alunos com Deficiências Visuais: A questão da inclusão na formação de professores. In: IV Congresso Nacional de Formação de Professores e XIV Congresso Estadual Paulista sobre Formação de Educadores, 2018, Águas de Lindóia. Anais. Águas de Lindóia: CNFP, 2018. v.1. p.1 - 12

Fonte: acervo dos(as) autores(as).

N	Ano de publicação	Artigos completos publicados em anais de eventos
AE15	2018	VICENTE, N. E. F.; PANEGASSI, J. A. C.; VERASZTO, E. V. Desenvolvimento de Atividades de Ensino de Biologia para Alunos com Deficiências Visuais: A questão da inclusão sob uma perspectiva educacional científica. In: VII Encontro Nacional de Aprendizagem Significativa (7 ENAS), 2018, Blumenau. Anais. Blumenau: FURB, 2018. v.1. p.1 - 9
AE16	2018	MOLENA, J. C.; VERASZTO, E. V. Dificuldades de Licenciandos sobre o Ensino de Química para Deficientes Visuais. In: IV Congresso Nacional de Formação de Professores e XIV Congresso Estadual Paulista sobre Formação de Educadores, 2018, Águas de Lindóia. Anais. Águas de Lindóia: CNFP, 2018. v.1. p.1 - 12
AE17	2018	VERASZTO, E. V.; SOUZA NETO, O. A.; VICENTE, N. E. F.; MOLENA, J. C.; CAMARGO, E. P. Formação de Professores de Ciências da Natureza na Perspectiva da Educação Inclusiva: Um estudo de trabalhos realizados na UFSCAR, <i>campus</i> Araras. In: IV Congresso Nacional de Formação de Professores e XIV Congresso Estadual Paulista sobre Formação de Educadores, 2018, Águas de Lindóia. Anais. Águas de Lindóia: CNFP, 2018. v.1. p.1 - 12
AE18	2018	PANEGASSI, J. A. C.; VICENTE, N. E. F.; VERASZTO, E. V. Planejamento e Elaboração de Atividades de Ensino para Alunos com Deficiência Visual sobre Biologia Evolutiva. In: VII Encontro Nacional de Aprendizagem Significativa (7 ENAS), 2018, Blumenau. Anais. Blumenau: FURB, 2018. v.1. p.1 - 9
AE19	2017	VERASZTO, E. V.; YAMAGUTI, M. X.; CAMARGO, J. T. F.; CAMARGO, E. P.; BAIAO, E. R.; SIMON, F. O. Análise das Concepções de Professores e Alunos do Ensino Médio sobre a Formação de Conceitos Físicos em Indivíduos Cegos. In: XXII Simpósio Nacional de Ensino de Física – SNEF 2017, 2017, São Carlos. Anais. São Paulo: SBF, 2017. v.1. p.1 - 8
AE20	2017	CAMARGO, C. P.; STANZANI, E. L.; VERASZTO, E. V.; CAMARGO, E. P. Concepções de Futuros Professores de Química acerca dos Processos de Inclusão na Educação Básica. In: XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – XI ENPEC, 2017, Florianópolis. Anais. Florianópolis: ABRAPEC, 2017. v.1. p.1 - 11
AE21	2017	VERASZTO, E. V.; YAMAGUTI, M. X.; BAIAO, E. R.; CAMARGO, E. P.; CAMARGO, J. T. F.; SIMON, F. O. Estudo com Professores e Alunos do Ensino Médio acerca da Conceitualização em Física por Indivíduos Cegos Congênitos. In: XXII Simpósio Nacional de Ensino de Física – SNEF 2017, 2017, São Carlos. Anais. São Paulo: SBF, 2017. v.1. p.1 - 8
AE22	2016	VERASZTO, E. V.; CAMARGO, E. P.; CAMARGO, J. T. F. A Percepção de Licenciandos na Área de Ciências da Natureza acerca da Compreensão do Conceito de Luz por Cegos Congênitos. In: Encontro de Física 2016, XVI EPEF, 2016, Natal-RN. Anais. Natal-RN: SBF, 2016. p.1 - 9
AE23	2016	VERASZTO, E. V.; CAMARGO, E. P.; CAMARGO, J. T. F. A Visão como Requisito para Conhecimento de Fenômenos Físicos: Um estudo da opinião de licenciandos. In: Encontro de Física 2016, XVI EPEF, 2016, Natal-RN. Anais. Natal-RN: SBF, 2016. p.1 - 8
AE24	2016	VERASZTO, E. V.; CAMARGO, E. P.; CAMARGO, J. T. F. Compreensão do Conceito de Luz por Cegos Congênitos: Um estudo da percepção de professores em formação em Ciências da Natureza. In: III Congresso Nacional de Formação de Professores (CNFP) e XIII Congresso Estadual Paulista sobre Formação de Educadores (CEPFE), 2016, Águas de Lindóia-SP. <i>Proceedings</i> . Águas de Lindóia-SP: UNESP, 2016. v.1. p.2118 - 2125

Fonte: acervo dos(as) autores(as).

no laboratório, não obstante, são trabalhos que contribuíram para a consolidação da produção acadêmica na área, proporcionando a criação do Labintec. O resumo R3 e o resumo expandido R3, são publicações diretamente relacionadas com os projetos de pesquisa 4, 7 e 8 (Quadro 3).

Trabalhos acadêmicos dos discentes

Em relação aos(as) estudantes, podemos apontar que contamos com participação ativa e uma boa procura por atividades relacionadas às linhas de pesquisa do laboratório.

Ao longo dos últimos anos, a demanda tem aumentado, com diferentes níveis de pesquisa desde a certificação do laboratório em 2019, conforme podemos verificar no Quadro 9 abaixo.

Por outro lado, é importante lembrar que as pesquisas que antecederam a criação do laboratório, anteriores a 2019 (também apontadas no Quadro 9), foram importantes para a consolidação das atividades do grupo e para a configuração das linhas de pesquisa que hoje integram o Labintec.

As dissertações de mestrado ME7 e ME8, as pesquisas de Iniciação Científica IC7, IC8, IC11 a IC14 e todos os tra-

Tipo	N	Ano de publicação	Resumos
Resumo (R)	R1	2019	SOUZA NETO, O. A.; VERASZTO, E. V. Um Pressuposto para Aulas Inclusivas de Ciências e Matemática: Ressignificação da educação inclusiva. In: II EEdCM - Encontro de Educação em Ciências e Matemática: políticas públicas para Educação em Ciências e Matemática, 2019, Araras. Anais. São Carlos: FAI, 2019. v.1. p.1 - 1
	R2	2018	VERASZTO, E. V.; SIQUEIRA, S. R. A.; CAMARGO, J. T. F.; SOUZA NETO, O. A.; CAMARGO, E. P. Educação Inclusiva no Âmbito da Formação de Professores de Ciências: Um estudo de trabalhos realizados em universidade brasileira do estado de São Paulo. In: Encontro Internacional VPCT 2018, A voz dos professores de C&T, 2018, Vila Real. Resumos do Encontro Internacional VPCT 2018. Vila Real: Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, 2018. v.1. p.58 - 58
	R3	2018	SIQUEIRA, S. R. A.; VERASZTO, E. V. Inclusão Escolar em Aulas de Ciências da Natureza e Matemática: Uma análise da realidade educacional. In: Encontro Internacional VPCT 2018, A voz dos professores de C&T, 2018, Vila Real. Resumos do Encontro Internacional VPCT 2018. Vila Real: Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, 2018. v.1. p.57 - 57
	R4	2014	ANDRADE, P. G.; VERASZTO, E. V. Análise dos Principais Desafios no Processo de Ensino-Aprendizagem com Discentes Surdos e Deficientes Auditivos. In: IV Semana da Química, 2014, Araras-SP. Caderno de Resumos. Araras: UFSCar, 2014. v.1. p.14 - 14
Resumo expandido (RE)	RE1	2021	NAHUM, B. S. Z.; VERASZTO, E. V. Análise do Conceito de Barreiras Atitudinais: Implicações para a inclusão escolar e o ensino de ciências. In: <i>I Simposio Latinoamericano de Educación: Educación inclusiva caminos recorridos y retos en la atención a la diversidad</i> , 2021, online. Anais. online., 2021. v.1. p.1 - 10
	RE2	2020	GERALDO, M. L. G.; VERASZTO, E. V. Ensino de Química para Deficientes Visuais: Uma síntese de estudos desenvolvidos em uma universidade do estado de São Paulo. In: I Simpósio Sul-Americano de Pesquisa em Ensino de Ciências - SSAPEC, 2020, online. Anais. Cerro Largo: SSAPEC, 2020. v.1. p.1 - 5
	RE3	2016	VERASZTO, E. V. Uma Análise da Percepção de Alunos de Licenciatura em Ciências da Natureza acerca da Participação de Cegos em Atividades Científicas. In: XVIII ENDIPE, "Didática e Prática de Ensino no contexto político contemporâneo: cenas da educação brasileira", 2016, Cuiabá-MT. Anais. Cuiabá-MT: ENDIPE,

Fonte: acervo dos(as) autores(as).

balhos de conclusão de curso TCC 3 a TCC 4 especificados acima não fazem parte de trabalhos desenvolvidos no laboratório, não obstante, são pesquisas que contribuíram para a consolidação da produção acadêmica na área, proporcionando a criação do Labintec.

Além dos trabalhos aqui destacados, é importante apontar que foram apresentados 14 trabalhos em eventos científicos após a criação do laboratório. E 25 trabalhos antecederam a criação do mesmo, auxiliando na consolidação do grupo e agregando às pesquisas de muitos(as) discentes que vieram a fazer parte do Labintec.

Cursos de formação continuada, material didático e conteúdos lúdicos

É igualmente importante destacar que as pesquisas realizadas pelo laboratório possibilitaram o desenvolvimento e aplicação de 2 cursos na UFSCar, no formato de Atividade

de Curricular de Integração Ensino, Pesquisa e Extensão (ACIEPE), destinado ao público interno e externo que tivesse interesse no tema. Esses cursos são:

- Formação de Professores para a Educação Inclusiva na Perspectiva da Deficiência Visual, realizado em 2 versões, uma em 2019 e outra em 2021;
- Concepção e Desenvolvimento de Material Didático para Alunos com Deficiência Visual: Aspectos de formação docente na perspectiva da educação inclusiva, 2020.

Desses cursos, 2 foram realizados no formato remoto, buscando atender a demanda do ensino emergencial durante a pandemia da COVID-19, a saber:

- Formação de Professores para a Educação Inclusiva na Perspectiva da Deficiência Visual, realizado em 2021;
- Concepção e Desenvolvimento de Material Didático para Alunos com Deficiência Visual: Aspectos de formação docente na perspectiva da educação inclusiva, 2020.

QUADRO 9 - Trabalhos de conclusão produzidos pelos discentes.

Nível	Período	Discente	N	Título da pesquisa
Mestrado (ME)	2022 - atual	João Victor Urbano	ME	Ensino de Botânica para Deficientes Visuais e Videntes
	2021 - atual	Brena Santana Zanzarini	ME2	Ciências Biológicas e a Educação Inclusiva: As barreiras atitudinais dentro do ensino
	2021 - atual	Tatiane Bianchini de Godoy	ME3	Experimentação no Ensino de Ciências no Âmbito da Inclusão Escolar
	2020 - 2022	Isabella Maria Buoro da Cruz	ME4	O Ensino de Ciências para Alunos Autistas em Tempos de Pandemia
	2019-2020	Michele Batista dos Santos	ME5	Os Outros Somos Nós: Cordel e elaboração de livro paradidático de química para pessoas com deficiência visual
	2019-2020	Heleine Cristina Villas Bôas Francisco	ME6	O Desenvolvimento de Livros Sensoriais Como Material de Apoio para o Ensino de Habilidades Matemáticas na Educação Infantil: Uma perspectiva inclusiva considerando discentes com deficiência visual
	2018 - 2019	Osório Augusto de Souza Neto	ME7	Ensino de Ciências da Natureza e Matemática: Perspectivas de inclusão escolar em aulas de Ciências da Natureza e Matemática em uma escola do interior paulista
	2017 - 2018	Juliane Cristina Molena	ME8	Ensino de Química para Alunos com Deficiência Visual: Investigando a percepção de professores sobre o processo de conceitualização
Pós-doutorado (PD)	2020 - atual	Alexandre de Oliveira Martins	PD1	Metodologias e Recursos Didáticos para o Ensino de Física para Estudantes com Deficiência Visual: Projeto padrão de símbolos em alto-relevo
	2020 - atual	José Tarcísio Franco de Camargo	PD2	Construção de Objetos de Aprendizagem Digitais: Uma iniciativa interdisciplinar e inclusiva
Iniciação Científica (IC)	2021 - atual	Júlia Stradioto Pacolla	IC1	Ensino de Química para Alunos com Deficiência Visual: Fatores positivos e negativos segundo a perspectiva desses discentes
	2021 - atual	Marcela de Moraes Miranda	IC2	Educação Inclusiva e Ensino de Física: Didática metodológica do estudo do sistema solar
	2019 - 2021	Nathalia Elisa Ferreira Vicente	IC3	Formação de Professores para a Educação Inclusiva: Desenvolvimento de atividades de ensino de Fisiologia Vegetal para alunos deficientes visuais
	2019 - 2021	Marina Lima Guedes Geraldo	IC4	Ensino de Química para Alunos com Deficiência Visual: Um estudo das potencialidades e fragilidades de ações investigativas desenvolvidas no ensino superior
	2017 - 2019	Nathália Elisa Ferreira Vicente	IC5	Desenvolvimento de Atividades de Ensino de Citologia para Alunos com Deficiências Visuais
	2018 - 2019	José Augusto de Castro Panegassi	IC6	Inclusão Escolar e Ensino de Biologia: Planejamento e elaboração de atividades de ensino de Evolução das Espécies para alunos com deficiência visual
	2017- 2018	Michele Batista dos Santos	IC7	A Química na Perspectiva de Adultos Cegos do Centro Dia de Referência de Atendimento para Pessoas com Deficiência de Rio Claro
	2017- 2018	Bruno Mayer Pires	IC8	Desenvolvimento de Atividades de Ensino de Óptica para Alunos Cegos e com Baixa Visão
	2017- 2017	José Augusto Penegassi	IC9	Planejamento e Elaboração de Atividades de Evolução das Espécies para Alunos com Deficiência Visual
	2015 - 2016	Mateus Xavier Yamaguti	IC10	Conceitualização em Ciências por Cegos Congênitos: Um estudo com professores e alunos do ensino médio da rede pública do município de Araras-SP
	2015 - 2016	Elisa Ramos da Silva	IC11	Aplicação e Análise de uma Sequência Didática sobre Ecologia Voltada para Alunos com Deficiência Visual
	2014 - 2015	Tiago Henrique Lima dos Santos	IC12	Processos de Ensino-Aprendizagem em Ciências com Discentes Cegos: Inferências e propostas metodológicas
	2013 - 2014	Priscilla Gaia de Andrade	IC13	Processos de Ensino-Aprendizagem em Ciências com Discentes Surdos: Inferências e propostas metodológicas
	2013 - 2014	Juliane Cristina Molena	IC14	Elaboração de Indicadores de Inclusão de Alunos Surdos em Salas de Aula Regulares. 2014. Iniciação Científica

Fonte: acervo dos(as) autores(as).

QUADRO 9 - Continuação...

Nível	Período	Discente	N	Título da pesquisa
Trabalhos de Conclusão de Curso de Graduação (TCC)	2020 - 2021	Tatiane Gomes Rodrigues	TCC1	O Ensino de Circuitos Elétricos para Alunos Cegos com Modelagem 3D
	2018 - 2019	Felipe Guimarães Carneiro	TCC2	Integração da Física e Cultura no Ensino: Perspectivas e projeções
	2017 - 2018	Maxiwilian Sant Ana Polverini	TCC3	Ensino de Física para Pessoas com Deficiência Visual: Análise dos artigos apresentados nos eventos científicos nacionais nos últimos cinco anos
	2017 - 2018	Michele Batista dos Santos	TCC4	Ensino de Química e a Trajetória Escolar de Deficientes Visuais: Dificuldades e desafios
	2016 - 2017	Láiza Romanelli Santos Amurim	TCC5	Análise do Processo Inclusivo no Ensino de Biologia a partir de um Aluno com Transtorno Específico de Aprendizagem (Leitura e Escrita): Um estudo no município de Pirassununga
	2015 - 2016	Pâmela Freitas de Souza	TCC6	Inclusão Escolar e Formação de Professores: Análise de conteúdo de propostas de aulas inclusivas de Óptica Geométrica para alunos com deficiência visual
	2015 - 2016	Tiago Henrique Lima dos Santos	TCC7	Neuroeducação Inclusiva: Experimento de pressão para deficientes visuais
	2015 - 2016	Elisa Ramos da Silva	TCC8	Aplicação e Análise de uma Sequência Didática sobre Ecologia Voltada para Alunos com Deficiência Visual
	2015 - 2016	Sandra Regina Alves Siqueira	TCC9	Análise do Sistema de Ensino no Processo de Inclusão do Surdo nas Cidades de Limeira, Iracemápolis e Bremen
	2014 - 2015	Bárbara Rotter Feitosa e Murilo Pinho Souto Junior	TCC10	Potencialidades e Limitações do Jogo “Formando Ligações”: Aplicação de jogos no ensino de Química adaptada ao processo ensino-aprendizagem de surdos
	2013 - 2014	Priscilla Gaia de Andrade	TCC11	Análise do Processo de Ensino-Aprendizagem com Discentes Surdos no Ensino de Ciências
	2013 - 2014	Juliane Cristina Molena	TCC12	Indicadores da Inclusão de Alunos Surdos em Salas de Aula Regulares: Um estudo em uma escola do município de Araras-SP
	2013 - 2014	Camila Ariane Bonini Sarraf	TCC13	Inclusão e Ensino de Biologia: Proposta de atividades de Ecologia para processos de ensino e aprendizagem destinados a alunos com deficiência visual
	2013 - 2013	Tábata Barão de Souza	TCC14	Educação Inclusiva e Ensino de Biologia: Um estudo das dificuldades, possibilidades e desafio para inclusão de deficientes visuais

Fonte: acervo dos(as) autores(as).

É importante destacar que ambas ACIEPES foram resultado do trabalho de Iniciação Científica de Nathália Elisa Ferreira Vicente (iniciações científicas IC3 e IC5, Quadro 9). Os cursos abordaram conteúdo teórico e prático, proporcionando o envolvimento do público na elaboração de material didático para ensino de Ciências para discentes com deficiência visual. A relação do material produzido encontra-se no Quadro 10 abaixo.

Todos os trabalhos especificados no Quadro 10 acima foram publicados e encontram-se disponíveis para acesso na Plataforma EduCapes.

Dentre os materiais didáticos temos os recursos (MD4 a MD11) e os livros paradidáticos (MD4) para ensino de Ciências para estudantes com deficiência visual, além de jogos para estudantes autistas (MD1 e MD2).

Por fim, ainda cabe destacar ações do laboratório relativas ao desenvolvimento de jogos e/ou aplicativos com caráter lúdico e/ou educativo (GA1 a GA6), destinado ao público com deficiência visual ou autismo, como resume o Quadro 11 abaixo.

A atividade GA1 especificada acima foi desenvolvida de forma a contribuir com a aprendizagem de cores por alunos(as) do ensino fundamental I com determinado grau de autismo. Por sua vez, as atividades GA2 e GA3 procuram promover a inclusão do(a) aluno(a) cego(a) ou com baixa visão, mostrando que o acesso aos jogos digitais não se limita aos(as) alunos(as) com visão considerada “normal”. Além de promover a inclusão, estas atividades também pretendem contribuir para o desenvolvimento do raciocínio lógico no espaço bidimensional do(a) aluno(a) cego(a) ou com baixa

QUADRO 10 - Produção de material didático ou instrucional (MD).

N	Ano	Material didático ou instrucional
MD1	2022	GODOY, T. B.; VERASZTO, E. V. Jogo da Tabuada.
MD2	2022	GODOY, T. B.; VERASZTO, E. V. Jogo Iônico-Covalente para Alunos com TEA.
MD3	2020	PACOLLA, J. S.; VERASZTO, E. V. A Boneca de Carolina: Livro ilustrativo do tema identidades e diferenças.
MD4	2022	MARTINS, A. O.; VERASZTO, E. V.; CAMARGO, E. P.; SOUZA, V. M.; ZANZARINI, B. S.; MARQUES, L. M. E. Ensino de Física para Estudantes Cegos: Padrão de Símbolos em alto-relevo.
MD5	2020	PACOLLA, J. S.; VERASZTO, E. V. Material Didático para o Ensino de Pressão dos Gases para Alunos com Deficiência Visual.
MD6	2020	MARQUES, L. M. E.; VERASZTO, E. V. Material Lúdico como Apoio no Estudo da Subtração com Reserva.
MD7	2020	MARQUES, L. M. E.; VERASZTO, E. V.; VICENTE, N. E. F. Régua para os Alunos com Deficiência Visual.
MD8	2019	VICENTE, N. E. F.; VERASZTO, E. V. Atividade Didática sobre Complexo de Golgi para Alunos com Deficiência Visual.
MD9	2019	SANTOS, M. B.; FRANCISCO, H. V. B.; VERASZTO, E. V.; SILVA, F. C. B. Livro Sensorial de Formas Geométricas para Deficientes Visuais.
MD10	2019	VICENTE, N. E. F.; VERASZTO, E. V. Sequência de Atividades Didáticas sobre Membrana Plasmática para Alunos com Deficiência Visual.
MD11	2019	VICENTE, N. E. F.; VERASZTO, E. V. Sequência de Atividades Didáticas sobre Retículo Endoplasmático para Alunos com Deficiência Visual.

Fonte: acervo dos(as) autores(as).

QUADRO 11 - Jogos Digitais e/ou Aplicativos (GA).

N	Ano	Material didático ou instrucional
GA1	2019	CAMARGO, J. T. F.; CAMARGO, E. A. F.; VERASZTO, E. V. Aplicativo para Dispositivo Móvel: ‘Vamos brincar com as cores?’
GA2	2019	CAMARGO, J. T. F.; BEZAN, R.; MENDES, G. A.; SILVA, R. P.; CAMARGO, E. A. F.; VERASZTO, E. V. Aplicativo para Smartphone: Batalha Naval.
GA3	2019	CAMARGO, J. T. F.; SILVA, R. P.; MENDES, G. A.; BEZAN, R.; CAMARGO, E. A. F.; VERASZTO, E. V. Batalha Naval: Um jogo de computador para inclusão de deficientes visuais.
GA4	2019	MONFERDINI NETTO, A.; CAMARGO, J. T. F.; VERASZTO, E. V.; CAMARGO, E. A. F.; BARRETO, G.; CANDIDO, J.; ACETI, P. A. Z.; GIBOSHI, M. L. Lê pra Mim: Um aplicativo para dispositivos móveis para a inclusão de deficientes visuais.

Fonte: acervo dos(as) autores(as).

visão. A atividade GA4 visa incluir o(a) aluno(a) cego(a) ou com baixa visão de forma instrumental, fornecendo um recurso (aplicativo) que facilite a realização de atividades rotineiras no ambiente escolar ou doméstico.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O processo de escrita deste artigo possibilitou revisitar estudos desenvolvidos dentro do Labintec, de modo a auxiliar a consideração de aspectos essenciais nas pesquisas e produções desenvolvidas que trazem como viés o trabalho com a inclusão escolar.

A passagem pelo histórico do laboratório na UFSCar, *campus* Araras favoreceu uma maior compreensão do nosso ponto de partida, assim como um melhor entendimento das diferentes formas que os esforços somados dos(as) colaboradores(as) ajudaram e ainda ajudam para o desenvolvimento do tripé acadêmico de ensino, pesquisa e extensão.

A produção caminha amparada por projetos de pesquisa ou extensão, contando com a participação de pesquisadores(as) e estudantes de doutorado, mestrado, iniciação científica ou desenvolvimento de trabalhos de conclusão de curso de graduação. O laboratório também possui parceria com outras instituições e grupos de pesquisa, cujos

membros somam esforços para a produção acadêmica e difusão do conhecimento gerado na universidade.

Muitos projetos ainda estão em vias de desenvolvimento, e a meta de realizar um evento científico do grupo é a próxima etapa que deverá ser consolidada em breve.

Também cabe ressaltar que o Labintec não se resume somente aos trabalhos focados na questão da inclusão escolar, mesmo sendo este o aspecto aqui destacado. Temos trabalhos voltados à instrumentalização para o ensino de Ciências, e ao desenvolvimento de pesquisas que focam em metodologias de ensino de história e epistemologia das Ciências. Mas esses aspectos serão apresentados em trabalhos futuros, buscando fazer uma nova síntese de outros vieses investigativos do grupo.

Por fim, cabe destacar que os trabalhos continuam em desenvolvimento, e tanto os(as) autores(as) quanto os demais membros do grupo estão sempre receptivos a novas parcerias, bem como se sentem realizados em poder compartilhar o trabalho com quem tiver interesse na área.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRASIL. Ministério de Educação e Cultura – MEC. Lei nº 9394/96, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as Diretrizes e Bases da Educação Nacional. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 23 dez. 1996.
- BRASIL. Decreto nº 10.502, de 30 de setembro de 2020. Institui a política nacional de educação especial: equitativa, inclusiva e com aprendizado ao longo da vida. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 30 set. 2020. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/decreto-n-10.502-de-30-de-setembro-de-2020-280529948>>. Acesso em: 30 ago. 2022.
- CAMARGO, E. P. **Saberes docentes para a inclusão do aluno com deficiência visual em aulas de Física**. 1. ed. São Paulo: Unesp, 2012a. v. 1. 260 p. <http://dx.doi.org/10.7476/9788539303533>.
- CAMARGO, E. P. O perceber e o não perceber: algumas reflexões acerca do que conhecemos por meio de diferentes formas de percepção. In: MASINI, E. F. S. (Org.). **Perceber: raiz do conhecimento**. São Paulo: Vetor, 2012b.
- CAMARGO, E. P. **Saberes docentes mobilizados nos contextos da formação em licenciatura em física e dos estudantes com e sem deficiência visual**. Tese (Livre-docência)-Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Ilha Solteira, 2016a. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/143042>>. Acesso em: 30 ago. 2022.
- CAMARGO, E. P. **Ensino de ciências e inclusão escolar: investigações sobre o ensino e a aprendizagem de estudantes com deficiência visual e estudantes surdos**. 1. ed. Curitiba: CRV, 2016b. v. 1. 232 p.
- CAMARGO, E. P. Anedotário do cego. In: CAMARGO, E. P. **Estrangeiro**. São Paulo: Plêiade, 2017. cap. 3, p. 65-78.
- CAMARGO, E. P.; NARDI, R. Contextos comunicacionais adequados e inadequados à inclusão de alunos com deficiência visual em aulas de Mecânica. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 12, n. 2, p. 27-48, 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21172010120203>.
- CAMARGO, E. P. et al. Contextos comunicacionais adequados e inadequados à inclusão de alunos com deficiência visual em aulas de óptica. **REEC. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, Vigo, v. 8, p. 98-122, 2009.
- CAMARGO, E. P.; NARDI, R.; VERASZTO, E. V. A comunicação como barreira à inclusão de alunos com deficiência visual em aulas de óptica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 30, n. 3, p. 3401.1, 2008a. <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-11172008000300016>.
- CAMARGO, E. P.; NARDI, R.; VERASZTO, E. V. A comunicação como barreira à inclusão de alunos com deficiência visual em aulas de eletromagnetismo. **Revista Iberoamericana de Educación**, Madrid, v. 47, n. 5, p. 1-18, 2008b. <http://dx.doi.org/10.35362/rie4752269>.
- DELIZOICOV, D. **Concepção problematizadora do ensino de ciências na educação formal**. Dissertação (Mestrado em Física)-Universidade de São Paulo, São Paulo, 1982.
- DELORS, J. **Educação: um tesouro a descobrir**. 6. ed. São Paulo: Cortez, 2001.
- FELIPE, A. A. C.; GOMES, J. F. A parceria entre ciência da informação e responsabilidade social universitária para fins de inclusão social. **RDBCI: Revista Digital de Biblioteconomia e Ciência da Informação**, Campinas, v. 12, n. 1, p. 147-163, 2014. <http://dx.doi.org/10.20396/rdbci.v12i1.1622>.
- FREIRE, P. **Extensão ou comunicação?** 7. ed. Rio de Janeiro, Paz e Terra, 1983. 93 p.
- FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa**. Rio de Janeiro: Paz & Terra, 1996.
- FREIRE, P.; SHOR, I. **Medo e ousadia: o cotidiano do professor**. 13. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2011.
- MANTOAN, M. T. E. **Inclusão escolar: o que é? Por quê? Como fazer?** São Paulo: Moderna, 2003.
- MOLENA, J. C.; ANDRADE, P. G.; VERASZTO, E. V. Indicadores da inclusão de alunos surdos em salas de aula regulares. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, Vigo, v. 16, p. 257-279, 2017.
- NAKAMORI, S. et al. A contribuição da academia para mobilidade urbana sustentável por meio do programa de extensão universitária da UFPR-Ciclovida. **Revista Políticas Públicas & Cidades**, São Carlos, v. 1, n. 2, p. 145-163, 2015. <http://dx.doi.org/10.23900/2359-1552v2-n1-145-163-2020-03>.
- NATAL, C. B.; ALVIM, M. H. A divulgação científica e a inclusão social. **Revista do EDICC**, Campinas, v. 5, p. 76-86, 2018.
- PISETTA, M. A. A. M.; SANTIAGO, M. C. A tríade ensino, pesquisa e extensão no fazer universitário com a inclusão de alunos com autismo: intervenções educacionais e psicanalíticas. **Revista on line de Política e Gestão Educacional**, Araraquara, v. 23, n. esp1, p. 836-855, 2019. <http://dx.doi.org/10.22633/rpge.v23iesp.1.12945>.
- POLVERINI, M. S. et al. Ensino de Física para pessoas com deficiência visual: análise de trabalhos apresentados em eventos

- científicos nacionais entre 2013 e 2017. **Revista Iberoamericana de Educación**, Madrid, v. 85, n. 2, p. 95-118, 2021. <http://dx.doi.org/10.35362/rie8523794>.
- RODRIGUES, A. J. Contextos de aprendizagem e integração/inclusão de alunos com necessidades educativas especiais. In: RIBEIRO, M. L. S.; BAUMEL, R. C. R. (Org.). **Educação especial: do querer ao fazer**. São Paulo: Avercamp, 2003. p. 13-26.
- SCHÖN, D. A. **Educando o profissional reflexivo: um novo design para o ensino e a aprendizagem**. Porto Alegre: Artes Médicas, 2000.
- SILVA, L. L.; DEBOÇÃ, L. P. Avaliando as práticas extensionistas na Universidade Federal de Viçosa–Campus Rio Paranaíba: das diretrizes do FORPROEX às percepções de atores envolvidos. **Revista GUAL**, Florianópolis, v. 11, n. 1, p. 116-137, 2017.
- SILVA, T. T. A produção social da identidade e da diferença. In: SILVA, T. T. (Org.). **Identidade e diferença: a perspectiva dos estudos culturais**. 7. ed. Petrópolis: Vozes, 2007. p. 73-102.
- SILVA, W. P. Extensão universitária: um conceito em construção. **Revista Extensão & Sociedade**, Natal, v. 11, n. 2, p. 21-32, 2020.
- SOUZA NETO, O. A.; VERASZTO, E. V. **Perspectivas de inclusão escolar em aulas de Ciências da Natureza e da Matemática: estudo de caso em escola do interior paulista**. Belém: RFB, 2020. v. 1. 160 p.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS – UFSCar. Pró-Reitoria de Extensão – ProEx. **Resolução CoEx nº 03/2016, de 17 de março de 2016**. 2016. Disponível em: <<https://www.proex.ufscar.br/arquivos/normas-regras-e-outros/resolucao-coex-03-17-03-2016-regimento-geral-da-extensao.pdf>>. Acesso em: 30 ago. 2022.
- VICENTE, N. E. F.; GERALDO, M. L. G.; VERASZTO, E. V. Desenvolvimento de atividades de ensino de biologia celular para alunos com deficiências visuais. In: ENCONTRO IBEROAMERICANO DE EDUCAÇÃO (EIDE), 14., 2019, Araraquara. **Anais...** Araraquara: EIDE, 2019. v. 1, p. 11-14.
- WOODWARD, K. Identidade e diferença: uma introdução teórica e conceitual. In: SILVA, T. T. (Org.). **Identidade e diferença: a perspectiva dos estudos culturais**. 7. ed. Petrópolis: Vozes, 2007. p. 7-72.
- ZEICHNER, K. M. **A formação reflexiva de professores**. Lisboa: E.D.U.C.A., 1993.

Análise de níveis máximos/ mínimos de variáveis relacionadas às ciências agrárias sob a teoria de valores extremos

*Maximum/minimum levels analysis of
agricultural sciences related variables thought
extreme values theory*

Gilberto Rodrigues Liska¹ 
Josiane Rodrigues² 

¹Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Departamento de Tecnologia Agroindustrial e Socioeconomia Rural (DTAiSeR), Araras, SP, Brasil. gilbertoliska@ufscar.br

²Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Departamento de Tecnologia Agroindustrial e Socioeconomia Rural (DTAiSeR), Araras, SP, Brasil. josirodrigues@ufscar.br

RESUMO A vida em nosso planeta depende da ocorrência harmoniosa de diversas variáveis meteorológicas. A ocorrência das chuvas, por exemplo, é de grande importância para manutenção dos mananciais, dos quais as vidas humana e animal são extremamente dependentes. No entanto, tanto a ocorrência em excesso quanto a não ocorrência de chuva por um longo período de tempo podem provocar danos à sociedade. Dessa forma, para muitas variáveis, eventos meteorológicos em níveis médios não representam grandes riscos à sociedade, mas a ocorrência de níveis máximos ou mínimos pode gerar grandes transtornos. Entre esses casos, há a poluição do ar, que atualmente representa um dos maiores problemas da Saúde Pública. A Agência de Proteção Ambiental Americana determina, para o controle de material particulado com diâmetro menor ou igual a 10 μm , MP_{10} , que níveis acima 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ no ar provocam danos à saúde. O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) determina, para controle de Dióxido de Nitrogênio (NO_2) e Ozônio (O_3), que níveis acima 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e 160 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, respectivamente, também provocam danos à saúde. Uma metodologia que tem se tornado importante para a análise de eventos extremos é a Teoria de Valores Extremos, que permite fornecer dados quanto à ocorrência de tais eventos em termos probabilísticos, bem como o nível esperado para uma quantidade específica de tempo, denominada nível de retorno. Dado o exposto, o presente capítulo tem por objetivo discutir o uso da teoria de valores extremos em variáveis extremas de poluentes atmosféricos, assim como alguns avanços recentes dessa teoria. Para tal, serão abordadas duas situações envolvendo as cidades de Cubatão e Paulínia, ambas do estado de SP, considerando modelos probabilísticos univariados e bivariados para calcular a probabilidade de níveis máximos de poluentes a serem superados, bem como o nível máximo esperado para dado período de retorno.

Palavras-chave: Probabilidade; nível de retorno; poluição atmosférica; distribuição bivariada; planejamento estratégico.



Este é um capítulo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença [Creative Commons Attribution](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

ABSTRACT Life on our planet depends on the harmonious occurrence of several meteorological variables. For example, the occurrence of rain is of significant importance for the maintenance of water sources, on which human and animal life are extremely dependent. However, the excessive occurrence, or the non-occurrence of rain for an extended period, can cause damage to society. Thus, for many meteorological variables, the occurrence of average levels does not represent great risks to society, but the occurrence of maximum or minimum levels can generate great inconvenience. Among these events, there is air pollution, which today represents one of the biggest public health problems. The US Environmental Protection Agency determines for the control of particulate matter with a diameter less than or equal to 10 μm , MP10, that levels above 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in the air cause damage to health. The National Environment Council (CONAMA) determines for the control of Nitrogen Dioxide (NO_2) and Ozone (O_3), that levels above 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ and 160 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, respectively, cause damage to health. A methodology that has become important for the analysis of extreme events is the Extreme Values Theory, which allows providing the occurrence in probabilistic terms of such events, as well as the expected level for a specified amount of time, called the return level. Given the above, this chapter aims to discuss the use of extreme value theory in extreme variables of air pollutants and some recent advances in this theory. To this end, two situations involving the cities of Cubatão and Paulínia, both in the state of SP, will be addressed, considering univariate and bivariate probabilistic models to calculate the probability of maximum levels of pollutants being exceeded, as well as the maximum expected level given a return period.

Keywords: Probability; return level; atmospheric pollution; bivariate distribution; strategic planning.

1. ASPECTOS GERAIS SOBRE POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA

Segundo Delfini Cançado et al. (2006), a poluição atmosférica pode ser definida como a presença de substâncias estranhas na atmosfera sob a forma de gases e partículas, resultantes da atividade humana ou de processos naturais, em concentrações suficientes para interferir direta ou indiretamente na saúde, segurança e bem-estar dos seres vivos. O problema da poluição atmosférica atualmente representa um dos maiores problemas da Saúde Pública (BHUNIA; DING, 2020).

No início do século XX, ocorreram três episódios de elevações abruptas da concentração de poluentes do ar, ocasionando aumentos da morbimortalidade: no Vale do Meuse - França, em Donora - Pensilvânia - EUA, e em Londres - Inglaterra. Esses episódios foram os primeiros a chamar a atenção das autoridades governamentais, estimulando a realização de diversos estudos epidemiológicos e experimentais que identificaram os principais poluentes e suas repercussões sobre a saúde (PINTO; REISEN; MONTE, 2019).

Castro, Gouveia e Escamilla-Cejudo (2003) relatam que em 1990 foram lançados na atmosfera terrestre cerca de 100 milhões de toneladas de óxidos de enxofre (SO e SO_2), 68 milhões de toneladas de óxidos de nitrogênio (NO e NO_2), 57 milhões de toneladas de Material Particulado (MP) e 177 milhões de monóxido de carbono (CO). Como

estabelecido acima, a poluição do ar atualmente representa um dos maiores problemas da Saúde Pública, afetando tanto a saúde dos seres humanos quanto de outros animais e plantas. O rápido avanço tecnológico do mundo moderno trouxe consigo um aumento na quantidade e na variedade de poluentes eliminados na atmosfera, prejudicando seriamente a qualidade de vida em nosso planeta. E, segundo Mascarenhas et al. (2008), crianças, adolescentes e idosos são as faixas etárias que mais sofrem com esse processo, visto que, para além de acarretar problemas de saúde, a poluição do ar apresenta também efeitos deletérios sobre a mesma.

Baseados em achados decorrentes, vários países, inclusive o Brasil com o Conselho Nacional de Meio Ambiente-CONAMA em 1990, estabeleceram padrões de qualidade, ou seja, os limites máximos tolerados, a partir dos quais a população exposta sofreria danos à saúde (Quadro 1). Em Delfini Cançado et al. (2006) são apresentados os valores dos padrões de qualidade do ar segundo a Agência de Proteção Ambiental Americana (Environmental Protection Agency - EUA), onde o limite para o Material Particulado (MP_{10}) é de 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para o nível limite de 24 horas.

O Conselho Nacional do Meio Ambiente preconiza que valores acima de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ podem acarretar danos à população exposta e, conforme a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (2021), nesse nível, pessoas de grupos sensíveis, como crianças, idosos ou pessoas com doenças

QUADRO 1 - Padrões nacionais de qualidade do ar para os principais poluentes, segundo a *Resolução CONAMA nº 03 de 28/06/90*.

Poluentes	Tempo de amostragem	Padrão($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Método de medição
Partículas Inaláveis (MP_{10})	Média aritmética anual	50	Separação inercial/filtração
	Nível limite para 24 horas	150	
Ozônio (O_3)	Média de 1 hora máxima diária	160	Quimiluminescência
Dióxido de Enxofre (SO_2)	Nível limite para 24 horas	100	Pararosanilina
	Média aritmética anual	40	
Monóxido de Carbono (CO)	Nível máximo em 8 horas	10 (9 ppm)	Infravermelho não dispersivo
	Nível máximo em 1 hora	40 (35 ppm)	
Dióxido de Nitrogênio (NO_2)	Nível máximo em 1 hora	190	Quimiluminescência
	Média aritmética anual	100	

Fonte: Centro Tecnológico de Saneamento Básico - CETESB, relatório da qualidade do ar no estado de São Paulo, 2008.

respiratórias e cardíacas podem apresentar sintomas como tosse e cansaço. Níveis acima de $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ podem acarretar danos à população em geral, como tosse seca, cansaço, ardor nos olhos, nariz e garganta, podendo causar efeitos mais sérios para a saúde de pessoas em grupos sensíveis.

Estudos mostram que o material particulado representa um dos poluentes atmosféricos que mais causam problemas de saúde, possuindo relação significativa com o aumento de atendimentos hospitalares e mortes prematuras. Segundo Mascarenhas et al. (2008), esse material é responsável por 800.000 mortes em todo o mundo, das quais 35.000 ocorrem somente na América Latina.

De acordo com Castro, Gouveia e Escamilla-Cejudo (2003), os materiais particulados ou partículas inaláveis são fragmentos de material sólido ou líquido que ficam suspensos no ar, na forma de poeira, neblina, aerossol, fumaça, fuligem e etc. Seu tamanho pode variar entre diâmetros de $2,5$ a $30 \mu\text{m}$. O presente trabalho faz um estudo das partículas com diâmetros menores que $10 \mu\text{m}$, denotado por MP_{10} , devido à capacidade dessas partículas de atingir as porções inferiores mais distais do trato respiratório, onde ocorrem as trocas gasosas. As principais fontes desses poluentes são as indústrias, os transportes e, dentro dos domicílios, a combustão do tabaco e o fogão a gás.

O O_3 é uma variedade alotrópica do oxigênio, apresentando-se sob a forma de um gás azul pálido, de odor picante característico. Presente na troposfera, é formado por uma série de reações catalisadas pela luz do sol (raios ultravioleta), envolvendo como precursores os óxidos de nitrogênio (NO e NO_2) e os hidrocarbonetos, derivados das emissões de veículos, indústrias e usinas termoeletricas. É um agente oxidante muito ativo e tóxico. Sua formação se dá a partir da reação do oxigênio molecular (O_2) com o oxigênio atômico (O). O NO_2 produz o oxigênio atômico através de uma reação fotoquímica, portanto, sua combinação com o O_2 produz O_3 (DUCHIADÉ, 1992). O NO é um gás tóxico incolor que reage espontaneamente com o oxigênio e muito

fortemente com o ozônio, produzindo NO_2 . Forma-se nos processos de combustão, por exemplo, nas caldeiras e motores de combustão interna, aumentando sua produção com a elevação de temperatura e participando ativamente das reações atmosféricas. De forma que a principal fonte de NO e NO_2 é a emissão de veículos automotores, além das outras fontes secundárias de produção, como a combustão do gás de cozinha e o fumo de cigarro (CASTRO; GOUVEIA; ESCAMILLA-CEJUDO, 2003).

Estudos sobre poluição

Segundo Ware et al. (1981), a literatura sobre o assunto levanta uma polêmica no que diz respeito ao estabelecimento de critérios para os níveis máximos toleráveis de poluição, que envolvem gastos elevados para a adoção de medidas de controle. Nas palavras dos próprios autores, é especialmente importante realizar uma medida direta e um controle cuidadoso dos potenciais fatores de confusão, tal qual uma medida mais apurada da exposição individual à poluição. A necessidade de tais pesquisas deverá crescer com a alteração dos padrões de consumo de energia, em resposta à limitada disponibilidade de petróleo e gás natural. Conforme os autores, modelos cada vez mais sofisticados, como o de regressão, permitem o controle mais eficaz dos fatores de confusão que poderiam interferir na análise dos dados.

De acordo com Martins et al. (2001), vários trabalhos realizados sobre o assunto mostram que, mesmo se os poluentes atmosféricos estivessem dentro dos padrões permitidos para a qualidade do ar, os mesmos continuariam afetando a morbidade e mortalidade por problemas respiratórios. É sugerido então que esses limites de qualidade do ar sejam reavaliados.

Para Delfini Cançado et al. (2006) estudos também demonstram que indivíduos idosos e com histórico de doenças cardiovasculares, cada vez mais frequentes na sociedade contemporânea, constituem populações mais suscetíveis,

reforçando que, para além do tabagismo, sedentarismo e dieta, a poluição do ar é um importante fator de risco a ser controlado.

Trabalhos como o de Nascimento et al. (2006), Mascarenhas et al. (2008), Gouveia et al. (2006) e Martins et al. (2001) abordam o assunto sob análises descritivas dos dados de poluição atmosférica, estimando suas relações através dos coeficientes de correlação de Pearson, assim como a associação entre o número de internações por doenças respiratórias e a poluição atmosférica por meio de modelos aditivos generalizados (MAG) da regressão de Poisson.

Estudos como os de Delfini Cançado et al. (2006), Gomes (2002) e Gouveia (1999) se dão também por meio de revisões teóricas sobre este problema, analisando suas repercussões na saúde dos indivíduos expostos a fim de conscientizar e promover medidas junto aos órgãos competentes.

Outros, como o de Moreira, Tirabassi e Moraes (2008), discutem a importância dos eventos meteorológicos na dispersão dos poluentes e a sua deposição no solo e que, recentemente, o melhoramento da descrição e previsão dos fenômenos de poluição é devido ao aprimoramento dos modelos meteorológicos.

2. MÉTODOS ESTATÍSTICOS APLICADOS NA ANÁLISE DE EVENTOS EXTREMOS DE POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA

Modelos probabilísticos univariados para análise de eventos extremos

A Teoria de Valores Extremos (TVE) desempenha um papel fundamental em estudos relacionados a medições físicas, aplicada com a finalidade de descrever o comportamento de eventos raros (SÁ et al., 2018). A TVE abarca duas metodologias: uma primeira abordagem divide uma série de dados em vários blocos, de onde são extraídos os valores máximos ou mínimos de cada bloco, para então aplicar uma distribuição de Valores Extremos, que pode ser do tipo Weibull, Gumbel ou Fréchet; e uma segunda abordagem considera todos os valores acima de um certo patamar, conhecida como metodologia POT (“Peaks Over Threshold”) (MARTINS et al., 2020).

A modelagem via metodologia POT é útil em aplicações práticas da teoria de valores extremos para diversas áreas, como na determinação de um patamar para a velocidade do vento, na determinação de valor de risco para a bolsa de valores, na avaliação do risco de contratos para seguradoras, dentre outras aplicações (FERREIRA; BEIJO; AVELAR, 2022).

A seguir são fornecidos mais detalhes sobre o uso de ambas as metodologias. O uso das metodologias POT e Blocos Máximos são comparadas na análise de dados de poluição

atmosférica com as probabilidades de sua ocorrência, para que se tenha uma noção dos riscos à população exposta.

Metodologia

Foram utilizados os dados do período de janeiro de 2003 a outubro de 2009, disponibilizados pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB) dos municípios de Paulínia e Cubatão, relativos às concentrações diárias de MP_{10} . Definiu-se o inverno para a abrangência do estudo, visto que corresponde ao período de maior incidência do poluente atmosférico MP_{10} .

Para a metodologia dos Blocos Máximos, as séries de dados foram arranjadas retirando os valores máximos mensais de cada ano, obtendo então um vetor de máximos mensais. Para a metodologia POT, estimou-se um limiar a partir da série original, chegando então a uma subsérie mensal, com os valores máximos acima do limiar estimado.

É possível utilizar dois métodos para a seleção do limiar, conforme proposto por Coles (2001), consistindo na inspeção gráfica do comportamento da média dos excedentes em diferentes limiares e, da mesma forma, na análise dos parâmetros da distribuição generalizada de Pareto. O procedimento se encontra ilustrado nos gráficos da Figura 1 abaixo.

Uma vez especificado o limiar, a distribuição de probabilidade deve ser suposta e aplicada. Para tal, como se trata de valores máximos, será utilizada a distribuição Gumbel, que tem apresentado bons resultados em situações similares.

A função densidade de probabilidades da distribuição Gumbel, com a variável aleatória X associada aos valores máximos, denotada por $f(x; \mu, \sigma)$, é dada por:

$$f(x; \mu, \sigma) = \frac{1}{\sigma} \exp \left\{ - \left(\frac{x - \mu}{\sigma} \right) - \exp \left[- \left(\frac{x - \mu}{\sigma} \right) \right] \right\} \quad (1)$$

em que μ é denominado *parâmetro de posição* e $-\infty < \mu < \infty$, σ é o *parâmetro de escala* e $\sigma > 0$. Os estimadores de Máxima Verossimilhança dos parâmetros μ e σ são dados por:

$$\hat{\mu} = -\hat{\sigma} \ln \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \exp \left(\frac{-x_i}{\hat{\sigma}} \right) \right] \quad (2)$$

$$\hat{\sigma} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i - \frac{\sum_{i=1}^n x_i \exp \left(\frac{-x_i}{\hat{\sigma}} \right)}{\sum_{i=1}^n \exp \left(\frac{-x_i}{\hat{\sigma}} \right)} \quad (3)$$

A verificação do ajuste da distribuição Gumbel aos dados pode ser feita mediante um teste de aderência. Para tal, foi utilizado o teste de Kolmogorov-Smirnov, em conformidade com Blain (2014), adotando 5% como nível de signifi-

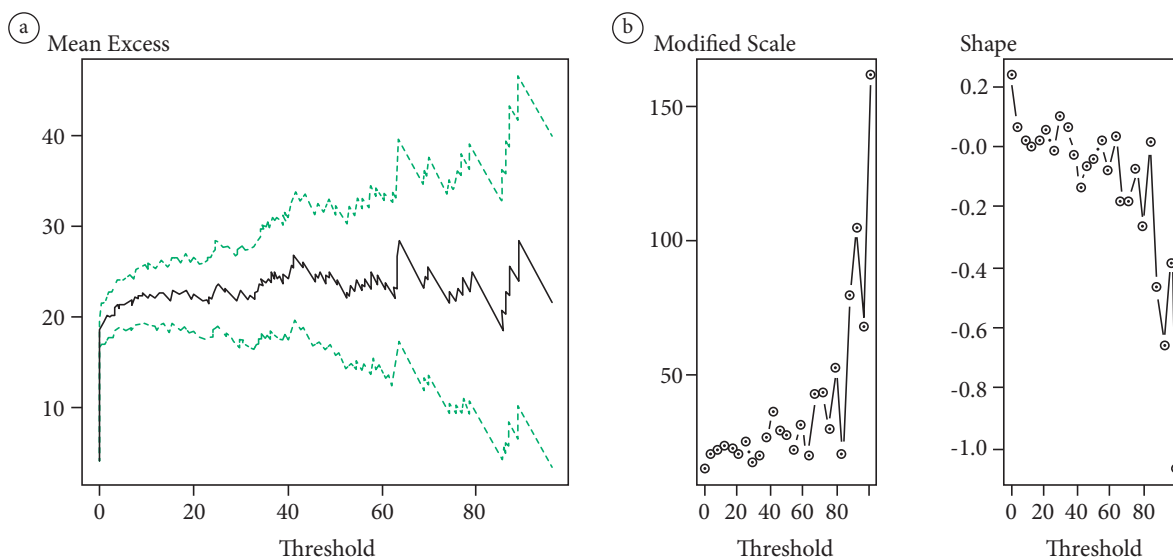


FIGURA 1 - Exemplo de (a) gráfico da média dos excessos, e (b) gráfico para a escolha do limiar.

ficância. A verificação da precisão das estimativas dos parâmetros da distribuição Gumbel foi feita utilizando o Erro Padrão Relativo das estimativas dos parâmetros $\hat{\mu}$ e $\hat{\sigma}$, que são dados por:

$$EPR_{\hat{\mu}} = \frac{EP_{\hat{\mu}}}{\hat{\mu}} \times 100\% \quad \text{e} \quad EPR_{\hat{\sigma}} = \frac{EP_{\hat{\sigma}}}{\hat{\sigma}} \times 100\% \quad (4)$$

em que $EP_{\hat{\mu}} = DP(\hat{\mu}) / \sqrt{n}$, $EP_{\hat{\sigma}} = DP(\hat{\sigma}) / \sqrt{n}$ e n é o número de observações. De acordo com Bautista, Zocchi e Angelocci (2004), os desvios-padrão $DP(\hat{\mu})$ e $DP(\hat{\sigma})$ são obtidos através da matriz de variância e covariância dada pelo inverso da matriz de informação de Fisher.

Dada a especificação da distribuição Gumbel e suas estimativas de parâmetros, é possível proceder com o cálculo de probabilidades. A probabilidade P de ocorrer um evento extremo maior que um certo valor x é estimada utilizando o complementar da função de distribuição acumulada da distribuição Gumbel, da seguinte forma:

$$P(X > x) = 1 - F(x; \hat{\mu}, \hat{\sigma}) = 1 - \int_{-\infty}^x f(x; \hat{\mu}, \hat{\sigma}) dx = 1 - \exp\left\{-\exp\left[-\left(\frac{x - \hat{\mu}}{\hat{\sigma}}\right)\right]\right\} \quad (5)$$

em que x é o valor do evento máximo do período.

O uso da distribuição Gumbel segundo a Teoria de Valores Extremos requer que os níveis máximos de poluente sejam variáveis aleatórias independentes e livres de tendência. Para atender a esses pressupostos, foram utilizados os testes de Ljung-Box e “runs test”, conforme estabelecido por Liska e Beijo (2012), ambos ao nível de 5% de significância.

Para a estimação do limiar, realização dos testes, estimação dos parâmetros e cálculo das probabilidades, foi utilizado o pacote estatístico *evd* (STEPHENSON, 2002) do Sistema Computacional Estatístico R (R CORE TEAM, 2021).

Resultados dos ajustes da distribuição Gumbel e probabilidades de ocorrência de níveis máximos de poluentes atmosféricos

As séries são aleatórias mediante resultados do teste “runs test”, com p -valores que variam de 0,058 a 0,998 nas séries mensais, em ambas as metodologias. O teste de Ljung-Box mostrou que as séries na Metodologia POT são independentes, com p -valores que variaram de 0,252 a 0,812 para as séries mensais (n° de valores acima do limiar variou de 8 a 23). As séries constituídas pela metodologia dos Blocos Máximos também são independentes, com p -valores que variaram de 0,057 a 0,998 nas séries de 30 dias. Os resultados do teste de Kolmogorov-Smirnov mostraram que a distribuição Gumbel se ajustou aos dados em ambas as metodologias, com p -valores que variaram de 0,173 a 0,719 nas séries mensais.

Na Quadro 2, observa-se que as estimativas para os parâmetros de posição e escala apresentaram valores menores em todos os casos estudados quando se utilizou a metodologia POT. O mesmo ocorre com o erro padrão. Os erros padrões relativos das estimativas dos parâmetros μ e σ obtidas pela metodologia dos Blocos Máximos são maiores do que os obtidos pela metodologia POT, apontando que este último apresentou menor variabilidade, gerando estimativas mais precisas.

Trabalhos como os de Kütchenhoff e Thamerus (1996) analisaram os valores extremos diários de dados de polui-

QUADRO 2 - Estimativas dos parâmetros da distribuição Gumbel obtidos pelo método da Máxima Verossimilhança via metodologias POT (*Peaks Over Threshold*), Blocos Máximos (BM) e seus respectivos Erros Padrões Relativos (EPR) em séries de 30 dias.

Meses	Estimativas	Cubatão centro		Cubatão Vila Parisi		Paulínia	
		POT	BM	POT	BM	POT	BM
Mai	σ	5,48	10,80	13,01	25,49	3,75	11,83
	EPR (%)	26,29	31,19	31,12	36,58	28,73	29,93
	μ	64,44	61,50	199,97	149,73	77,30	67,53
	EPR (%)	2,52	6,94	2,40	7,23	1,70	7,61
Jun	σ	6,88	9,14	16,02	32,52	9,32	9,43
	EPR (%)	17,65	27,59	27,60	29,27	17,95	34,73
	μ	62,61	67,70	199,42	170,76	75,95	72,49
	EPR (%)	2,39	5,43	2,81	7,60	2,90	5,56
Jul	σ	15,61	37,85	12,94	47,49	4,80	8,12
	EPR (%)	21,93	29,64	27,13	28,87	22,55	32,18
	μ	76,68	74,04	183,70	147,93	77,35	72,72
	EPR (%)	5,25	20,34	2,20	12,87	1,89	4,81
Ago	σ	11,09	17,96	28,41	57,29	9,28	22,42
	EPR (%)	27,46	33,00	25,33	31,30	19,76	32,98
	μ	77,82	75,30	222,44	189,66	90,43	89,33
	EPR (%)	4,43	9,42	3,99	11,97	2,51	10,76

ção do ar com diferentes métodos estatísticos, modelando a distribuição dos máximos mensais e a distribuição dos excedentes de um dado limiar. Concluiu-se que distribuições de extremos se mostraram úteis para obter uma visão do comportamento dos níveis extremos de concentração de poluição do ar e para estimar atributos importantes em diversos período de retorno.

Na Quadro 3 abaixo, observa-se que a maior probabilidade encontrada na região Vila-Parisi de Cubatão foi em agosto, onde a chance de os níveis de MP_{10} superarem o limite preconizado pela CONAMA é de 99,99% via metodologia POT, e 86,44% via metodologia dos Blocos Máximos. Ou seja, a chance dos níveis de MP_{10} superarem os limites toleráveis pela população exposta e causar danos à saúde, em Cubatão Vila-Parisi, é praticamente certa para todo o período estudado, com valores em torno de 99,9%.

Frente ao exposto acima, pode-se concluir que distribuição Gumbel se ajustou às séries de dados para as concentrações máximas de MP_{10} . A metodologia POT ofereceu estimativas mais precisas para os parâmetros escala e posição, quando comparada com a metodologia dos Blocos Máximos. As maiores probabilidades do padrão da concentração de MP_{10} ser superado nas regiões de Paulínia, do centro de Cubatão e de Cubatão Vila-Parisi são em agosto, julho e agosto, respectivamente, em ambas as metodologias. As chances do padrão de MP_{10} ser superado em Cuba-

tão Vila-Parisi é praticamente certa, o que exige atenção de órgãos de saúde e de planejamento. A metodologia POT constitui-se, portanto, num método mais preciso do que a metodologia dos Blocos Máximos para o cálculo da probabilidade de certos níveis máximos do poluente atmosférico MP_{10} a serem superados.

Modelos bivariados para análise de extremos

Os modelos bivariados são úteis em aplicações práticas da teoria de valores extremos em diversas áreas, como na análise da interação entre a velocidade do vento e a altura das ondas, na análise do relacionamento entre grandezas da temperatura e níveis de colheita e, em particular para a área financeira, no estudo da dependência entre mercados de ações (ELIWA; EL-MORSHEDY, 2019).

Nesse sentido, a distribuição bivariada de valores extremos estuda a ocorrência de eventos extremos sob a influência de duas variáveis aleatórias com uma relação de dependência entre elas. Para ilustrar a aplicabilidade dos modelos bivariados de valores extremos, foi estudado o caso da ocorrência conjunta de dois poluentes atmosféricos com a distribuição Gumbel bivariada no município de Cubatão, com o intuito de verificar se existe correlação entre a ocorrência desses poluentes para, posteriormente, proceder ao cálculo de probabilidades de superação dos níveis máximos tolerados pelos órgãos competentes.

QUADRO 3 - Probabilidades obtidas pela distribuição Gumbel dos níveis de MP_{10} superarem $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e $210 \mu\text{g}/\text{m}^3$ entre os meses de maio a agosto, em séries de 30 dias via metodologia dos Blocos Máximos (BM) e POT (*Peaks Over Threshold*).

Meses	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Cubatão centro		Cubatão Vila Parisi		Paulínia	
		POT	BM	POT	BM	POT	BM
Mai	150	0,0000	0,0003	1,0000	0,6282	0,0000	0,0009
	180	0,0000	0,0000	0,9903	0,2629	0,0000	0,0001
	210	0,0000	0,0000	0,3703	0,0897	0,0000	0,0000
Jun	150	0,0000	0,0001	1,0000	0,8494	0,0003	0,0003
	180	0,0000	0,0000	0,9653	0,5289	0,0000	0,0000
	210	0,0000	0,0000	0,4035	0,2586	0,0000	0,0000
Jul	150	0,0091	0,1258	0,9999	0,6161	0,0000	0,0001
	180	0,0013	0,0590	0,7358	0,3989	0,0000	0,0000
	210	0,0002	0,0272	0,1228	0,2371	0,0000	0,0000
Ago	150	0,0015	0,0155	0,9999	0,8644	0,0016	0,0646
	180	0,0001	0,0029	0,9884	0,6938	0,0001	0,0174
	210	0,0000	0,0005	0,7876	0,5040	0,0000	0,0046

Metodologia

Foram utilizados os dados do período de março a agosto de 2003 a 2009, disponibilizados pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB) do município de Cubatão - SP, relativos às concentrações diárias de O_3 e NO_2 . O período analisado pelo presente estudo está compreendido entre os meses de março a agosto, visto que esta época do ano apresenta condições meteorológicas irregulares, como baixo regime pluviométrico e baixa umidade do ar, de certa forma dificultando a disseminação dos poluentes atmosféricos, conforme informações da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (2021).

Os dados foram agrupados em períodos de cinco dias, extraindo o nível máximo de poluição observado de cada série e formando vetores dos valores máximos para cada mês estudado. Utilizando a distribuição Gumbel bivariada com as estimativas dos parâmetros obtidos pelo método da Máxima Verossimilhança, foi calculada a probabilidade de ocorrer um nível de poluição superior a $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e $235 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de O_3 e $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de NO_2 , para cada mês e local estudado.

Segundo Stephenson (2002), a distribuição Gumbel bivariada tem função de distribuição dada por:

$$F(y_1, y_2) = \exp \left\{ - \left[\exp \left(- \frac{y_1 - \mu_1}{\sigma_1} \right)^{\frac{1}{\rho}} + \exp \left(- \frac{y_2 - \mu_2}{\sigma_2} \right)^{\frac{1}{\rho}} \right]^{\rho} \right\} \quad (6)$$

em que, μ_i e σ_i são os parâmetros marginais da distribuição de Gumbel relativos à *posição* e *escala*, respectivamente,

te, com $\sigma > 0$, ρ é o parâmetro dependência com $0 < \rho \leq 1$. A independência entre as variáveis y_1 e y_2 ocorre quando $\rho = 1$. No caso mais geral, seja

$$y_i = y_i(z_i) = \left\{ 1 + \frac{\xi_i(z_i - \mu_i)}{\sigma_i} \right\}^{-\frac{1}{\xi_i}}$$

para $1 + \frac{\xi_i(z_i - \mu_i)}{\sigma_i} > 0$ e $i = 1, 2$, onde os parâmetros marginais

são dados por $mar_i = (\mu_i, \sigma_i, \xi_i)$, $\sigma_i > 0$. Se $\xi_i = 0$, y_i é definido por continuidade.

Em cada uma das funções de distribuição bivariada $G(z_1, z_2)$ dadas abaixo, as marginais univariadas são valores extremos generalizados, de modo que $G(z_i) = \exp(-y_i)$ para

$i = 1, 2$. Se $1 + \frac{\xi_i(z_i - \mu_i)}{\sigma_i} \leq 0$ para algum $i = 1, 2$, temos o valor z_i

maior que o limite superior (se $\xi_i < 0$), ou menor que o limite inferior (se $\xi_i > 0$), da i -ésima distribuição marginal univariada. A função de distribuição logística bivariada com parâmetro de dependência ρ é:

$$G(z_1, z_2) = \exp \left\{ - \left[\frac{1}{y_1^\rho} + \frac{1}{y_2^\rho} \right]^\rho \right\} \quad (7)$$

onde $0 < \rho \leq 1$. Este é um caso especial do modelo bivariado logístico assimétrico. A completa dependência é obtida pelo limite quando ρ se aproxima de zero. A independência é obtida quando $\rho = 1$.

A função de dependência de uma distribuição bivariada de valores extremos é um caso especial. Qualquer função de distribuição de valor extremo bivariada pode ser representada na forma de:

$$G(z_1, z_2) = \exp\left\{-[y_1 + y_2]A\left(\frac{y_1}{y_1 + y_2}\right)\right\} \quad (8)$$

De modo que $A(\omega) = -\log\left\{G\left(y_1^{-1}(\omega), y_2^{-1}(1-\omega)\right)\right\}$, definida por $0 \leq \omega \leq 1$. Dessa forma, $A(0) = A(1) = 1$, em que $A(\cdot)$ é uma função convexa com $\max(\omega, 1 - \omega) \leq A(\omega) \leq 1$ para todos os valores de $0 \leq \omega \leq 1$. Na independência $A\left(\frac{1}{2}\right) = 1$, e na dependência completa $A\left(\frac{1}{2}\right) = 0,5$ (REISS; THOMAS, 2007).

Para a estimação dos parâmetros da distribuição Gumbel bivariada e para o cálculo das probabilidades dos níveis máximos de poluição a serem superados, foi utilizado o pacote estatístico *evd* do Sistema Computacional Estatístico R (R CORE TEAM, 2021).

Resultados dos ajustes da distribuição Gumbel bivariada e probabilidades de ocorrência de níveis máximos de poluentes atmosféricos

Na Quadro 4 abaixo, observa-se que o parâmetro ρ assumiu valores que variaram de 0,585 a 0,900, o que indica que existe associação moderada entre as variáveis O_3 e NO_2 nos meses de junho, julho e agosto, que são os meses mais secos do ano.

Na Quadro 5 abaixo, a probabilidade do nível de $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de ozônio ser superado, dado que o nível de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de dióxido de nitrogênio foi superado pelo menos uma vez a cada cinco dias em junho em Cubatão, é de 11,9% no caso bivariado. No caso univariado, a probabilidade do nível de $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de ozônio ser superado pelo menos uma vez a cada 5 dias em junho em Cubatão é de 57,9%.

Na Quadro 6 abaixo, a probabilidade do nível de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de dióxido de nitrogênio ser superado, dado que o nível de $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de ozônio foi superado pelo menos uma vez a cada cinco dias em junho em Cubatão, é de 17,7% no caso bivariado. No caso univariado, a probabilidade do nível de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de dióxido de nitrogênio ser superado pelo menos uma vez a cada 5 dias em junho em Cubatão é de 12,5%. Isso ocorre devido ao fato do regime pluviométrico em junho ser geralmente baixo, o que implica na baixa umidade do ar, tornando assim desfavorável a dispersão dos poluentes primários. Esse fato é agravado pela considerável concentração de O_3 no ar, uma vez que o O_3 participa na formação de NO_2 , como explicam Fernandes, Filho e Silva (2007) e Freitas et al. (2018). Logo, o NO_2 apresenta concentrações elevadas em junho, julho e agosto.

De acordo com os resultados, pode-se apontar que o NO_2 e o O_3 apresentaram maior probabilidade de superar os níveis estabelecidos pela CONAMA no inverno e no verão, respectivamente, tanto no resultado univariado como no bivariado. A distribuição Gumbel bivariada apresentou uma melhoria da estimativa da probabilidade em relação à estimativa obtida pela distribuição Gumbel univariada para os poluentes NO_2 e O_3 , constituindo-se como uma alternativa para o cálculo de níveis máximos simultâneos dos poluentes NO_2 e O_3 e fornecendo informações mais precisas sobre o problema exposto.

QUADRO 4 - Estimativas dos parâmetros posição (μ_1, μ_2), escala (σ_1, σ_2) e dependência (ρ) da distribuição Gumbel bivariada com seus respectivos erros padrões para série máxima de 5 dias no município de Cubatão.

Mês	Parâmetros					
		μ_1	σ_1	μ_2	σ_2	ρ
Março	Estimativa	87,721	32,709	38,815	12,171	0,860
	Erro padrão	6,605	5,244	2,471	1,912	0,113
Abril	Estimativa	80,474	34,424	41,879	17,735	0,808
	Erro padrão	6,655	4,970	3,378	2,693	0,098
Maio	Estimativa	75,398	23,801	45,279	16,372	0,900
	Erro padrão	4,852	3,605	3,325	2,517	0,083
Junho	Estimativa	77,896	23,849	53,946	23,410	0,630
	Erro padrão	4,837	3,591	4,717	3,526	0,102
Julho	Estimativa	68,604	20,422	51,748	21,999	0,585
	Erro padrão	4,366	2,924	4,567	3,549	0,106
Agosto	Estimativa	79,833	24,439	57,843	24,448	0,840
	Erro padrão	4,365	3,143	4,335	3,261	0,109

QUADRO 5 - Probabilidades (%) obtidas pelas distribuições Gumbel univariada e Gumbel bivariada em diversos níveis dos poluentes atmosféricos O₃ e NO₂ em µg/m³ para série máxima de 5 dias do município de Cubatão-SP.

Distr.	Poluente	Mês						
		Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	
Univariada	O ₃							
	80	75,80	64,30	54,20	57,90	41,00	65,90	
	160	12,60	9,40	2,90	2,10	1,00	4,20	
	235	1,50	1,10	0,10	0,10	0,00	0,20	
Bivariada	O ₃	NO ₂						
		80	2,90	9,00	7,70	23,80	19,20	24,20
		100	0,60	3,20	2,50	11,90	9,40	12,60
	80	120	0,10	1,10	0,80	5,50	4,10	6,10
		80	1,20	3,20	0,90	2,80	1,10	2,40
		100	0,30	1,60	0,50	2,40	1,00	1,80
	160	120	0,10	0,70	0,20	1,90	0,90	1,30
		80	0,30	0,70	0,10	0,10	0,00	0,10
		235	0,10	0,50	0,00	0,10	0,00	0,10
	235	100	0,10	0,50	0,00	0,10	0,00	0,10
		120	0,00	0,30	0,00	0,10	0,00	0,10

QUADRO 6 - Probabilidades (%) obtidas pelas distribuições Gumbel univariada e Gumbel bivariada em diversos níveis dos poluentes atmosféricos NO₂ e O₃ em µg/m³ para série máxima de 5 dias do município de Cubatão-SP.

Distr.	Poluente	Mês						
		Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	
Univariada	NO ₂							
	80	3,30	10,9	12,6	27,4	20,9	33,0	
	100	0,60	3,60	4,10	12,5	8,30	16,0	
	120	0,10	1,20	1,30	5,40	3,20	7,30	
Bivariada	NO ₂	O ₃						
		80	2,90	9,00	7,70	23,8	19,2	24,2
		160	0,00	0,10	0,10	1,00	0,70	1,30
	80	235	0,00	0,00	0,000	0,00	0,00	0,10
		80	2,40	7,50	5,00	17,7	12,5	15,8
		100	0,00	0,10	0,10	1,00	0,70	1,10
	100	235	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10
		80	2,00	5,90	3,00	10,9	6,30	9,00
		120	0,00	0,10	0,00	1,00	0,60	0,90
	120	235	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foram apresentadas duas abordagens de análise para eventos extremos, no caso, eventos que envolveram níveis máximos da ocorrência de poluentes atmosféricos. Outros estudos envolvendo variáveis climáticas, mais especificamente

as relacionadas à poluição atmosférica, devem ser realizados para contemplar a magnitude e complexidade de tal fenômeno. Vários métodos estatísticos derivados da teoria de valores extremos foram aplicados com sucesso em estudos meteorológicos, como relatado por Martins et al. (2020) e

por Ferreira, Beijo e Avelar (2022). Para além das ciências climáticas, meteorológicas e ambientais, o uso da TVE ainda é reduzido, segundo Liska et al. (2021) e Gomes e Henriques-Rodrigues (2019), em estudos de consumidores de cafés especiais e de recordes olímpicos.

Pensando em possíveis extensões e aplicabilidade das novas metodologias, é possível incorporar a dependência temporal e/ou espacial aos modelos de valores extremos. Para tal, futuros trabalhos sobre o assunto devem ser elaborados, dando continuidade aos estudos de Bako, Adam e Fitrianto (2018), Nakajima et al. (2012) e Ananias et al. (2021). A tendência pode ser incorporada por métodos de regressão, como feito por Lucca Filho et al. (2022), e também por procedimentos bayesianos que têm apresentado bons resultados, conforme relatado por Aguirre, Nogueira e Beijo (2020) e Salles et al. (2019). Em conclusão, é possível relacionar os diferentes poluentes atmosféricos à outras variáveis de potencial interesse, como o espaço geográfico e o tempo, por meio de métodos multivariados de extremos e espaço-temporais, como preconizado por Gouldby et al. (2017) e Coles (2001). Assim, pretende-se que essas e outras questões pertinentes à análise de variáveis ambientais e à teoria de valores extremos sejam estudadas, pesquisadas e contempladas em projetos de pesquisa no CCA.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIRRE, A. F. L.; NOGUEIRA, D. A.; BEIJO, L. A. Análise da temperatura máxima de Piracicaba (SP) via distribuição GEV não estacionária: uma abordagem bayesiana. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, v. 27, p. 496-517, 2020. <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v27i0.73763>.
- ANANIAS, D. R. S. et al. The assessment of annual rainfall field by applying different interpolation methods in the state of Rio Grande do Sul, Brazil. **SN Applied Sciences**, Switzerland, v. 3, n. 7, p. 687, 2021. <http://dx.doi.org/10.1007/s42452-021-04679-1>.
- BAKO, S. S.; ADAM, M. B.; FITRIANTO, A. Impact of dependence on parameter estimates of autoregressive process with gumbel distributed innovation. **MATEMATIKA: Malaysian Journal of Industrial and Applied Mathematics**, Malaysia, v. 34, n. 2, p. 365-380, 2018. <http://dx.doi.org/10.11113/matematika.v34.n2.941>.
- BAUTISTA, E. A. L.; ZOCCHI, S. S.; ANGELOCCI, L. R. Fitting the generalized extreme value distribution (GEV) to the maximum wind speed data in Piracicaba, São Paulo, Brazil. **Revista de Matemática e Estatística**, Marília, v. 22, n. 1, p. 95-111, 2004.
- BHUNIA, G. S.; DING, D. Temporal and spatial statistical analysis of ambient air quality of Assam (India). **Journal of the Air & Waste Management Association**, Pittsburgh, v. 70, n. 8, p. 775-794, 2020. <http://dx.doi.org/10.1080/10962247.2020.1772406>.
- BLAIN, G. C. Dry months in the agricultural region of Ribeirão Preto, state of São Paulo-Brazil: an study based on the extreme value theory. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 34, n. 5, p. 992-1000, 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162014000500018>.
- CASTRO, H. A.; GOUVEIA, N.; ESCAMILLA-CEJUDO, J. A. Questões metodológicas para a investigação dos efeitos da poluição do ar na saúde. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, São Paulo, v. 6, n. 2, p. 135-149, 2003. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-790X2003000200007>.
- COLES, S. **An introduction to statistical modeling of extreme values**. Switzerland: Springer Nature, 2001. v. 1. <http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4471-3675-0>.
- COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO – CETESB. **Qualidade do ar no Estado de São Paulo 2020**. São Paulo, 2021.
- DELFINI CANÇADO, J. E. et al. Clinical repercussions of exposure to atmospheric pollution. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, Brasília, v. 32, p. S5-S11, 2006. Suplemento 2. <https://doi.org/10.1590/S1806-37132006000800003>.
- DUCHIADE, M. P. Air pollution and respiratory diseases: a review. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 8, n. 3, p. 311-330, 1992. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-311X1992000300010>.
- ELIWA, M. S.; EL-MORSHEDEY, M. Bivariate Gumbel-G family of distributions: statistical properties, Bayesian and non-Bayesian estimation with application. **Annals of Data Science**, Berlin, v. 6, n. 1, p. 39-60, 2019. <http://dx.doi.org/10.1007/s40745-018-00190-4>.
- FERNANDES, R. C.; FILHO, M. F. N.; SILVA, M. M. R. Análise das concentrações de NOX, NO, NO2, O3 no centro urbano de Maceió, AL. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 29, p. 229-232, 2007. <http://doi.org/10.5902/2179460X9927>.
- FERREIRA, T. R.; BEIJO, L. A.; AVELAR, F. G. Avaliação de distribuições de probabilidades no estudo de precipitação pluvial máxima de cidades de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, v. 29, p. 524-544, 2022. <http://dx.doi.org/10.5380/RBCLIMA.V29I0.70950>.
- FREITAS, I. G. F. et al. Comportamento do dióxido de nitrogênio sobre a região nordeste do Brasil e sua relação com variáveis meteorológicas. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 40, p. 32, 2018. <http://dx.doi.org/10.5902/2179460X30531>.
- GOMES, D. T.; HENRIQUES-RODRIGUES, L. Swimming performance index based on extreme value theory. **International Journal of Sports Science & Coaching**, London, v. 14, n. 1, p. 51-62, 2019. <http://dx.doi.org/10.1177/1747954118808068>.
- GOMES, M. J. M. Ambiente e pulmão. **Jornal de Pneumologia**, São Paulo, v. 28, n. 5, p. 261-269, 2002. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-35862002000500004>.
- GOULDBY, B. et al. Multivariate extreme value modelling of sea conditions around the coast of England. **Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Maritime Engineering**, Scotland, v. 170, n. 1, p. 3-20, 2017. <http://dx.doi.org/10.1680/jmaen.2016.16>.
- GOUVEIA, N. et al. Hospitalizações por causas respiratórias e cardiovasculares associadas à contaminação atmosférica no Município de São Paulo, Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**,

- Rio de Janeiro, v. 22, n. 12, p. 2669-2677, 2006. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-311X2006001200016>.
- GOUVEIA, N. Saúde e meio ambiente nas cidades: os desafios da saúde ambiental. **Saúde e Sociedade**, São Paulo, v. 8, n. 1, p. 49-61, 1999. <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-12901999000100005>.
- KÜTCHENHOFF, H.; THAMERUS, M. Extreme value analysis of Munich air pollution data. **Environmental and Ecological Statistics**, United Kingdom, v. 3, n. 2, p. 127-141, 1996. <http://dx.doi.org/10.1007/BF02427858>.
- LISKA, G. R. et al. Intensive computational method applied for assessing specialty coffees by trained and untrained consumers. In: BULNES, F.; HESSLING, J. P. (Org.). **Recent advances in numerical simulations**. London: IntechOpen, 2021. p. 16. <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.95234>.
- LISKA, G. R.; BEIJO, L. A. Distribuições de Probabilidade aplicadas na análise de Níveis Máximos de MP10 e O3 nas cidades de Cubatão e Paulínia, SP. **Revista de Estudos Ambientais**, Blumenau, v. 14, p. 37-47, 2012. <http://dx.doi.org/10.7867/1983-1501.2012v14n3p35-47>.
- LUCCA FILHO, E. L. F. et al. Modelagem probabilística de preços máximos da commodity boi gordo para o estado de São Paulo. **Nativa**, Sinop, v. 10, n. 1, p. 22-31, 2022. <http://dx.doi.org/10.31413/nativa.v10i1.13291>.
- MARTINS, A. L. A. et al. Generalized Pareto distribution applied to the analysis of maximum rainfall events in Uruguaiana, RS, Brazil. **SN Applied Sciences**, Switzerland, v. 2, n. 9, p. 1479, 2020. <http://dx.doi.org/10.1007/s42452-020-03199-8>.
- MARTINS, L. C. et al. Air pollution and emergency room visits for upper airway respiratory infection disease in São Paulo city: evaluation of vehicle restriction. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, São Paulo, v. 4, n. 3, p. 220-229, 2001. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-790X2001000300008>.
- MASCARENHAS, M. D. M. et al. Poluição atmosférica devida à queima de biomassa florestal e atendimentos de emergência por doença respiratória em Rio Branco, Brasil - Setembro, 2005. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, São Paulo, v. 34, n. 1, p. 42-46, 2008. <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-37132008000100008>.
- MOREIRA, D. M.; TIRABASSI, T.; MORAES, M. R. Meteorologia e poluição atmosférica. **Ambiente & Sociedade**, São Paulo, v. 11, n. 1, p. 1-13, 2008. <http://dx.doi.org/10.1590/S1414-753X2008000100002>.
- NAKAJIMA, J. et al. Generalized extreme value distribution with time-dependence using the AR and MA models in state space form. **Computational Statistics & Data Analysis**, Amsterdam, v. 56, n. 11, p. 3241-3259, 2012. <http://dx.doi.org/10.1016/j.csda.2011.04.017>.
- NASCIMENTO, L. F. C. et al. Efeitos da poluição atmosférica na saúde infantil em São José dos Campos, SP. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v. 40, n. 1, p. 77-82, 2006. <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-89102006000100013>.
- PINTO, W.; REISEN, V.; MONTE, E. Atmospheric pollution concentration peaks in the Região da Grande Vitória, ES, Brazil: an application of logistic regression. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 30, n. 3, p. 159-184, 2019. <http://dx.doi.org/10.14393/SN-v30n3-2018-9>.
- R CORE TEAM. **R: a language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2021.
- REISS, R.-D.; THOMAS, M. **Statistical analysis of extreme values**. Basel: Birkhäuser Basel, 2007. <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-7643-7399-3>.
- SÁ, E. A. S. et al. Trends in daily precipitation in highlands region of Santa Catarina, southern Brazil. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v. 13, n. 1, p. 1, 2018. <http://dx.doi.org/10.4136/ambiente-agua.2149>.
- SALLES, T. T. et al. Bayesian approach and extreme value theory in economic analysis of forestry projects. **Forest Policy and Economics**, Amsterdam, v. 105, p. 64-71, 2019. <http://dx.doi.org/10.1016/j.forpol.2019.05.021>.
- STEPHENSON, A. G. evd: extreme value distributions. **R News**, Vienna, v. 2, n. 2, p. 31-32, 2002.
- WARE, J. H. et al. Assessment of the health effects of atmospheric sulfur oxides and particulate matter: evidence from observational studies. **Environmental Health Perspectives**, Research Triangle Park, v. 41, p. 255-276, 1981. <http://dx.doi.org/10.1289/ehp.8141255>.

Um estudo sobre condições de vida e qualidade do saneamento ambiental em assentamentos da reforma agrária

A study on living conditions and quality of environmental sanitation in agrarian reform settlements

Janice Rodrigues Placeres Borges¹ 
Keila Cássia Santos Araújo Lopes² 

¹Universidade Federal de São Carlos (UFSCar),
Araras, SP, Brasil. janice@ufscar.br

²Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG),
Carangola, MG, Brasil. keila.lopes@uemg.br

RESUMO Frente a um claro e evidente desconhecimento das condições de vida e da qualidade do saneamento ambiental nos assentamentos rurais brasileiros, o esforço de pesquisa que deu origem a este capítulo foi iniciado como projeto de pesquisa de Pós-Doutorado, realizado pela autora junto à Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, USP, Processo FAPESP no. 01/12451-0, tendo sua continuidade em um projeto temático interdisciplinar na linha Jovem Pesquisador em Centro Emergente (JP/FAPESP), Processo FAPESP no. 05/54367-6, desenvolvido no CCA - UFSCar entre 2005 e 2010, sendo contemplado por bolsas de mestrado FAPESP. O objetivo central deste trabalho foi compor um quadro abrangente da situação de vulnerabilidade socioambiental das famílias em Projetos de Assentamentos (PAs), sob uma ótica multidimensional, considerando um conjunto de questões que se estabelecera em entorno dos temas de condições de vida e da qualidade do saneamento ambiental rural. Afirma-se, portanto, o caráter complexo e interdependente do estudo, requerendo ser situado tanto no tempo quanto no espaço, comportando múltiplas abordagens e visando contribuir para a compreensão da realidade nas áreas de estudo. Desenvolveram-se estudos nos PAs Monte Alegre 1, Monte Alegre 2, Monte Alegre 4 e Monte Alegre 5, localizados em Motuca; Monte Alegre 3 e Monte Alegre 6, localizados em Araraquara; PA Guarani, localizado em Pradópolis e Guataparã e PAs Araras 1, Araras 2, Araras 3 e Araras 4, localizados em Araras. O presente capítulo relata experiências de pesquisa, compartilhamento e construção do conhecimento, a partir da interação dos pesquisadores da equipe com os assentados em seus territórios. Concluiu-se que os habitantes das áreas estudadas têm demandado não somente aporte tecnológico para a pesquisa agropecuária, como também para pesquisa nas mais variadas áreas do conhecimento, visando enfrentar desafios inter-relacionados como o saneamento ambiental rural, a sustentabilidade



Este é um capítulo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença [Creative Commons Attribution](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

ambiental, social e econômica, assim como a segurança alimentar e nutricional, além da saúde socioambiental.

Palavras-chave: Saneamento ambiental rural; assentamentos rurais; condições de vida.

ABSTRACT Faced with a clear and evident lack of knowledge about living conditions and the quality of environmental sanitation in Brazilian rural settlements, the research effort that gave rise to this chapter began as a Post-Doctoral research project, carried out by the author at the Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, USP, FAPESP Process 01/12451-0, having its continuity with an interdisciplinary thematic project in the Young Researcher in Emerging Center (JP) line, FAPESP Process 05/54367-6, developed at CCA - UFSCar, between 2005 and 2010, including FAPESP master's scholarships. The main objective was to compose a comprehensive picture of the socio-environmental vulnerability of families in rural Settlement Projects (PAs), from a multidimensional perspective, considering a set of issues that are established around the themes of living conditions and the quality of environmental sanitation. rural, affirming the complex and interdependent character of the study, requiring to be situated in time, in space and including multiple approaches, aiming to contribute to the understanding of the reality in the areas of study. Studies were carried out in the Monte Alegre 1, Monte Alegre 2, Monte Alegre 4, and Monte Alegre 5 PAs, located in Motuca, Monte Alegre 3 and Monte Alegre 6, located in Araraquara, Guarani PA, located in Pradópolis and Guatapará, and in the Araras PAs 1, Macaws 2, Macaws 3, and Macaws 4, located in Macaws. The chapter reports experiences of research, sharing and construction of knowledge in situations of interaction between the researchers of the team of the aforementioned thematic project with family farmers in their territories, since the agrarian reform settlements have demanded not only technological support from agricultural research, but also, also, research in the most varied areas of knowledge, to face interrelated challenges with rural environmental sanitation and environmental, social, economic, food and nutritional security and socio-environmental health.

Keywords: Rural environmental sanitation; rural settlements; life conditions.

INTRODUÇÃO

O presente capítulo relata experiências de pesquisa, desenvolvimento, compartilhamento e construção do conhecimento em situações de interação dos pesquisadores da equipe do projeto temático com agricultores familiares em seus territórios, em alguns municípios do estado de São Paulo, com destaque para os Projetos de Assentamentos (PAs) da chamada “reforma agrária paulista”, sob a tutela do Instituto de Terras do Estado de São Paulo (Itesp).

Assim, frente a um claro e evidente desconhecimento das condições de vida e da qualidade do saneamento ambiental nos assentamentos brasileiros, a pesquisa que deu origem a este estudo pretendeu compor um quadro profundo e abrangente da situação de vulnerabilidade socioambiental das famílias nos PAs Monte Alegre 1, Monte Alegre 2, Monte Alegre 4 e Monte Alegre 5, localizados em Motuca; Monte Alegre 3 e Monte Alegre 6, localizados em Araraquara; PA Guarani, localizado em Pradópolis e Guatapará; e nos

PAs Araras 1, Araras 2, Araras 3 e Araras 4, localizados em Araras. O intuito deste trabalho foi compor um quadro, da forma mais abrangente possível, que ilustrasse a realidade das condições de vida e da qualidade do saneamento ambiental nessas áreas de estudo, a fim de verificar se estes espaços se encontravam em situação de vulnerabilidade socioambiental.

Este estudo usou como base a literatura da sociologia ambiental, da sociologia rural, da saúde coletiva e da engenharia sanitária, sob uma ótica multidimensional, considerando um conjunto de questões que se estabeleceram em torno dos dois temas inter-relacionados citados acima: as condições de vida e da qualidade do saneamento ambiental rural. Reafirmando, portanto, o caráter complexo e interdependente do estudo, que deve ser situado no tempo e no espaço, comportando múltiplas abordagens com o objetivo de contribuir para a compreensão de parte da realidade vividas pelos assentados nos PAs estudados, na época do desenvolvimento das pesquisas.

A título de contextualização, o presente capítulo apresenta a continuidade dos esforços de pesquisa da autora e de suas ex-orientadas de mestrado, a respeito das condições de vida e da qualidade do saneamento ambiental em assentamentos da reforma agrária paulista. A princípio, este trabalho foi elaborado no estágio de pós-doutoramento do Departamento de Medicina Social, na Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto - USP, entre os anos de 2002 a 2005, com auxílio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), Processo FAPESP nº 01/12451-0. Posteriormente, a pesquisa continuou a ser desenvolvida como Projeto Temático interdisciplinar, na linha Jovem Pesquisador em Centro Emergente (JP/FAPESP), Processos FAPESP nº 05/54367-6 e nº 05/55933-5, junto ao Centro de Ciências Agrárias (CCA) - UFSCar, entre os anos de 2005 a 2010.

Após um intervalo de um ano, o trabalho foi retomado entre 2006 e meados de 2007, ao ser contemplado pelo programa de bolsas de mestrado da FAPESP, fato que expandiu as áreas de pesquisa para os PAs do município de Araras, contabilizando onze áreas estudadas. Neste processo, dois subprojetos se destacam, gerando dissertações de mestrado desenvolvidos entre 2008 a 2010, junto ao Programa de Pós-Graduação em Agroecologia e Desenvolvimento Rural (PPGADR, UFSCar), sob orientação e responsabilidade da autora diante à FAPESP, e fundamentados em temas correlatos apresentados a seguir.

Parte do desenho do projeto temático, aqui delineado resumidamente, traz uma visão interdisciplinar que incorpora os desafios do avanço metodológico proposto, salientando a importância do Centro de Ciências Agrárias (CCA) da UFSCar na formação de jovens pesquisadores.

A bióloga Iara Fonseca de Sousa, hoje doutora e professora rural, desenvolveu sua pesquisa sobre a construção social de riscos socioambientais dos entrevistados, tendo a percepção social como ferramenta para mapear os impactos causados e percebidos ao longo do processo de produção convencional da cana-de-açúcar nos PAs Monte Alegre e Monte Alegre, localizados em Araraquara, Processo FAPESP nº 08/52157-2. Quanto à pesquisa da Geógrafa e Historiadora Keila Cássia Santos Araújo, hoje doutora e docente da UEMG, seus esforços foram centrados em uma investigação sobre os fatores de intervenção do saneamento ambiental local para o desenvolvimento de práticas agroecológicas, focando nos PAs Araras 1, Araras 2, Araras 3 e Araras 4, Processo FAPESP nº 08/51121-4. Ambas ex-alunas são gratos exemplos da formação de novos pesquisadores, via o Programa de Pós-Graduação em Agroecologia e Desenvolvimento Rural (PPGADR) do CCA-UFSCar.

Tanto as posições teóricas quanto as categorias analíticas de cada subprojeto, bem como suas metodologias e procedimentos serão explicitadas conforme as pesquisas são delineadas ao longo deste capítulo. Para este Por opção da autora,

neste trabalho serão abordados somente os dados quantitativos dos projetos mencionados acima.

Primeiramente, são apresentadas as experiências dos subprojetos de pesquisa do projeto temático do mestrado das referidas ex-orientadas e, posteriormente, parte dos objetivos específicos desenvolvidos pela autora orientadora. Por fim, os dados coletados nas pesquisas de campo aqui relatadas refletem a realidade do período de 2007 a 2009.

A CONSTRUÇÃO SOCIAL DOS RISCOS SOCIOAMBIENTAIS CAUSADOS PELO PROCESSO PRODUTIVO CONVENCIONAL DA CANA-DE-AÇÚCAR: UM ESTUDO DE SUSTENTABILIDADE SOCIOAMBIENTAL

Iara Fonseca de Souza

(Processo Fapesp nº 08/51121-4)

INTRODUÇÃO

A partir da década de 1970, com a criação do Programa Nacional do Alcool, o Proálcool (Decreto nº 76.593, de 14 de novembro de 1975) (BRASIL, 1975) o governo passou a apoiar fortemente o desenvolvimento da indústria sucroalcooleira, devido ao aumento do preço do petróleo e o baixo rendimento do açúcar no mercado naquele período.

Atualmente, o estado de São Paulo ainda lidera a produção sucroalcooleira nacional, respondendo por 54% da safra de 2020/21, sendo responsável pela produção de 48,4% de etanol (14,3 bilhões de litros) e 63,2% de açúcar (26,0 milhões de toneladas) (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO, 2021).

Apesar da eficiência energética do etanol proveniente da cana-de-açúcar, muitos setores, incluindo o sistema industrial e de transporte, ainda adotam modelos convencionais de produção onde muita energia é dispersada, tornando o processo ambientalmente insustentável. Para além da questão ambiental, há também o impacto desse modelo de produção sobre a agricultura familiar, visto que a expansão da manufatura em larga escala causa uma forte pressão sobre o modo do uso do solo, assim como sobre as atividades econômicas e sociais locais, gerando quadros homogêneos na paisagem, com a drástica redução da biodiversidade e das atividades sociais.

Nos anos 2000, observou-se a entrada da cana-de-açúcar nos assentamentos do estado de São Paulo, como foi o caso do assentamento Monte Alegre, Araraquara - SP, em 2003. Através de uma parceria entre usinas e assentados, com a intermediação do Instituto de Terras do Estado de São Paulo - ITESP, os produtores interessados no contrato passaram a destinar em média sete hectares de seus lotes para o cultivo convencional de cana-de-açúcar, espaços estes que antes eram voltados para a produção alimentares. Sabe-se que para este tipo de produção o manejo da terra se

dá através da aplicação de insumos químicos (adubos, inseticidas e herbicidas), uso de maquinários e adoção da prática da queima antes da colheita, com objetivo de aumentar o rendimento tanto do corte mecanizado (por reduzir os custos de carregamento e transporte) quanto do corte manual (a produtividade do trabalhador aumenta de duas para cinco toneladas por dia) (FERRAZ; PRADA; PAIXÃO, 2000).

Porém, vários estudos afirmam que a queima libera gás carbônico, ozônio, gases de nitrogênio e enxofre, além da fuligem da palha queimada (SZMRECSÁNYI, 1994). Dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) indicam que a emissão de ozônio chega a duplicar nas épocas de queimadas, atingindo concentrações inadequadas (acima de 80 ppb) (KIRCHHOFF et al., 1991). Segundo Szmrecsányi (1994), para além da ação biocida que afeta a fauna, a flora e os micro-organismos, a queimada também aumenta a temperatura e diminui a umidade natural dos solos, levando a uma maior compactação, à perda de porosidade, à polimerização de suas substâncias húmicas e à perda de nutrientes (combustão e lixiviação).

Em relação à fuligem, foi constatada a presença de 40 hidrocarbonetos policíclicos aromáticos, compostos orgânicos com capacidade mutagênica e carcinogênica (BOHM, 1998). Nery (2000) cita os diversos riscos que a queimada do canavial representa à saúde humana, dentre eles, os problemas respiratórios causados por compostos orgânicos gerados na combustão, como os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs), altamente cancerígenos. O objetivo do presente trabalho é conhecer a visão dos produtores de cana do assentamento Monte Alegre, acerca dos impactos da queimada da mesma sobre o ambiente e a saúde.

No Monte Alegre, várias culturas coexistem unidas por objetivo comum sob as interferências socioeconômicas do momento, cria um ambiente muito diverso e rico em diferentes olhares sobre dadas situações, como no caso da produção convencional da cana-de-açúcar. Acredita-se que conhecer a percepção dos produtores de cana do assentamento acerca dos impactos das queimadas é um passo importante para iniciar um diálogo sobre esta questão, tornando possível entender as relações que permeiam estas percepções e seus reflexos na subjetividade dos produtores. Esta proposta de desenvolvimento rural apoiada no diálogo e troca de saberes, em conformidade com sua característica interdisciplinaridade, é considerada a ciência norteadora deste trabalho, uma vez que se reconhece a importância de cada conhecimento e a complementaridade de saberes para a efetiva transformação de realidades rumo ao desenvolvimento rural sustentável.

Partindo do pressuposto de que os estudos de percepção de risco se justificam pelo reconhecimento do importante papel desempenhado pelos diversos atores sociais no desenvolvimento e gestão de seus territórios, sendo essenciais para o alcance de uma maior sustentabilidade local,

Sousa e Borges (2009) e Sousa (2010) buscaram compor um quadro abrangente da construção social dos riscos socioambientais causados pelo processo produtivo convencional de cana-de-açúcar, por meio do estudo das percepções dos assentados de todos os PAs Monte Alegre, localizados nos municípios de Motuca e Araraquara. A fim de buscar convergências e divergências entre os estudos, é importante ressaltar que os resultados estão relacionados, e que as percepções se contrapõem às informações técnico-científicas disponíveis até o momento da pesquisa, relativas aos impactos ocasionados pela produção de cana-de-açúcar.

METODOLOGIA

Foram empregadas abordagens quantitativas e qualitativas nos estudos de caso, juntamente a uma ampla revisão bibliográfica sobre percepção social, risco ambiental, risco social e impactos da produção convencional de cana-de-açúcar. Foram aplicados questionários fechados formados por seis blocos temáticos: 1. Uso de agrotóxicos na propriedade; 2. Percepção de impactos negativos na saúde e no ambiente; 3. Percepção da fauna local nos canaviais; 4. Percepção da flora local; 5. Percepção dos efeitos das queimadas; 6. Percepção dos impactos econômicos advindos da produção de cana-de-açúcar em seu lote e/ou em lotes vizinhos. O roteiro das entrevistas iniciou com a trajetória de vida das famílias até se estabelecerem nas áreas de estudo, passando pela lembrança da entrada da produção convencional da cana-de-açúcar nos assentamentos, de como era a produção no lote antes do arrendamento da terra e dos impactos na saúde, no ambiente e na vida financeira dos assentados.

RESULTADOS PRINCIPAIS

Numa amostragem de 182 lotes, foram encontradas plantações de cana-de-açúcar em 82 lotes. Desses 82 lotes, 76 moradores aceitaram participar da pesquisa.

Perfil dos entrevistados

A maioria dos entrevistados eram do sexo masculino, chefes de família, casados, nas faixas etárias de “entre 41 e 50 anos” (29%), “entre 51 e 60 anos” (26%), e “entre 61 e 70 anos” (25%), com baixa escolaridade, e vindos de municípios da região (Guariba, Matão, Araraquara ou Sertãozinho) para os assentamentos estudados.

Percepção de impactos negativos da produção convencional à saúde e ao meio ambiente local

Verificou-se que mais de 60% dos entrevistados responderam não perceber mudanças ambientais advindas da produção convencional de cana em seu lote e no assentamento,

TABELA 1 - Percepção dos entrevistados sobre os impactos da queimada (em %)

Questões	Sim	Não
A fuligem polui o ar?	75	25
Os gases produzidos na queima da cana poluem a atmosfera?	79	21
As queimadas podem afetar os animais, as plantas e os homens, mesmo estando distantes do local?	57	43
A queimada prejudica o solo?	66	34
A queimada pode ocasionar problemas à saúde humana?	68	32

e 87% não notaram problemas de saúde relacionados. Já os entrevistados que perceberam impactos ambientais, a “erosão” e a “degradação do solo” foram apontadas como destaque, juntamente com a declaração que estes problemas também “ocorrem no cultivo intensivo de eucalipto”.

Percepção de impactos da produção convencional de cana sobre a fauna local do assentamento

Observou-se um aumento do número de “coelhos”, “tatus”, “preás”, “lagartos”, e da “população de pássaros” como a “serriema”, além da diminuição de “cobras” e “veados”.

Percepção de impactos das queimadas

Os resultados do questionário sobre a percepção dos produtores de cana acerca dos impactos da queimada no assentamento se encontram relatados na Tabela 1, mostrando que os assentados reconhecem os impactos decorrentes das queimadas.

Alguns entrevistados, antes mesmo de responderem às questões, já justificavam a necessidade da prática da queimada devido à dificuldade de se cortar a cana crua. Quanto à segunda questão, notou-se que o uso do termo “atmosfera” gerou certo desconforto por parte dos entrevistados, levando muitos a responderem com base em outros comentários, por exemplo: “eles dizem que polui”. A terceira questão, referente ao impacto às populações distantes, destacou-se pela quase divisão das respostas. Ao negarem os impactos, os entrevistados justificavam-se dizendo que a distância entre os canais era grande, ou que a queimada no assentamento era em pequena escala e que isso não os poderia afetar. Aqueles que reconheciam o impacto baseavam-se nas reclamações que ouviam por parte da população urbana sobre a sujeira das fuligens em suas casas.

Os impactos sobre o solo foram definidos pelos assentados como a queima de toda palha que poderia servir como adubo, além da morte de minhocas e micro-organismos bons para a terra, deixando-a fraca. Alguns que negaram os impactos sobre o solo afirmavam que as cinzas servem como adubo. Em relação aos impactos na saúde, apesar da maioria

afirmar que a queimada é prejudicial, esta resposta era quase sempre relacionada àquelas pessoas que já tinham algum problema de saúde (“bronquite”, “rinite”, “alergia”), ou então, que observavam problemas à saúde das crianças e idosos, considerados mais frágeis. Aqueles que negaram a existência de impactos na saúde declararam nunca ter sentido nada, ou que a queimada era um processo rápido.

Intenção de dar continuidade à parceria com as usinas

Os produtores entrevistados pretendiam não refazer o contrato de parceria na época da pesquisa, 29% tinha a intenção de dar continuidade à parceria e os restantes não souberam responder. As falas apontam que a parceria “só deu prejuízo”, que o assentado “ganhava mais com gadinho”, e que era “melhor plantar cereais”. O prejuízo financeiro foi predominante entre os comentários desapontados, levando esses entrevistados a terem saudade da renda obtida no passado. Já que os assentados não produziam mais alimentos. Observamos que o conhecimento técnico-científico tem a capacidade de registrar com precisão algumas variáveis que escapam à percepção dos entrevistados. O agricultor familiar, por sua vez, possui uma visão do conjunto, que dificilmente o procedimento técnico-científico consegue captar. Por mais que estudos científicos provem o poder impactante de determinadas atividades, se não houver a internalização desses conhecimentos pelos diversos atores sociais envolvidos, as mudanças dificilmente ocorrerão. Da mesma forma, os estudos científicos precisam internalizar toda a dinâmica da realidade social, com as interferências sociopolíticas, culturais, econômicas e ambientais, para que os estudos realmente tenham eficácia de aplicabilidade. Portanto, a complementariedade dos conhecimentos se torna uma necessidade, visto que pontos divergentes levam a reflexões.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com estudos técnico-científicos, há uma série de impactos negativos advindos da produção de cana-de-açúcar, por exemplo, a prática da queimada dos ca-

naviais é responsável por diversos danos sobre o ambiente e sobre a saúde humana. Para os entrevistados, todos os impactos negativos questionados foram notados de uma maneira muito tímida e incerta, seja quanto à saúde de familiares ou ao ambiente local.

A questão econômico-financeira foi um fator fortemente influente na percepção desses impactos, fazendo com que os danos ambientais fossem de certa forma “aceitos” pela maioria dos produtores, devido aos benefícios e melhorias que os assentados alcançaram com a parceria de produção com as usinas, o que contradiz o significativo percentual de entrevistados que pretendiam não refazer o contrato de parceria com as usinas – resultado que chama a atenção e merece aprofundamento em pesquisas posteriores.

Em conclusão, é importante que futuras pesquisas sejam conduzidas nesses lotes estudados, implementando uma Educação Ambiental crítica e emancipatória que “almeje, sobretudo, o desenvolvimento do senso crítico e analítico dos diversos atores sociais envolvidos e, consequentemente, uma maior participação popular nas tomadas de decisões.” (SOUSA, 2010, p. 139).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BOHM, G. M. Queima de cana-de-açúcar e saúde humana. **STAB: Açúcar, Álcool e Subprodutos**, São Paulo, v. 16, n. 4, p. 40-41, 1998.
- BRASIL. Decreto 76.593, de 14 de novembro de 1975. Institui o Programa Nacional do Álcool. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 14 nov. 1975.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. Brasília, 2021. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras>>. Acesso em: 26 ago. 2022.
- FERRAZ, J. M.; PRADA, L. S.; PAIXÃO, M. **Certificação socioambiental do setor sucroalcooleiro**. São Paulo: Imaflora/Embrapa Meio Ambiente/Fase, 2000. 192 p.
- KIRCHHOFF, V. W. J. H. et al. Enhancement of CO and O₃ from burnings in sugar cane fields. **Journal of Atmospheric Chemistry**, Dordrecht, v. 12, p. 87-102, 1991. <http://dx.doi.org/10.1007/BF00053935>.
- NERY, M. S. **Desempenho operacional e econômico de uma colhedora em cana crua**. 2000. 125 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.
- SOUSA, I. F. **A construção social dos riscos socioambientais causados pelo processo produtivo convencional da cana-de-açúcar: um estudo de sustentabilidade socioambiental**. 2010. 180 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias)-Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2010.
- SOUSA, I. F.; BORGES, J. R. P. Diferentes olhares sobre a chama dos canaviais. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Rio de Janeiro, v. 4, n. 2., p. 3270-3273, 2009.
- SZMRECSÁNYI, T. Tecnologia e degradação ambiental: o caso da agroindústria canavieira no estado de São Paulo. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 24, n. 10, p. 73-81, 1994.

UM ESTUDO SOBRE AS CONDIÇÕES DE VIDA E A QUALIDADE DO SANEAMENTO AMBIENTAL LOCAL COMO FATORES DE INTERFERÊNCIA PARA O DESENVOLVIMENTO DE PRÁTICAS AGROECOLÓGICAS: UM ESTUDO DE CASO

Keila Cássia Santos Araújo Lopes
(Processo Fapesp nº 08/52157-2)

INTRODUÇÃO

O saneamento ambiental é um conjunto de ações com o objetivo de alcançar salubridade no meio ambiente por meio do abastecimento de água potável, bem como coleta e disposição de resíduos sólidos, líquidos ou gasosos, visando a promoção da disciplina sanitária de uso do solo, drenagem urbana, controle de doenças transmissíveis, dentre demais serviços e obras especializadas, para proteger e melhorar as condições de vida das populações urbanas e rurais (FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE, 2006).

Historicamente, as áreas rurais apresentam deficiência tanto no investimento em infraestrutura de saneamento quanto no desenvolvimento de ações que garantam a sustentabilidade dos serviços e dos investimentos realizados, o que é refletido na lacuna observada entre o acesso das populações rurais e urbanas aos serviços de saneamento. Nesse sentido, entende-se que as ações de saneamento somente serão completas, se executadas conjuntamente, ou seja, se as ações estruturais forem fortalecidas por ações estruturantes, permitindo o processo de inclusão social e melhoria de qualidade de vida das populações rurais e tradicionais (FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE, 2006).

Em 2008, o déficit de ações de saneamento ambiental ainda era elevado no meio rural brasileiro, visto que as Políticas Públicas voltadas para essa área e o modelo institucional de saneamento ambiental não contemplavam essa população (MAY et al., 2008); como ainda não contemplam.

Geralmente, as famílias rurais adotam soluções próprias para as questões de saneamento. Indivíduos muitas vezes sem orientação e desconhecedores dos riscos retiram água de cacimbas malcuidadas e erroneamente localizadas nas imediações da habitação, além de lançarem águas servidas no terreiro ou em córregos próximos, contaminando o ambiente. Por vezes, fazem monturos de lixo e criam animais em estábulos e/ou em granjas improvisadas localizadas muito próximo às residências, o que contribui para a formação de uma biocenose, onde um dos componentes é o próprio homem. Fora os animais domésticos, que estão ali pela pró-

pria vontade humana, juntam-se a eles animais sinantrópicos, como ratos, gambás e insetos diversos que encontram abrigo e alimentação nesses locais (NATAL et al., 2005).

A insuficiência ou a falta de ações de saneamento ambiental geram impactos negativos ao homem, ao ambiente e conseqüentemente à produção agrícola. Os riscos ao meio ambiente, advindos das práticas sanitárias inadequadas no meio rural, envolvem danos relacionados à contaminação do solo e dos corpos hídricos. Essas alterações no ambiente se originam de fontes de contaminação antropogênica e estão diretamente associadas aos despejos domésticos (esgotos sanitários), e ao chorume proveniente da má disposição de resíduos sólidos no solo. O frequente descarte inadequado de esgotamento doméstico, fruto da deficiência de saneamento em alguns locais, contribui efetivamente para a contaminação por matéria fecal das coleções hídricas, inclusive dos lençóis freáticos (SOUTO, 2005; TONANI, 2008).

Estudos divulgados pelo Banco Mundial mostram que grande parte das pessoas portadoras de giárdias, tênias, áscaris, entamoebas e oxiúros, resultantes de um saneamento ambiental inadequado, foram contaminados pelo consumo de hortaliças e frutas irrigadas com água contaminada por efluentes não tratados. Os resíduos sólidos também são outro problema enfrentado pelas populações rurais, devido à inadequação dos serviços de saneamento ambiental. Isto se deve, principalmente, à falta ou à dificuldade na aplicação de Políticas Públicas específicas para essas áreas, possibilitando a ocorrência de contaminação tanto do solo quanto das águas e, conseqüentemente, a disponibilidade de metais tóxicos ou compostos orgânicos na cadeia alimentar, gerando riscos ecológicos e para a saúde humana (ALMEIDA, 2009).

O processo físico-químico de decomposição dos resíduos, se não controlado de forma correta, irá produzir líquidos percolados (chorume), em sua maioria ricos em metais pesados como o chumbo, níquel e cádmio, dentre outros, que quando infiltrados no solo contaminam os veios hídricos e cursos d'água (SOARES et al., 2002). Metais pesados como chumbo, mercúrio, cádmio, arsênico, cromo, zinco e manganês estão presentes em diversos tipos de resíduos e podem ser encontrados em lâmpadas, pilhas galvânicas, baterias, restos de tintas, restos de produtos de limpeza, óleos lubrificantes usados, solventes, embalagens de aerossóis, embalagens de produtos químicos, pesticidas, fungicidas, inseticidas, componentes eletrônicos, latarias de alimentos e plásticos descartáveis (MUNÓZ, 2002). Dispersos no ambiente, os metais pesados podem expressar seu potencial poluente diretamente nos organismos do solo, pela sua disponibilidade em níveis fitotóxicos às plantas, além da possibilidade de transferência para a cadeia alimentar por meio das próprias plantas, ou pela contaminação das águas de superfície e subsuperfície. (SILVA; VITTI; TREVISAM; 2007).

De acordo com Sissino e Oliveira (2000), quando há presença de matéria orgânica no lixo, a mesma pode ser fer-

mentada por micro-organismos dentro de determinados limites de temperatura, teor de umidade e acidez, ocorrendo a produção do biogás em ambientes impermeáveis ao ar. As áreas de disposição e acúmulo de resíduos no ambiente contribuem como fonte de proliferação de vetores de doenças que encontram abrigo e alimento nesses locais, especialmente roedores, como ratos, ratazanas e camundongos, além de insetos como moscas, baratas e mosquitos. Sendo assim, segundo Deus et al. (2004), existe a possibilidade de que os casos de cisticercose, leptospirose, teníase, toxoplasmose e triquinose, enfermidades relacionadas à falta de saneamento ambiental, estejam associadas a proliferação destes vetores de doenças que podem ser transmitidas ao homem por vias diretas, quando o ser humano entra em contato com os resíduos sólidos, ou indiretas, por meio do transporte pelos insetos (sendo as moscas, mosquitos, baratas, besouros, roedores, suínos e aves as fontes primárias, os vetores dos agentes etiológicos). Desse modo, ressalta-se que os serviços adequados de saneamento ambiental implicam em uma maior qualidade dos alimentos produzidos, e em mais qualidade de vida para os moradores do meio rural.

Diante desse quadro, o esforço de pesquisa da autora foi voltado para verificar como a inter-relação entre as condições de vida e as características do saneamento ambiental rural local pode ser um fator de interferência limitante para o desenvolvimento de práticas agroecológicas nas áreas de estudo. Foram selecionados os assentamentos Araras 1, Araras 2, Araras 3 e Araras 4, localizados no município de Araras - SP, uma vez que a adoção de práticas agrícolas sustentáveis com enfoque nos princípios agroecológicos vem sendo difundidas nestes locais ao longo de décadas.

Contudo, as práticas agroecológicas se diferem de técnicas agrícolas adotadas com a modernização da agricultura, visto que os cultivos agrícolas que adotam como base os princípios agroecológicos não visam a maximização da produção, e sim a otimização dos agroecossistemas. Isso significa que existe uma necessidade de dar uma maior ênfase ao conhecimento, análise e interpretação das complexas relações existentes entre as pessoas, os cultivos, o solo, a água e os animais (ALTIERI, 1989).

De acordo com Neves (2005), o enfoque agroecológico é orientado para o uso responsável dos recursos naturais no processo produtivo – solo, água, fauna, flora, energia e minerais. Desse modo, evidencia-se que a adequação sanitária no meio rural pode ser considerada como uma condição primordial para o desenvolvimento de práticas agroecológicas e, conseqüentemente, para a produção de alimentos mais saudáveis.

Sendo a qualidade dos recursos naturais essenciais à produção de alimentos saudáveis, a gestão do saneamento ambiental se reafirma como fator primordial, por lidar com o controle da poluição ambiental, das zoonoses, das condições de trabalho e da saúde do homem que cultiva, pro-

duz, manipula, comercializa, prepara e serve os alimentos (CARVALHO; OLIVEIRA, 2007).

METODOLOGIA

Foi realizado um amplo e profundo levantamento bibliográfico sobre saneamento ambiental rural, desenvolvimento sustentável e agroecologia. Os dados primários foram coletados por meio da aplicação de questionários fechados abarcando blocos temáticos, juntamente à observação direta com anotação em caderno de campo, assim como documentação fotográfica.

Uma abordagem qualitativa também foi utilizada, com análise estatística univariada dos dados secundários, isto é, os dados históricos, geográficos, hídricos, de solo e sobre estudos de caso relacionados, coletados em publicações científicas e no banco de dados do Itesp.

Sobre a amostragem, os moradores de todos os lotes dos assentamentos estudados foram entrevistados. Na época da pesquisa haviam 96 lotes habitados, dos quais 88 participaram da pesquisa, com chefes de família ou cônjuges aceitando responder aos questionários. A pesquisa foi desenvolvida nos assentamentos Araras 1, Araras 2, Araras 3 e Araras 4, antigo Horto Florestal Loreto, que são tutelados pelo Itesp, desde 1985.

RESULTADOS PRINCIPAIS

Observou-se como características dos entrevistados, na época da pesquisa, o baixo grau de escolaridade (20% com o antigo curso primário incompleto e 36% com o antigo curso primário completo). A renda dos agricultores foi outro fator preocupante, visto que 31% sobreviviam com 1 ou menos de 1 salário mínimo, e 20% do total afirmaram não ter renda mensal fixa.

No ano de 2009, notou-se que 25% dos assentados utilizavam água de fontes não tratadas para irrigação de culturas alimentares em suas práticas cotidianas. Verificou-se que os entrevistados utilizavam água da rede pública proveniente de poços comunitários situados no assentamento, onde o tratamento da água é de responsabilidade do Serviço de Água e Esgoto do Município de Araras (SAEMA). Assim sendo, acredita-se que as famílias assentadas dispõem de água com satisfatórios níveis de potabilidade, visto que, as áreas de estudo ficam bem próximas da área urbana de Araras.

Contudo, os entrevistados também utilizavam água de outras fontes (rio, mina, reservatório ou córrego) para diversos fins. Com relação a esse uso, 4,5% das famílias utilizavam esta água para o banho, 3,4% para cozinhar, 19,3% para higiene e para o consumo de animais de estimação, e 25% para irrigação de plantas nas hortas, um fator preocupante, visto que a qualidade dessas águas é desconhecida.

Outro fator preocupante se encontra relacionado ao esgotamento sanitário. Dos 88 lotes, somente 7,9% realizavam o esgotamento sanitário através de fossa asséptica, e 92% utilizavam a vala negra. O processo de esgotamento predominante culmina na contaminação do solo e consequentemente do lençol freático.

Sobre a gestão local de resíduos sólidos relacionados ao armazenamento do lixo dentro das residências, verificou-se que do total de entrevistados, 55,6% armazenavam o lixo em recipientes fechados e 44,3% em recipientes abertos, enquanto 62,5% o armazenavam fora da residência em ambiente aberto e 32,9% fora da residência em recipientes fechados. O fato de o lixo doméstico ser armazenado em recipientes abertos dentro e fora dos domicílios possibilita a proliferação de micro-organismos (bactérias, fungos), gerando odores indesejáveis causados pela putrefação dos restos orgânicos e atraindo diversos tipos de insetos, como moscas, formigas e baratas, animais que muitas vezes transmitem doenças.

Quanto à disposição final do lixo doméstico, verificou-se que 77% dos entrevistados optavam pela queima, 6,8% enterravam, 29,5% jogavam em valas e/ou matos, e 42% o deixavam esparramados nos arredores da casa. Nas áreas de estudo não é feita a coleta de lixo pelo serviço público, e sua disposição inadequada pode gerar uma série de consequências para o homem e o ambiente. Além das doenças causadas por vetores atraídos pelo lixo em busca de abrigo e alimento, o chorume, líquido proveniente da decomposição da matéria orgânica, pode contaminar o solo e os recursos hídricos. Como é possível observar, a queima do lixo é uma prática constante no assentamento, podendo gerar poluição e contaminação do ar.

Aponta-se que 83% dos entrevistados afirmaram utilizar produtos químicos nos cultivos de seu lote. Sendo eles fertilizantes químicos sólidos e líquidos, além de agrotóxicos como inseticidas, carrapaticidas, formicidas, herbicidas e fungicidas.

Quanto ao destino final das embalagens de agroquímicos, 3,4% dos entrevistados enterravam as embalagens e 80,6% queimavam ou devolviam ao posto de recolhimento.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com os resultados aqui apresentados, na época da pesquisa foram observadas nas áreas de estudo práticas cotidianas realizadas pelos entrevistados que não são condizentes com um saneamento ambiental de boa qualidade, dificultando o desenvolvimento de práticas agroecológicas, visto que a Agroecologia busca o desenvolvimento do meio rural através de práticas sustentáveis. Esta se concretiza quando são cumpridos os ditames da sustentabilidade ambiental, econômica, social e da saúde ambiental.

Sendo assim, estudos com enfoque na caracterização e análise do saneamento ambiental rural são imprescindíveis para o desenvolvimento rural e de práticas sustentáveis (agroecológicas ou não), pois requerem uma visão holística de determinadas ações que podem gerar círculos viciosos negativos, propiciando fatores de interferência para a promoção da sustentabilidade, entendida aqui de forma ampla, e no desenvolvimento rural.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, T. L. **Implicações ambientais dos processos de atenuação de lixiviado em locais de disposição de resíduos sólidos urbanos**. 2009. 109 f. Tese (Doutorado em Hidráulica e Saneamento)-Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.
- ALTIERI, M. A. **Agroecologia: as bases científicas da agricultura alternativa**. Rio de Janeiro: PTA/Fase, 1989. 240 p.
- CARVALHO, A. R. C.; OLIVEIRA, M. V. C. **Princípios básicos do saneamento do meio**. 9. ed. São Paulo: SENAC, 2007. 211 p.
- DEUS, A. B. S.; LUCA, S. J.; CLARKE, R. T. Índice de impacto dos resíduos sólidos urbanos na saúde pública (IIRSP): metodologia e aplicação. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 9, n. 4, p. 329-334, 2004. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-41522004000400010>.
- FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE – FUNASA. **Manual de saneamento**. 3. ed. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2006. 408 p.
- MAY, M. S. S.; MORAES, L. R. S.; PIRES, L. M. L. Projeto de Saneamento Ambiental com Participação Popular do Assentamento de Reforma Agrária Dandara dos Palmares, no município de Camambu-Bahia Disponível em: <https://www.academia.edu/4485585/Projeto_de_saneamento_ambiental_com_participa%C3%A7%C3%A3o_popular_do_assentamento_de_reforma_agr%C3%A1ria_Dandara_dos_Palmares_em_Camamu_Bahia> Acesso em: 10 mar 2023.
- MUÑOZ, S. I. S. **Impacto ambiental na área de aterro sanitário e incinerador de resíduos sólidos de Ribeirão Preto, SP: avaliação dos níveis de metais pesados**. 2002. 158 f. Tese (Doutorado em Enfermagem em Saúde Pública)-Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2002.
- NATAL, D.; MENEZES, R. M. T.; MUCCI, J. L. N. Fundamentos de ecologia humana. In: PHILIPPI JUNIOR, A. (Ed.). **Saneamento, saúde e ambiente**. Barueri: Manole, 2005. p. 57-86. Coleção Ambiental.
- NEVES, M. C. P. **Boas práticas agrícolas e produção orgânica de frutas, legumes e verduras**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2005. 23 p.
- SILVA, C. C. A.; VITTI, G.C.; TREVIZAM, A. R. Concentração de metais pesados em grãos de plantas cultivadas em solo com diferentes níveis de contaminação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n.4, p.527-535, abr, 2007.
- SISSINO, C. L. S.; OLIVEIRA, R. M. **Resíduos sólidos, ambiente e saúde: uma visão multidisciplinar**. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2000. 139 p.
- SOARES, S. R. A.; BERNARDES, R. S.; CORDEIRO NETTO, O. M. Relações entre saneamento, saúde pública e meio ambiente: elementos para formulação de um modelo de planejamento em saneamento. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 18, n. 6, p. 1713-1724, 2002. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-311X2002000600026>.
- SOUTO, R. A. **Avaliação sanitária da água de irrigação e de alfalfa (*Lactuca sativa* L.) produzidas no município de Lagoa Seca, Paraíba**. 2005. 70 f. Dissertação (Mestrado)-Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2005.
- TONANI, K. A. A. **Identificação e quantificação de metais pesados, parasitas e bactérias em esgoto bruto da Estação de Tratamento de Esgoto de Ribeirão Preto – SP**. 2008. 179 f. Dissertação (Mestrado em Enfermagem em Saúde Pública)-Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2008.

VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL EM ASSENTAMENTOS DA REFORMA AGRÁRIA – REPRESENTAÇÕES SOCIAIS E PRÁTICAS COTIDIANAS

Janice Rodrigues Placeres Borges
(Processo FAPESP nº 05/54367-6)

INTRODUÇÃO

As transformações do mundo rural contemporâneo estão ampliando e renovando o campo de pesquisa, trazendo consequências socioambientais para toda a sociedade. Nas literaturas da sociologia e epidemiologia, especificamente, essas transformações são caracterizadas, entre outros, pela grande mobilidade espacial da população, associadas às precárias condições de vida nos projetos agropecuários fronteiriços e nos assentamentos rurais. Essa conjuntura impõe um repensar acadêmico quanto às condições de vida, saúde e bem-estar no campo, levantando questionamentos sobre a forma que a população rural está acompanhando essa rápida mudança (HOBAN, 2004).

A partir da década de 50 se deu pela concentração da terra, pela adoção da monocultura, o uso de tecnologias baseadas em agroquímicos e máquinas, além do desenraizamento de agricultores e sua perda da identidade, estando estes inseridos numa sociedade que não propiciou meios para reconstruir suas relações sociais e de trabalho. Dessa forma, a crise agrícola-ecológica existente hoje no país resulta do fracasso desse modelo de desenvolvimento (CHAME, 2002).

As discussões sobre o desenvolvimento rural e sustentabilidade ganharam impulso em resposta às questões como a promoção da saúde e os problemas ambientais modernos.

Segundo Czeresnia e Freitas (2003), a ideia de promoção da saúde humana e da saúde do meio ambiente se traduz em expressões próprias à realidade atual, como a de desenvolvimento sustentável, e na discussão teórica dos complexos conceitos de vulnerabilidade e risco.

O conceito de vulnerabilidade é construído e construtor de uma percepção ampliada e reflexiva sobre qualquer dano ou condição. Isso o torna interessante à saúde pública e à sociologia, pois em sua formação, as discussões teóricas buscam integrar diferentes dimensões da realidade analisada, indo de comportamentais a culturais, econômicas, históricos, ambientais, políticas e de saúde (AYRES et al., 2003). Essas características levam o conceito para uma promissora perspectiva quanto ao desenvolvimento de investigações transdisciplinares visando a compreensão de problemas socioambientais, como questões decorrentes da iniquidade, pobreza, degradação ambiental e (re)emergência de certas doenças de ordem sanitário-contagiosas.

Dessa forma, observa-se que tanto as condições de vida no campo quanto a produção agrícola passaram a ser vistas como processos condicionados por dimensões sociais, culturais, políticas, econômicas e ambientais, uma vez que a geração de renda, o financiamento da produção, a habitação, a educação, a capacitação profissional, o seguro agrícola, a reforma agrária, a nutrição, a geração de tecnologias adequadas, a qualidade do meio ambiente rural, o associativismo e a saúde são fatores limitantes para o bem-estar da população rural.

Por sua vez, a saúde socioambiental, por sua vez, é também o produto final dessa série de circunstâncias citadas acima, além de outros fatores conjunturais, estruturais, biológicos e psicológicos que irão determinar a boa ou a má condição de vida da população (MINAYO, 2003).

Para o desenvolvimento da pesquisa que deu origem a esse texto, procurou-se reunir elementos teórico-metodológicos que orientam a construção da problemática, além de um referencial interpretativo das condições de vida e da qualidade ambiental suscetíveis para apreender sociologicamente as percepções e as práticas cotidianas das famílias assentadas.

Os assentamentos rurais representam um fato novo e importante em nossa história. Porém, ainda são pouco documentados e, devido a sua natureza sistêmica e interdisciplinar, apresentam-se como verdadeiros desafios a serem interpretados. De 1985 a 1997, segundo o I Censo da Reforma Agrária, foram assentadas 320 mil famílias em aproximadamente 1500 assentamentos no país, e mais de 100 mil famílias ainda esperavam para ser assentadas. Na atualidade, existem no país mais de 5 mil projetos de assentamento rural e mais de 500 mil famílias assentadas (LEITE et al., 2004). Contudo, a grande maioria desses assentamentos são realizados sem estudos prévios e sem conhecimento pré-

vio dos riscos de agravos à saúde existentes em cada região (SILVA; CASTRO, 2002).

Do ponto de vista da saúde socioambientais e das condições de vida, encontram-se notáveis contribuições pinçadas das literaturas pertinentes, como as de Veiga e Burlandy (2001), sobre a relação de fatores socioeconômicos, demográficos e o estado nutricional de crianças e adolescentes assentados; de Vieira (2000), Dalrot (2000) e Marques (2000), sobre a qualidade de vida das famílias assentadas; de Mapurunga et al. (2000), a respeito do estado de bem estar dos assentados e suas relações com a agricultura orgânica, de Wosny et al. (1997), sobre diagnósticos socioepidemiológicos dos assentamentos agrícolas em Santa Catarina; entre tantas outras contribuições da literatura.

Os fundamentos teóricos da abordagem

Como estudar os assentamentos rurais, suas famílias, suas percepções e práticas cotidianas, assim como quais categorias teórico-analíticas utilizar, foram questões que emergiram naturalmente. Corroborando os achados de Vieira (2000), chegou-se à conclusão de que a proposição analítica escolhida pretendia se desprender das análises restritas à lógica do desenvolvimento capitalista e suas contradições.

Dessa forma, optou-se por uma abordagem similar à de Lefebvre (2009), citada por Penin (2011), para quem:

O concebido, por um lado constitui o discurso articulado que procura determinar o eixo do saber e ser promovido e divulgado. [...] O vivido, por outro lado, é formado tanto pela vivência da subjetividade dos sujeitos quanto pela vivência social e coletiva dos sujeitos num contexto específicos (PENIN, 2011, p. 5).

Sobre o método

Para este trabalho, foi adaptada a metodologia da pesquisa da Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados (1992) foi adaptada para o presente trabalho, apesar do fato da referida pesquisa não ter como referencial empírico a população rural, visto que reconhece que a mesma oferece elementos capazes para se atingir parte dos objetivos dessa pesquisa, entendendo o tema acerca das condições de vida como uma questão “multifacetada”. O MAIA (Manual de Avaliação de Impacto Ambiental)/SUREHMA-GTZ (SECRETARIA ESPECIAL DO MEIO AMBIENTE, SUPERINTENDÊNCIA DOS RECURSOS HÍDRICOS E MEIO AMBIENTE, 1992), tradicionalmente empregado em levantamentos de condições de vida de populações deslocadas e reassentadas, também oferece outros elementos vitais para a caracterização das condições de vida de famílias assentadas, tais como: o destino dos resíduos sólidos domés-

ticos e agroquímicos, a incidência e frequência de ataque de animais peçonhentos e silvestres, as principais doenças que vêm recaindo sobre os animais domésticos e criações em geral, entre outros.

Assim sendo, o conjunto de elementos inseridos na metodologia da Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados (1992) e do MAIA/Suhrema/Gtz (SECRETARIA ESPECIAL DO MEIO AMBIENTE, SUPERINTENDÊNCIA DOS RECURSOS HÍDRICOS E MEIO AMBIENTE, 1992) nortearam esta pesquisa.

A unidade de estudo adotada foi a família domiciliar, uma vez que, para além de unidade básica na vida econômica, ela é também a unidade predominante no cultivo da terra, na lida com o gado e criações, onde as condições de sobrevivência, saúde e bem-estar do indivíduo também estão condicionadas às características de sua família. Ademais, foram adotados estudos de casos para a elaboração do presente estudo.

Forma de análise dos resultados

Para uma descrição detalhada das condições de vida das famílias assentadas e um mapeamento dos problemas referentes à qualidade ambiental dos lotes, foi aplicada a análise estatística descritiva univariada nos dados aqui apresentados, usando apenas referenciais quantitativos.

As áreas de estudo

O assentamento Guarani se encontra localizado na Região Administrativa de Ribeirão Preto, distribuído entre os municípios de Pradópolis e Guataparará. A área, antes um horto florestal, foi invadida em 1992 e a situação regularizada em 1999 - fato que a caracterizava ainda na época da pesquisa de campo (2008) como uma área em fase de implantação.

Na época da pesquisa, o assentamento possuía 4.180 hectares, onde se encontravam distribuídas 273 famílias em 273 lotes. Faz-se necessário ressaltar que várias famílias se encontravam em situação considerada irregular pelo ITESP, por serem invasoras de lotes abandonados ou de lotes que ainda iriam a sorteio.

O assentamento Monte Alegre também se encontra localizado na Região Administrativa de Ribeirão Preto, com suas seis áreas distribuídas entre os municípios de Araraquara e Motuca. A área possui 6.595,1950 ha, sendo que 5.230,6948 ha abarcavam 358 lotes agrícolas e 5 agrovilas, abrigando 551 famílias.

Devido a sua extensão, o ITESP (Instituto de Terras do Estado de São Paulo) dividiu-o em seis áreas, a saber: Monte Alegre 1, Monte Alegre 2, Monte Alegre 4 e Monte Alegre 5, localizados em Motuca, com Monte Alegre 3 e Monte Alegre 6 localizados em Araraquara.

A construção da amostra

O cálculo do tamanho da amostra considerou o total de famílias cadastradas no Sistema de Informação de Atenção Básica (SIAB), fornecido pela Secretaria de Estado da Saúde do Ministério da Saúde, referentes às Divisões Regionais de Ribeirão Preto e de Araraquara, para os municípios de Pradópolis e Araraquara. Foram consideradas as famílias que contavam com os serviços públicos de abastecimento de água, de coleta de lixo e esgoto, além de energia elétrica.

Assim, o tamanho da amostra no Assentamento Guarani (Pradópolis e Guataparará) foi de 175 famílias, e para o total de áreas de estudo do Assentamento Monte Alegre (Araraquara e Motuca) a amostra foi de 180 famílias.

RESULTADOS

Características demográficas das famílias assentadas, percepções e práticas cotidianas

1. Caracterização das famílias

Através da análise de algumas características demográficas dos assentamentos estudados, pretende-se traçar um padrão para compreender os vários tipos e tamanhos de famílias da região, assim como os estágios de ciclo de vida em que se encontravam.

a. Tipos de família

Verificou-se na época da pesquisa uma expressiva participação de famílias do tipo nuclear completa nas sete áreas de estudo (Monte Alegre 1, Monte Alegre 2, Monte Alegre 3, Monte Alegre 4, Monte Alegre 5, Monte Alegre 6 e Guarani). Observou-se também uma significativa frequência de famílias do tipo ampliada, demonstrando a prática social de agregar outros parentes à família, como pais, avós, cunhados, por períodos mais ou menos longos, dependendo das necessidades.

Notou-se nas áreas de estudadas o hábito de filhos casados permanecerem no lote dos pais ou avós, em casa separada ou habitando a mesma residência dos pais, sogros ou avós, em todas as áreas de estudo.

b. Tamanho das famílias

Quanto ao tamanho das famílias na época da pesquisa, notou-se a presença de em média quatro componentes por família, em todas as áreas de estudo.

c. Ciclo de vidas das famílias

Notou-se uma elevada proporção de famílias jovens e adultas na época da pesquisa. Em contrapartida, o número de famílias velhas observadas foi baixo, o que já era de se esperar, visto que a unidade de produção local é a agricultura familiar.

d. Atributos pessoais dos membros das famílias

• Origem e tempo de moradia

Quanto ao local de residência anterior ao assentamento, 56,4% dos assentados nas seis áreas do Monte Alegre declararam morar na zona rural. Por outro lado, 83% das famílias do assentamento Guarani habitavam áreas urbanas antes de chegar ao assentamento.

No item “Tempo de Moradia”, destaca-se o percentual da categoria “mais de cinco anos”, em todas as áreas de estudo.

• Idade

Na época da pesquisa, os aspectos que mais se destacaram nas sete áreas de estudo foram a extensiva participação de crianças, adolescentes e pessoas na faixa etária dos 40 a 59 anos.

• Sexo

Em todas as áreas de estudo, não foram notadas diferenças significativas quanto ao sexo dos indivíduos que compõem as famílias nas áreas de estudo. Na época da pesquisa, a presença de homens foi ligeiramente superior no total da área do Monte Alegre (56%) do que no Guarani (54%).

• Estado Civil

Quanto ao número de casados e solteiros na época da pesquisa, observou-se um predomínio do tipo de família conjugal, também chamada elementar ou biológica, o que se confirma pelo fato dos assentamentos serem habitados por famílias jovens e nucleares completas, em todas as áreas de estudo.

• Escolaridade

Verificou-se a baixa escolaridade dos assentados na época da pesquisa, fruto de uma vida de andanças à procura de trabalho. No caso dos adultos, é comum observar a perpetuação da vida precária que os indivíduos já tinham com os pais, como se fosse uma herança passada aos filhos. Observa-se o percentual expressivo de curso primário incompleto, seguido de curso primário completo e analfabetismo, em ambas as áreas de estudo. Uma análise estatística de correspondências múltiplas poderá fornecer informações mais consistentes.

Ainda no item escolaridade, a Escola do assentamento assume um atributo de orgulho em todas as áreas de estudo do Monte Alegre, uma vez que o assentamento possuía uma escola de 1ª a 4ª série considerada pelos locais como “muito bonita”, “nova”, “muito limpa”, com uma “ótima diretora e professoras”.

A falta de uma pré-escola foi motivo de reclamações em todas as áreas de estudo. As mães reclamaram que as “crianças pequenas” ficavam em desvantagem em relação às crianças da cidade e que elas não podiam arrumar trabalho, porque tinham que ficar com os filhos o dia inteiro. A construção de uma creche é uma reivindicação antiga nas áreas do Monte Alegre. Em geral, as mães desejavam trabalhar na cidade de Araraquara.

As crianças do assentamento Guarani costumam frequentar a escola em Pradópolis.

2. Percepção de problemas ambientais do entorno e do domicílio

2.1. Características do entorno

a. Percepção dos entrevistados sobre a inundação e erosão dos lotes

A análise dos problemas ambientais ao entorno do domicílio permite conhecer as percepções dos moradores a respeito da qualidade ambiental, assim como a hierarquização dos aspectos positivos e negativos que interferem no cotidiano das famílias.

Uma das preocupações do presente estudo foi compreender a percepção que os assentados possuem dos componentes geográficos encontrados nas áreas de estudo próximas aos domicílios (erosão; presença de recursos hídricos na forma de nascentes, córregos, rios e reservatórios; áreas passíveis de inundação), além da percepção dos assentados quanto à qualidade ambiental dos arredores (lotes baldios; áreas impróprias servindo de lixão; entre outros), que pode potencializar problemas socioambientais, representando potenciais impactos à saúde dos moradores.

Quando se trata do item “inundação”, observou-se na época da pesquisa que, em 27% os domicílios estudados nas áreas do Monte Alegre, os entrevistados identificavam seus lotes como localizados próximos a córregos, rios e/ou reservatórios, estando sujeitos às enchentes e às consequências negativas das mesmas, reconhecendo a situação como um dos fatores que poderiam trazer impactos negativos, além de riscos diretos e indiretos às condições de vida dessas famílias. Nota-se também que 28% dos domicílios estudados se caracterizavam, segundo os moradores, como lotes localizados em área com propensão a erosão. Já no assentamento Guarani, de acordo com a percepção ambiental dos entrevistados, não havia no local predisposição à inundação e/ou erosão.

b. Percepção dos entrevistados sobre a qualidade ambiental dos lotes

Em sua totalidade, em ambos os assentamentos na época da pesquisa, nenhum domicílio se encontrava próximo a cemitérios, lixões municipais, aterros sanitários e indústrias.

Quanto à qualidade dos arredores dos domicílios, notou-se que havia uma maior necessidade de cuidado com o acúmulo de lixo no entorno dos domicílios no assentamento Guarani. Em algumas residências os entrevistados destacaram a presença de mau cheiro, constatado por meio de observação direta, devido ao hábito dos moradores de jogar restos de alimentos em frente às portas das cozinhas, enquanto “lidavam” na cozinha para “alimentar a criação”.

Cachorros, galinhas, cabras, porcos, gatos, entre outros, são criados soltos em vários terreiros. Resultando, em alguns lotes (21% do total das áreas estudadas do Monte Alegre, e 46% no Guarani), no acúmulo de fezes animais próximo às casas, que são então “levados” nos calçados para dentro das residências.

Em alguns lotes, nota-se nos dias das entrevistas também foi identificado mato crescendo nos arredores do domicílio de alguns lotes.

Por outro lado, observou-se um cuidado especial com o lixo doméstico na grande maioria dos lotes e terrenos nas agrovilas do Monte Alegre, visto que a gestão doméstica dos resíduos era feita com cuidados sanitários, indicando que os assentados reconheciam que esses resíduos poderiam oferecer riscos à saúde.

3. Características e condições das moradias

A análise da qualidade do domicílio aliada à qualidade ambiental do mesmo e seu entorno indicam a qualidade das condições de vida das famílias.

a. Material das paredes, telhado e piso

Quanto à qualidade do material de edificação dos domicílios na época da pesquisa, notou-se nas áreas de estudo o elevado número de residências com paredes de alvenaria, telhado de telha de barro e piso de cimento ou tijolo. Em contrapartida, foi também observada uma frequência significativa de telhados de fibrocimento (telhas de amianto) e pisos de ladrilho, nas seis áreas do Monte Alegre. Já no assentamento Guarani, foram encontrados barracos de madeira com piso de terra batida ou barracos de paredes de madeira, zinco e até pano ou lona.

b. Ocupação das moradias

Na época da pesquisa, a porcentagem de domicílios compostos de dois quartos/sala/cozinha variou entre 21% nas seis áreas do Monte Alegre e 25% no Guarani. A incidência de estruturas com três quartos/sala/cozinha variou entre 28% nas áreas do Monte Alegre e 18% no Guarani. A incidência de estruturas com quatro quartos/sala/cozinha variou entre 24% no Monte Alegre e 12.5% no Guarani. A incidência de estruturas com quarto/sala/cozinha variou entre 7% nas áreas do Monte Alegre e 16% no assentamento Guarani. Já a incidência de estruturas com quarto/cozinha ou quarto/sala variou entre 13.7% no Guarani, e estruturas com 1 cômodo também foram mais encontradas no referido assentamento, com 8% de predominância. Estes dados mostram as variações de moradias dentro dos assentamentos, refletindo de forma transparente a concentração de certas estruturas domiciliares nos lotes, denotando uma maior precarização de moradias no assentamento Guarani. Resta saber, por meio da análise de correspondências múltiplas, o tipo e o número de famílias habitando essas moradias.

c. Metragem

Em relação à metragem das moradias, foram consideradas as seguintes escalas:

- Moradias precárias: até 44,9 m²;
- Moradias satisfatórias: de 45m² até 99 m²;
- Moradias mais que satisfatórias: 100 m² ou mais.

Observou-se na época da pesquisa que, nas áreas de estudo dos PAs Monte Alegre, 71% das moradias eram satisfatórias quanto à metragem. Já no assentamento Guarani, 54% das moradias poderiam ser consideradas precárias, e 41% satisfatórias, o que é justificável, pois as residências ainda se encontravam em fase de implantação.

4. Condições de habitabilidade

a. Fonte de energia

A energia elétrica trouxe comodidade e outras opções de lazer para as famílias. Segundo os entrevistados, a geladeira era importante “para ter um leitinho para as crianças”, e o televisor, “para assistir novela, jornal e jogo”. Esses utensílios são aspectos da vida urbana introduzidos no campo, sem os quais os assentados sentem desconforto ou “falta de diversão”, principalmente porque a TV é a única forma de lazer e informação para muitos indivíduos.

Observou-se na época da pesquisa que a maioria dos domicílios em Monte Alegre utilizava energia elétrica da rede. Em contrapartida, quase a metade das moradias do assentamento Guarani ainda utilizava vela ou lampião.

b. Resíduos sólidos domésticos

A gestão de resíduos sólidos na área rural ainda é uma questão pouco discutida e estudada, sendo dedicados poucos recursos específicos para busca de estratégias que minimizem este problema.

O item “resíduos sólidos domésticos” foi analisado a partir de dois componentes: armazenamento em casa e armazenamento fora de casa.

Notou-se na época da pesquisa que 29% dos domicílios das 6 áreas de estudo do Monte Alegre não armazenavam o lixo em casa, contra o percentual de 46% dos domicílios no Guarani. Observou-se também que 21% dos domicílios dos assentamentos Monte Alegre possuíam o hábito de armazenar lixo dentro de casa em recipientes abertos e, entre os que não armazenavam lixo dentro de casa, 41% tinha o hábito de queimar os resíduos. Notou-se que os assentados do Monte Alegre se dividiam quase que proporcionalmente entre armazenar em recipientes abertos ou não armazenar os resíduos em casa. Existia o hábito de levar o lixo para o “buraco”, ou seja, uma vala situada na área 3 do Monte Alegre, localizada no município de Araraquara. Segundo um entrevistado, todo esse lixo era queimado esporadicamente.

Quanto ao item “armazenamento do lixo doméstico fora de casa”, ainda no assentamento Monte Alegre, os resul-

tados indicaram o hábito da queima (54%) e do uso de recipientes abertos (22%).

No assentamento Guarani, observou-se o hábito de não armazenar lixo dentro de casa (46%), de queima dos resíduos domésticos (63%), e de armazenagem em recipientes abertos (25%).

Em todas as áreas dos PAs Monte Alegre, os entrevistados apontaram a incidência de insetos na cozinha e no banheiro, com destaque para a resposta “às vezes” (56% e 32%, respectivamente).

No assentamento Guarani, aproximadamente metade dos entrevistados disseram nunca ter encontrado insetos na cozinha ou no banheiro.

5. Usos e práticas cotidianas relacionadas com o ambiente domiciliar

Neste item foram analisados aspectos relacionados ao ambiente domiciliar e às condições de higiene, como: abastecimento e tratamento da água; instalação sanitária; tratamento da água; esgotamento sanitário; presença de vetores de doenças e de animais peçonhentos. Estes indicadores são da maior importância para a atenção primária à saúde e atualmente, segundo estudos da ONU, uma em cada três pessoas de países em desenvolvimento não conta com as exigências básicas de saúde e dignidade.

Documentos oficiais reconhecem que os excrementos e esgotos humanos são causa importantes para a deterioração da qualidade da água de países em desenvolvimento.

a. Abastecimento

Quanto ao abastecimento d'água dos domicílios, notou-se por observação direta na época da pesquisa que as famílias se serviam de duas ou mais fontes de abastecimento, principalmente no assentamento Guarani. Observou-se que 83% dos domicílios do assentamento Monte Alegre eram abastecidos por água de poço, porém, 14% dos domicílios entrevistados utilizavam simultaneamente água de poço, córrego, reservatório, mina e nascente.

No assentamento Guarani se destacaram os percentuais de 64% de abastecimento por água de poço e 40% por carro pipa. Faz-se necessário ressaltar que as pessoas que se abastecem de água de poço no assentamento Guarani vão buscá-la no poço artesiano do Posto de Saúde local ou no poço de uma Igreja. O carro pipa passa semanalmente e abastece os tambores, que os assentados deixam na entrada dos lotes.

b. Instalação sanitária

Quanto à instalação sanitária, na época da pesquisa, observou-se que a maioria dos domicílios possuía banheiro com instalações sanitárias (83% no assentamento Monte Alegre e 61% no assentamento Guarani), contra um número considerável de domicílios que utilizavam fossa seca ou negra com sanitário (28.5% no Monte Alegre e 74% no Guarani). Ob-

servou-se também um significativo percentual de domicílios no Guarani sem nenhum tipo de instalação sanitária (12%).

c. Tratamento de água utilizado

Quanto ao tratamento utilizado para purificar a água na época da pesquisa, aproximadamente metade das famílias do assentamento Monte Alegre consumiam o recurso *in natura*, e os 47% restantes filtravam a água. Já no assentamento Guarani, a opção da maioria dos assentados era pela filtração (68%) e 26.4% pelo consumo *in natura*.

d. Esgotamento sanitário

Quanto ao esgotamento sanitário na época da pesquisa, o percentual de domicílios servidos por fossa negra foi elevado (74,4%), onde os dejetos eram lançados diretamente no vaso, sem uso da descarga d'água (o que não é recomendável, pois pode contaminar o lençol freático), seguido pelo baixo percentual de domicílios servidos por fossa asséptica.

e. Presença de vetores

A presença de insetos e roedores na época da pesquisa foi marcante nos dois assentamentos. Observou-se a elevada incidência de mosquitos (76% no assentamento Monte Alegre e 65% no assentamento Guarani), pernilongos (91% no Monte Alegre e 93% no Guarani), e ratos/camundongos (63% no Monte Alegre e 65% no Guarani).

No assentamento Guarani, notou-se o elevado percentual da categoria “outros” (63%), dado que necessita ser mais explorado futuramente.

f. Presença de animais peçonhentos

Quanto ao ataque de animais peçonhentos, notou-se, que mais da metade das famílias entrevistadas no assentamento Guarani já sofreram algum tipo de ataque de animais peçonhentos. No assentamento Monte Alegre, dentre as 180 famílias entrevistadas, 66 afirmaram já ter sofrido algum tipo de ataque de animal peçonhento. Foram relatadas picadas de cobra, aranha e escorpião.

No assentamento Guarani, 88% dos domicílios entrevistados declararam que algum membro da família já foi picado por escorpião.

Saúde e ambiente domiciliar

1. Atendimento de saúde à disposição das famílias

Quanto à atenção à saúde, observou-se na época da pesquisa que as famílias do assentamento Monte Alegre afirmaram ter à sua disposição atendimento nos *hospitais públicos* de Araraquara e Matão, além dos *centros e postos de saúde* desses municípios. Faz-se necessário ressaltar que o assentamento é servido pelo Programa de Saúde da Famí-

lia, contando também com um Posto de Saúde e um ambulatório ginecológico.

No assentamento Guarani, a situação é semelhante, com um posto de saúde que abriga o Programa de Saúde da Família. Segundo uma assentada: “quando o problema é maior, eles encaminham a gente para o HC de Ribeirão Preto” (Aparecida, 42 anos, assentamento Guarani).

a. Saúde das crianças com menos de 10 anos

Quanto à saúde das crianças nos últimos 15 dias anteriores à pesquisa, do total de 69 domicílios com crianças nessa faixa etária no Assentamento Monte Alegre, observou-se que em 24 domicílios (13.3%) alguma criança adoeceu nesse espaço de tempo. Já no assentamento Guarani, do total de 101 domicílios com crianças com menos de 10 anos de idade, notou-se que em 19 domicílios (10%) alguma criança havia adoecido nos últimos 15 dias anteriores à pesquisa.

b. Vacinação

Quanto à vacinação na época da pesquisa, 91% das crianças do assentamento Monte Alegre seguiam o calendário de vacinação, contra 93% das crianças do Assentamento Guarani com o cronograma de vacinação em dia.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo apresentou uma descrição detalhada da situação dos assentados, com um mapeamento dos problemas e da situação de vulnerabilidade socioambiental nas seis áreas do assentamento Monte Alegre e do assentamento Guarani. Os dados foram coletados a partir das percepções de seus moradores, através de uma abordagem quantitativa, atentando às variáveis de condições de vida e de qualidade do saneamento ambiental. Essas representações são concepções desenvolvidas diariamente pelos assentados por meio de um processo interativo com a existência/inexistência de problemas ou agravos, uma vez que é no cotidiano que qualquer pessoa constrói suas percepções.

Os resultados apontam para a existência de um padrão de desigualdades entre os moradores do mesmo assentamento e entre os demais assentamentos estudados.

Nas duas áreas de estudo, a investigação da vulnerabilidade econômica nas duas áreas de estudo, analisada do ponto de vista da renda, revelou um dramático quadro de vulnerabilidade familiar. Isso elucida a existência do significativo percentual de famílias nucleares completas ampliadas, visto que famílias sem rendimentos estáveis tendem a conviver com outras famílias, como estratégia de sobrevivência, a fim de compartilhar os recursos do domicílio.

No que concerne à faixa etária dos assentados, destacou-se que os riscos à sobrevivência das crianças era um dos principais indicadores de demanda por atenção à saúde,

evidenciando condições que tornam esses segmentos da população mais vulneráveis à mortalidade prematura, tendo como causas principais doenças que poderiam ser evitadas e prevenidas. O domicílio em áreas de assentamento e a qualidade ambiental de seu entorno são importantes fatores de risco para as crianças, visto que as condições de vida desfavoráveis de seus habitantes estão frequentemente associadas à baixa ou nenhuma renda familiar - como é o caso de várias famílias que sobrevivem de Bolsa Escola no assentamento Guarani.

Por outro lado, é possível observar outros aspectos de grande relevância para os estudos de Saúde Pública, como o envelhecimento da população do assentamento Monte Alegre, que em mais ou menos cinco anos terá sua primeira geração de idosos. Conhecer mais detalhadamente essa população idosa assentada (com 60 anos ou mais) é fundamental para o planejamento das ações na área de saúde.

Quanto à inter-relação das condições de vida e qualidade do saneamento ambiental, a situação de vulnerabilidade dos assentados no Guarani se encontra imersa em um conjunto de déficits centrados na qualidade do ambiente ao entorno dos domicílios, com problemas como o abastecimento de água, as condições de moradias, a baixa escolaridade, a falta de renda ou renda baixa, além da presença de vetores de doenças e animais peçonhentos. Não obstante, vale mencionar que nem todos os problemas ambientais afetam apenas os mais pauperizados desse assentamento.

A avaliação das características e condições de moradia indica que, apesar de todas as áreas do assentamento Monte Alegre possuírem farta disponibilidade de água, a qualidade é duvidosa devido à contaminação dos poços pelo esgotamento sanitário, causada pela localização dos mesmos. A escassez de água também é um drama vivido pelos assentados do Guarani.

Dessa forma, o acesso à água em quantidade e qualidade é mais um dos problemas enfrentados por esses moradores, deixando a população vulnerável a doenças de veiculação hídrica.

Todas as áreas de estudo apresentavam problemas na gestão dos resíduos sólidos domésticos e dos resíduos gerados na produção. Porém, isso é um fato generalizado em toda área rural no Brasil, visto que o lixo rural ainda é um problema pouco discutido e estudado, sendo poucas as estratégias desenvolvidas e difundidas para minimizá-lo, o que faz com que essa questão seja uma externalidade de difícil gestão.

Muitos dos problemas vividos pelos assentados são frutos da omissão do Estado e dos municípios que os abarcam, assim como do descompasso entre produção de informação, sua disseminação e apropriação pela população rural. Isso também é um dos aspectos parcialmente responsáveis pela situação de vulnerabilidade das famílias estudadas.

Em síntese, os resultados da presente pesquisa ressaltam o perfil de vulnerabilidade socioambiental das famílias as-





sentadas, no que se refere ao precário acesso a bens, serviços, cultura, educação e informação, acabando por levá-los a uma maior exposição aos riscos, devido à baixa escolaridade, à baixa renda, e condições de habitabilidade e sanitário-ambientais insatisfatórias, do ponto de vista da Saúde Pública.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AYRES, J. R. C. M. et al. O conceito de vulnerabilidade e as práticas de saúde: novas perspectivas e desafios. In: CZERESNIA, D.; FREITAS, C. M. (Org.). **Promoção da saúde: conceitos, reflexões e tendências**. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2003. p. 117-139.
- CHAME, M. Dois séculos de crítica ambiental no Brasil e pouco mudou. In: MINAYO, M. C. S. (Org.). **Saúde e ambiente sustentável: estreitando nós**. Rio de Janeiro: Fiocruz, 2002. p. 55-54.
- CZERESNIA, D.; FREITAS, C. M. **Promoção da saúde: conceitos, reflexões e tendências**. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2003. 173 p.
- DALROT, M. R. A methodology for elaborating a rural life quality index. In: WORLD CONGRESS OF RURAL SOCIOLOGY, 10., BRAZILIAN CONGRESS OF RURAL ECONOMY AND SOCIOLOGY, 38., 2000, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: IRSA/SOBER, 2000. p. 349-350.
- LEFEBVRE, H. **A vida cotidiana no mundo moderno**. São Paulo: Ática, 2009.
- LEITE, S.; HEREDITA, B.; MEDEIROS, L. **Impactos dos assentamentos: um estudo sobre o meio rural brasileiro**. São Paulo: Editora Unesp, 2004.
- MAPURANGA, L. et al. The social welfare of organic agriculture: the case of Guaraciaba do Norte. In: WORLD CONGRESS OF RURAL SOCIOLOGY, 10., BRAZILIAN CONGRESS OF RURAL ECONOMY AND SOCIOLOGY, 38., 2000, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: IRSA/SOBER, 2000.
- MARQUES, A. Analysis on rural settlements abandonment at Araçatuba, SP. In: WORLD CONGRESS OF RURAL SOCIOLOGY, 10., BRAZILIAN CONGRESS OF RURAL ECONOMY AND SOCIOLOGY, 38., 2000, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: IRSA/SOBER, 2000.
- MINAYO, M. C. S. Condiciones de vida, desigualdad y salud a partir del caso brasileño. Disponível em: < <https://books.scielo.org/id/rmmbk/pdf/briceno-9788575415122-05.pdf> > Acesso em: 10 mar 2023. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2003.
- PENIN, S. **Cotidiano e escola: a obra em construção**. 2. ed. São Paulo: Cortez, 2011.
- SECRETARIA ESPECIAL DO MEIO AMBIENTE, SUPERINTENDÊNCIA DOS RECURSOS HÍDRICOS E MEIO AMBIENTE – SUREHMA. DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR TECHNISCHE ZUSAMMENARBEIT – GTZ. **Manual de avaliação de impacto ambiental**. Curitiba: SURHEMA: GTZ, 1992.
- SILVA, C. C. A.; VITTI, G.C.; TREVIZAM, A. R. Concentração de metais pesados em grãos de plantas cultivadas em solo com diferentes níveis de contaminação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n.4, p.527-535, abr, 2007.
- VEIGA, G.; BURLANDY, L. Indicadores socio-econômicos, demográficos e estado nutricional de crianças e adolescentes residentes em um assentamento rural do Rio de Janeiro. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 17, n. 6, p. 1465-1472, 2001. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-311X2001000600017>.
- WOSNY, A. M.; PIERALISI, C. A. S.; HALL, S. C. Diagnóstico sócio-epidemiológico dos assentamentos agrícolas em Friburgo, Santa Catarina. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA PARA O PROGRESSO DA CIÊNCIA, 49., 1997, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: SBPC, 1997. p. 40-55.

Difusão e popularização do programa R em atividades de ensino, pesquisa e extensão

Diffusion and popularization of the R program in teaching, research and extension activities

Josiane Rodrigues¹ 
 Gilberto Rodrigues Liska¹ 
 Fernanda Abduche Galvão Pimentel² 
 Alessia Zincone Volponi³ 

¹Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Departamento de Tecnologia Agroindustrial e Socioeconomia Rural, Centro de Ciências Agrárias, Araras, SP, Brasil. josirodrigues@ufscar.br

¹Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Departamento de Tecnologia Agroindustrial e Socioeconomia Rural, Centro de Ciências Agrárias, Araras, SP, Brasil. gilbertoliska@ufscar.br

²Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal e Bioprocessos Associados (PPGPVBA), Araras, SP, Brasil. feer.abduche@gmail.com

³Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Centro de Ciências Agrárias, Curso de graduação em Biotecnologia, Araras, SP, Brasil. alessiavolponi@estudante.ufscar.br

RESUMO O R é uma linguagem e ambiente para computação estatística e gráficos que permite, além dos procedimentos estatísticos, operações matemáticas simples, manipulação de vetores e matrizes, dentre outros diversos procedimentos. Além de ter livre distribuição, o R é uma linguagem de programação de código aberto, ou seja, permite que qualquer usuário possa contribuir com a sua difusão, o que pode ocorrer por meio da criação de pacotes que contêm os códigos necessários para a execução das funções criadas para a resolução de diversos tipos de problemas e que podem ser compartilhadas na rede de distribuição do R. Desse modo, o R conta com uma comunidade ativa de desenvolvedores que se expande regularmente, o que faz com que as suas técnicas de análise de dados atinjam pesquisadores ao redor de todo o mundo. Assim, a linguagem de programação R abrange todos os tipos de análises estatísticas para as mais variadas áreas, incluindo as Ciências Agrárias, e tem como uma das maiores qualidades a grande quantidade de pacotes estatísticos disponíveis e que possibilitam manipular dados de forma eficaz, assim como armazená-los. Nesse sentido, o presente capítulo apresentará e discutirá o uso da linguagem de programação R em atividades de ensino, pesquisa e extensão do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). Para tal, serão discutidos os cursos nos quais o R tem sido utilizado como recurso computacional para apoio nas disciplinas, atividades de extensão realizadas, grupo de estudos, e seu uso em pesquisas acadêmicas.

Palavras-chave: Análise de dados; ensino; estatística; linguagem de programação.

ABSTRACT R is a language and environment for statistical computing and graphics that allows, in addition to statistical procedures, simple mathematical operations, manipulation of vectors and matrices, among other diverse procedures. In addition to being freely distributed, R is an open-source programming language, that is, it allows any user to contribute to its dissemination, which can occur through the creation of packages that contain the codes necessary for the execution of the functions created to solve different types of problems and that can be shared in the distribution network



Este é um capítulo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença [Creative Commons Attribution](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

of R. In this way, R has an active community of developers that expands regularly, which makes its analysis techniques of data reach researchers around the world. Thus, the R programming language covers all types of statistical analysis for the most varied areas, including Agricultural Sciences, and one of its greatest qualities is the substantial number of statistical packages available that allow for efficient data manipulation, as well as store them. In this sense, this chapter will present and discuss the use of the R programming language in teaching, research, and extension activities at the Centro de Ciências Agrárias of the Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). To this end, will be discussed the courses in which R has been used as computational resource to support disciplines, extension activities carried out, study group, and its use in academic research.

Keywords: Data analysis; teaching; statistic; programming language.

1. INTRODUÇÃO

A área das Ciências Agrárias é uma importante área do conhecimento por proporcionar avanços tecnológicos agropecuários e, para fornecer conclusões válidas, não é incomum a aplicabilidade de metodologias estatísticas.

De modo geral, a Estatística é definida como um conjunto de métodos e técnicas que envolve todas as etapas de uma pesquisa, nas mais diversas áreas do conhecimento, desde o planejamento, coordenação, levantamento de dados, até a consistência, processamento, organização, análise e interpretação dos resultados (IGNÁCIO, 2010). Em suma, pode-se dizer que o seu objetivo é o de apresentar informações sobre dados em análise, de modo que se obtenha maior compreensão dos fatos que eles representam.

Durante o século XX a Estatística revolucionou a ciência por meio do fornecimento de métodos e modelos úteis que sofisticaram o processo de pesquisa, permitindo assim orientar a tomada de decisões nas mais diversas áreas (SALSBURG, 2009). Ainda, no final deste mesmo século, o desenvolvimento computacional dinamizou o emprego das metodologias estatísticas, e permitiu a manipulação de grande quantidade de dados (IGNÁCIO, 2010).

Atualmente, são diversos os métodos estatísticos que podem ser utilizados na análise de dados, que vão desde as ferramentas mais simples, como a aplicação de um teste t para a comparação das médias de dois tratamentos ou uma regressão linear, por exemplo, até os métodos mais complexos, como os modelos lineares generalizados mistos e a abordagem bayesiana (CARVALHO, 2019).

Alinhada com o contexto de revolução tecnológica e dinamização dos procedimentos estatísticos surgiu, na década de 1990, a linguagem de programação R, desenvolvida originalmente por Ross Ihaka e Robert Gentleman, pesquisadores do Departamento de Estatística da Universidade de Auckland, na Nova Zelândia (PASSOS, 2021), sendo esse projeto uma grande evolução para a análise de dados.

O R (R CORE TEAM, 2021) é uma linguagem e ambiente para computação estatística e gráficos que permite, além dos procedimentos estatísticos, operações matemáticas sim-

ples, manipulação de vetores e matrizes, dentre outros diversos procedimentos (CRAWLEY, 2012). Além de ter livre distribuição, o R é uma linguagem de programação de código aberto, ou seja, permite que qualquer usuário possa contribuir para sua difusão, o que pode ocorrer por meio da criação de pacotes que contêm os códigos necessários para a execução das funções criadas para a resolução de diversos tipos de problemas e que podem ser compartilhadas na rede de distribuição do R (CRAN).

Desse modo, o R conta com uma comunidade ativa de desenvolvedores que se expande regularmente, o que faz com que as suas técnicas de análise de dados atinjam pesquisadores das mais variadas áreas ao redor do mundo. De modo geral, linguagens de programação de código aberto e plataformas de software desempenham papel fundamental no progresso da pesquisa, uma vez que auxiliam no desenvolvimento de novos métodos para resolver problemas em todas as áreas da ciência (KADIYALA; KUMAR, 2017).

Um grande progresso na utilização da linguagem R foi a criação da IDE (*Integrated Development Environment*) RStudio (VERZANI, 2011), a qual se configura em um ambiente integrado com o R e com inúmeras linguagens de marcação de texto, tais como LATEX, Markdown e HTML, sendo, portanto, uma ferramenta que permite melhor experiência entre usuários e hardware. Assim como o R, o RStudio possui versão livre que disponibiliza ao usuário a execução, guarda, retomada e manipulação dos códigos de programação diretamente em seu console, bem como a administração de diretórios de trabalhos e projetos (BATTISTI; SMOLSKI, 2019).

A linguagem de programação R abrange todos os tipos de análises estatísticas para as mais variadas áreas, incluindo as Ciências Agrárias, e tem como uma das maiores qualidades a grande quantidade de pacotes estatísticos disponíveis e que possibilitam manipular dados de forma eficaz, assim como armazená-los (DALL'AGNOL; BETZEK; BAZZI, 2018). O R é reconhecido como um dos softwares estatísticos mais poderosos e flexíveis, permitindo que os usuários apliquem muitas técnicas estatísticas que seriam impossíveis sem o seu auxílio, e tornou-se uma ferramen-

ta essencial para a compreensão e realização de pesquisas (CRAWLEY, 2012).

Estudos e levantamentos mostram que a popularidade do R aumentou substancialmente nos últimos anos (LI; YAN; FENG, 2017), e essa popularidade tem se expandido para outras áreas além da estatística, por exemplo, em publicações como *Solving Differential Equation in R* (SOETAERT; CASH; MAZZIA, 2012), *Morphometrics with R* (CLAUDE, 2008), *A Primer of Ecology with R* (LORTIE et al., 2020). Ainda, existem publicações sobre como utilizar o R para melhor visualização dos dados ou de suporte, como *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis* (WICKHAM, 2009). Com relação à Estatística, tem sido amplamente utilizado em tópicos especiais, como, por exemplo, em Estatística Bayesiana, na publicação *Bayesian Computation with R* (ALBERT, 2009), em Simulação Computacional, com *Introducing Monte Carlo Methods with R* (ROBERT; CASELLA, 2010) e no ensino de Estatística, com *A Course in Statistics with R* (TATTAR; RAMAIAH; MANJUNATH, 2016), dentre várias outras publicações.

Diante do exposto, fica evidente que o programa R tem se tornado uma ferramenta de grande aplicabilidade em diversos ramos do conhecimento. Nesse sentido, o presente capítulo apresentará e discutirá o uso da linguagem de programação R em atividades de ensino, pesquisa e extensão realizadas no Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). Para tal, serão discutidos os cursos nos quais o R tem sido utilizado como recurso computacional para apoio nas disciplinas, atividades de extensão realizadas, grupo de estudos que conta com o apoio do R e seu uso em pesquisas acadêmicas.

2. O USO DO R EM ATIVIDADES DE ENSINO DO CCA

O R tem sido usado em diversas disciplinas de graduação e pós-graduação no CCA da UFSCar. É largamente usado em

disciplinas de estatística e programação de computadores. Atualmente, as disciplinas de “Fundamentos e Programação de Computadores”, “Tópicos em Matemática II”, “Noções de Probabilidade e Estatística”, “Experimentação Agrícola”, “Métodos Quantitativos em Biotecnologia”, “Métodos Estatísticos Aplicados” e “Análise Estatística de Dados” contam com esse recurso.

Em uma pesquisa de satisfação realizada com algumas das disciplinas mencionadas, os alunos foram convidados a responder, de forma voluntária, dez perguntas sobre seu nível de satisfação com a disciplina cursada. Uma das perguntas foi direcionada ao uso do R como recurso computacional para apoio na resolução dos exercícios, ilustração e aplicação das teorias e extensões de seu uso. A pergunta era: “Numa escala de 0 a 10, que nota você atribui ao uso do R nas aulas? Atribua 0 para muito insatisfeito e 10 para muito satisfeito”.

Dos 106 respondentes, 39 (36,79%) atribuíram nota 10 quanto ao uso do R nas aulas, sendo essa a nota mais frequente, e apenas 3 alunos (2,83%) atribuíram nota 0 ao uso da linguagem (Quadro 1 e Figura 1). Além disso, mais da metade dos respondentes atribuíram nota superior a 8 à pergunta, o que mostra que a maioria dos respondentes considera viável o uso da linguagem de programação R em conjunto com as disciplinas (Figura 2).

A nota média atribuída à questão foi de 8,26 pontos, com desvio padrão de 2,2 pontos. Com coeficiente de assimetria negativo e visualização do comportamento do gráfico de barras (Figura 1), há evidências de que a distribuição das notas dos respondentes é assimétrica à esquerda, o que confirma o fato de a mediana ser superior à nota média (Quadro 2). Além disso, 25% dos respondentes atribuíram até 8 pontos a essa pergunta e 75% atribuíram nota 10 pontos, confirmando o aspecto assimétrico das notas. Partindo do princípio de que os respondentes constituem uma

QUADRO 1 - Notas dos respondentes da pergunta “Numa escala de 0 a 10, que nota você atribui ao uso do R nas aulas? Atribua 0 para muito insatisfeito e 10 para muito satisfeito”.

Notas	Frequência			Frequência acumulada		
	Absoluta	Relativa	Percentual	Absoluta	Relativa	Percentual
0	3	0,0283	2,83	3	0,02830	2,83
2	2	0,0189	1,89	5	0,04717	4,72
4	1	0,0094	0,94	6	0,05660	5,66
5	3	0,0283	2,83	9	0,08491	8,49
6	5	0,0472	4,72	14	0,13208	13,21
7	12	0,1132	11,32	26	0,24528	24,53
8	20	0,1887	18,87	46	0,43396	43,40
9	21	0,1981	19,81	67	0,63208	63,21
10	39	0,3679	36,79	106	1	100
Total	106	1	100	-	-	-

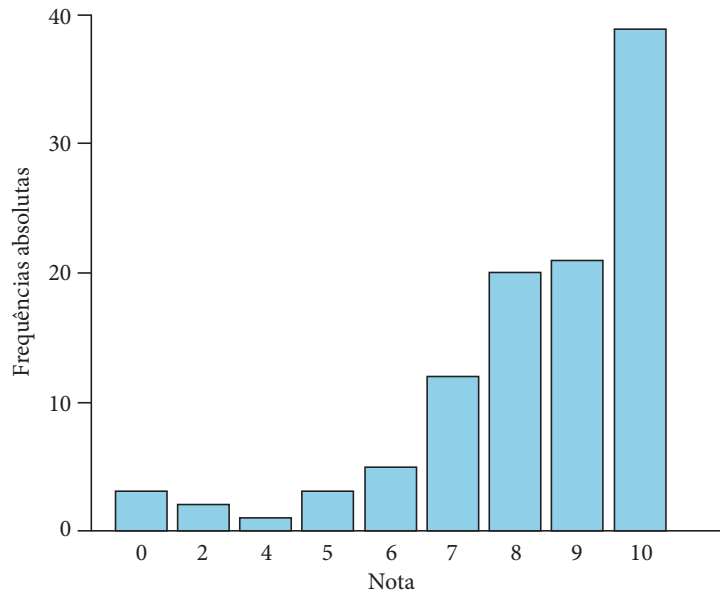


FIGURA 1 - Gráfico de barras das respostas da pergunta: “Numa escala de 0 a 10, que nota você atribui ao uso do R nas aulas? Atribua 0 para muito insatisfeito e 10 para muito satisfeito?”.

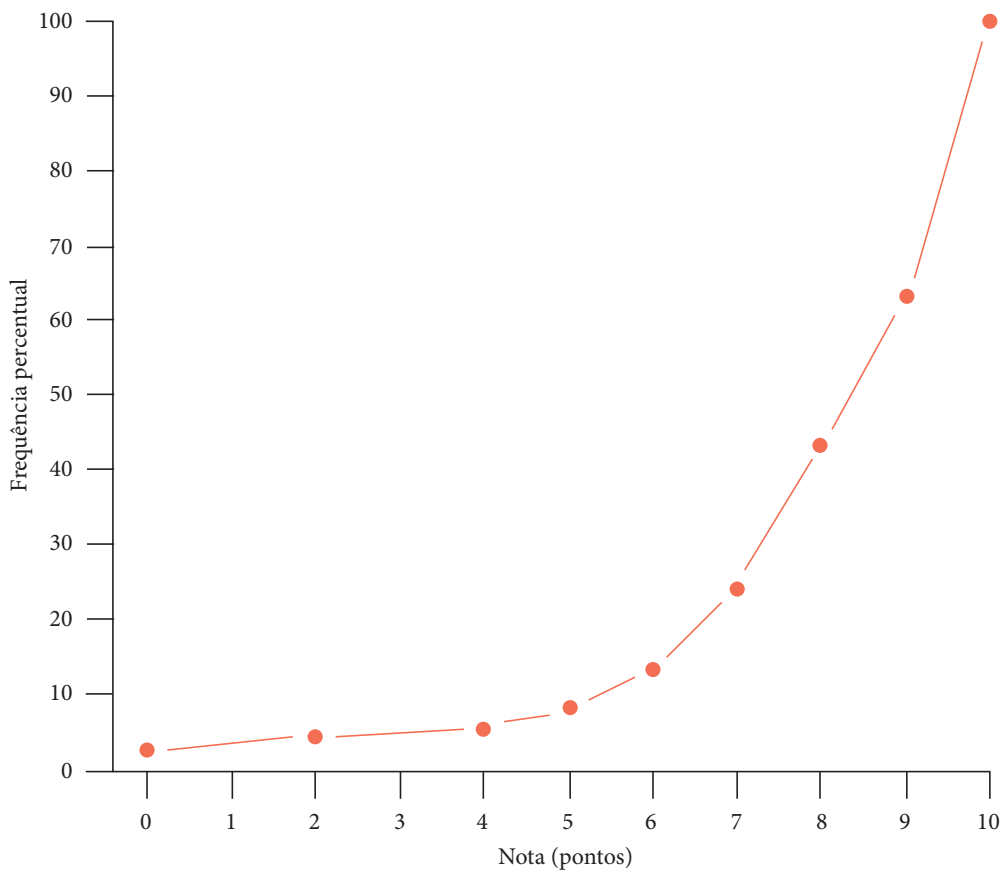


FIGURA 2 - Gráfico de frequência percentual acumulada das respostas da pergunta: “Numa escala de 0 a 10, que nota você atribui ao uso do R nas aulas? Atribua 0 para muito insatisfeito e 10 para muito satisfeito?”.

QUADRO 2 - Medidas descritivas das respostas da pergunta: “Numa escala de 0 a 10, que nota você atribui ao uso do R nas aulas? Atribua 0 para muito insatisfeito e 10 para muito satisfeito”.

Média	Mediana	Desvio padrão	Quartil 25%	Quartil 75%	Intervalo de confiança de 95%		Assimetria
					Limite inferior	Limite superior	
8,26	9,00	2,20	8,00	10,00	7,84	8,69	-1,98

amostra dos possíveis respondentes e alunos das disciplinas e, sob a suposição de normalidade, com 95% de confiança, pode-se afirmar que a nota média dos respondentes está contida no intervalo entre 7,84 e 8,69.

Frente aos resultados apresentados, percebe-se que os alunos tendem a aprovar o uso do R nas disciplinas, e isso representa um estímulo em persistir com o seu uso nas aulas. De modo geral, o uso de softwares em sala de aula possui uma série de vantagens: é uma fonte de informação, auxilia no processo de construção do conhecimento, amplia a autonomia de raciocínio e de reflexão dos alunos, bem como os ampara no processo de criação de soluções na resolução de problemas (GLADCHEFF; SILVA; ZUFFI, 2001). Dessa forma, conclui-se que a maneira com que as disciplinas supracitadas são ministradas com o uso do R tem apresentado resultados promissores.

3. O USO DO R EM ATIVIDADES DE PESQUISA DO CCA

A linguagem de programação R também tem sido apresentada pelos professores autores deste capítulo aos seus orientados/coorientados de iniciação científica – sendo esta uma modalidade de pesquisa acadêmica na qual o estudante de graduação tem a oportunidade de aprofundar os seus estudos em um determinado tema do seu campo de conhecimento – e aos seus orientados/coorientados de mestrado de Programas de Pós-Graduação do CCA/UFSCar.

Qualquer que seja o projeto, o R tem sido utilizado pelos discentes enquanto ferramenta para realizar a análise dos dados provenientes do seu trabalho de iniciação científica/mestrado e, portanto, os alunos têm nessa oportunidade a possibilidade de aprender mais sobre a linguagem, se aprofundando em metodologias específicas, de acordo com a temática do projeto desenvolvido.

4. O USO DO R EM ATIVIDADES DE EXTENSÃO DO CCA

Grupo de Estudos em Probabilidade e Estatística

O Grupo de Estudos em Probabilidade e Estatística (GEPE) do Centro de Ciências Agrárias da UFSCar (CCA) foi cria-

do no ano de 2020 pelos professores de Estatística Josiane Rodrigues (coordenadora do grupo) e Gilberto Rodrigues Liska, do Departamento de Tecnologia Agroindustrial e Socioeconomia Rural (DTAiSeR), com o objetivo de apresentar soluções estatísticas para os mais variados problemas, especialmente àqueles relacionados à área das Ciências Agrárias.

De forma geral, o GEPE tem como finalidade assessorar os discentes e docentes da UFSCar e de outras instituições em suas pesquisas, auxiliando-os na análise de dados para eventual publicação e divulgação de suas produções científicas. Além disso, também tem por um de seus objetivos oferecer minicursos à comunidade acadêmica e externa, como oportunidade de complementação do conhecimento estatístico. A fim de cumprir as atividades propostas, o grupo sempre conta com a participação de um aluno de graduação do CCA, o qual trabalha em conjunto com os professores participantes do projeto.

Assim, de forma mais específica, os objetivos do GEPE são:

- (i) Contribuir para a formação de recursos humanos por meio de orientação de alunos de graduação na atividade de extensão;
- (ii) Apresentar soluções para problemas estatísticos variados;
- (iii) Contribuir para a qualificação da comunidade acadêmica e externa por meio da oferta de minicursos.

Em todos os objetivos traçados o R se faz presente, sendo utilizado pelo grupo nos mais diferentes contextos. No que diz respeito ao objetivo (i), por exemplo, o aluno participante da atividade é capacitado, com o auxílio dos professores do GEPE e de material didático apropriado, em metodologias estatísticas específicas e em sua implementação no software R. Com isso, pretende-se que o aluno desenvolva a capacidade de utilizar metodologias para análise de dados utilizando o R, sendo que a partir do conhecimento compartilhado é elaborado material didático que eventualmente é utilizado nos minicursos ofertados pelo grupo.

Sobre o objetivo (ii), o GEPE recebe por demanda espontânea solicitações de auxílio para a resolução de problemas de natureza estatística advindos da comunidade acadêmica da UFSCar e de outras instituições. Nesse contexto, a linguagem R tem sido utilizada como uma importante ferramenta na análise e na manipulação dos

mais variados conjuntos de dados, com testes paramétricos e não paramétricos, regressão linear e não linear, análise de dados com medidas repetidas no tempo, análise de sobrevivência, estatística multivariada, dentre outros, além de apresentar facilidade na elaboração de diversos tipos de gráficos.

A respeito do objetivo (iii), desde a formação do grupo, no início de 2020, dois minicursos foram elaborados pelo GEPE com o intuito de difundir, dentre outras coisas, a linguagem de programação R para a comunidade da UFSCar e para a comunidade externa à instituição, sendo eles: “Introdução ao ambiente RStudio e criação de gráficos com *ggplot2*” e “Introdução aos modelos de regressão linear e não linear com o R”, os quais serão descritos com maiores detalhes a seguir, sendo um dos objetivos dos minicursos capacitar o usuário a visualizar, manipular e analisar dados no R a partir da compreensão da sua estrutura e do seu funcionamento.

Introdução ao ambiente RStudio e criação de gráficos com *ggplot2*

O minicurso intitulado “Introdução ao ambiente RStudio e criação de gráficos com *ggplot2*” foi o primeiro ofertado pelo GEPE e apresentou o programa R como linguagem de programação, a ser utilizado na criação de funções, elaboração de gráficos e aplicações básicas em Estatística. Os recursos gráficos interligados de manipulação e visualização de dados foram trabalhados usando os pacotes *dplyr* e *ggplot2*, sendo o minicurso uma introdução adequada para aqueles que não tinham experiência anterior em R e estavam interessados em realizar análises exploratórias de dados.

O pacote *dplyr* é o mais útil para realizar transformação de dados no R, aliando simplicidade e eficiência de uma forma elegante. Os scripts em R que fazem uso desse pacote tendem a ficar mais legíveis e organizados, sem perder velocidade de execução. As principais vantagens de se usar o *dplyr* são: i) manipulação de dados de forma mais simples; ii) código mais intuitivo de ser escrito e mais simples de ser lido; iii) o pacote utiliza C e C++ por trás da maioria das funções, o que geralmente torna o código mais rápido; e iv) é possível trabalhar com diferentes fontes de dados (DAMIANI et al., 2022).

O pacote *ggplot2*, por sua vez, revolucionou a construção de gráficos no R e foi fruto da tese de doutorado de Hadley Wickham. Em 2005, o estatístico norte-americano Leland Wilkinson publicou o livro *The Grammar of Graphics*, uma fonte de princípios fundamentais para a construção de gráficos, no qual defende que um gráfico estatístico é o mapeamento dos dados em atributos estéticos (posição, cor, forma, tamanho) de formas geométricas (pontos, linhas, barras, caixas). A partir dessa definição, Hadley escreveu *A Layered Grammar of Graphics*, acres-

centando que os elementos de um gráfico (dados, sistema de coordenadas, rótulos, anotações, entre outros) são as suas camadas e que a construção de um gráfico estatístico se dá pela sobreposição dessas camadas, o que se tornou a essência do pacote *ggplot2*. O *ggplot2* traz ainda outras vantagens em relação aos gráficos padrões do R: i) gráficos esteticamente mais bonitos; ii) fácil personalização; iii) a estrutura padronizada das funções deixa o aprendizado mais intuitivo; iv) a diferença no código entre tipos diferentes de gráficos é muito pequena (DAMIANI et al., 2022).

Devido à pandemia da Covid-19, o minicurso foi ofertado entre os dias 11 e 25 de novembro de 2020 no formato remoto e, para tanto, contou-se com o apoio da Secretaria de Educação a Distância (SEaD) da UFSCar. No total, 50 vagas foram ofertadas, sendo que 25 se destinaram à comunidade acadêmica da UFSCar e 25 à comunidade externa. No total, entretanto, o minicurso recebeu 473 inscrições, o que demonstra o grande interesse da comunidade em cursos relacionados ao tema. Os alunos foram selecionados de acordo com a ordem de inscrição, e as vagas ofertadas foram preenchidas em menos de um dia.

Ao final do curso, os alunos responderam uma pesquisa de satisfação, e os resultados mostraram que o minicurso atingiu satisfatoriamente os seus objetivos, e foi de grande valia para quem o fez. Aproximadamente 90% dos alunos, por exemplo, mostraram-se satisfeitos com os conteúdos abordados durante as aulas (Figura 3), e aproximadamente 95% dos alunos responderam que o minicurso atendeu as suas expectativas (Figura 4).

É válido ressaltar que o minicurso foi registrado como uma atividade de extensão em parceria com a SEaD, sob coordenação do professor Gilberto Rodrigues Liska, e teve como autores a aluna Fernanda Abduche Galvão Pimentel, na época aluna da graduação em Engenharia Agrônoma do CCA da UFSCar e integrante do GEPE, e os docentes Gilberto Rodrigues Liska e Josiane Rodrigues. Sendo o primeiro minicurso ofertado pelo GEPE e, ainda, por ter sido realizado em meio à pandemia da Covid-19, ele foi um grande desafio para o grupo. O aprendizado alcançado, entretanto, auxilia o GEPE a oferecer versões e minicursos cada vez melhores para a comunidade interna e externa da UFSCar.

Introdução aos modelos de regressão linear e não linear com o R

O curso “Introdução aos modelos de regressão linear e não linear com o R” é o segundo ofertado pelo GEPE, e tem como objetivo abordar o uso de modelos de regressão, focando principalmente nos modelos não lineares, e está hospedado no Portal de Cursos Abertos da UFSCar (PoCA), sendo este portal uma plataforma de cursos disponibiliza-

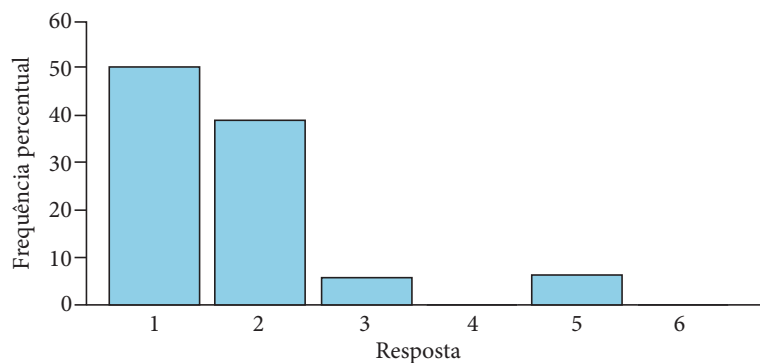


FIGURA 3 - Gráfico de barras do grau de satisfação dos alunos com o conteúdo do minicurso “Introdução ao ambiente R Studio e criação de gráficos com *ggplot2*”. Respostas: (1) Plenamente satisfeito; (2) Parcialmente satisfeito; (3) Neutro/Imparcial; (4) Parcialmente insatisfeito; (5) Plenamente insatisfeito; (6) Não quero responder.

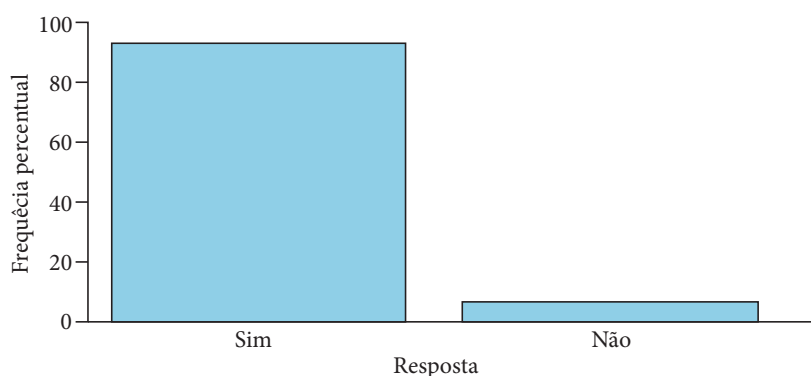


FIGURA 4 - Gráfico de barras das respostas da pergunta “O curso atendeu as suas expectativas?” feita para alunos que realizaram o minicurso “Introdução ao ambiente R Studio e criação de gráficos com *ggplot2*”.

dos à comunidade no Ambiente Virtual de Aprendizagem Moodle, cujas atividades fazem parte do Programa de Extensão de mesmo nome, da SEAD, registrado na Pró-Reitoria de Extensão da UFSCar.

Os cursos ofertados no PoCA são (PORTAL DE CURSOS ABERTOS, 2022):

- (i) Massivos, pois podem ser cursados por um número muito grande de pessoas;
- (ii) Gratuitos, pois não é preciso pagar para cursá-los;
- (iii) On-line, pois é preciso estar conectado à internet para realizar os cursos;
- (iv) A distância, uma vez que não há previsão de aulas em formato presencial;
- (v) Abertos, pois qualquer pessoa, no Brasil ou no mundo, pode cursá-los a qualquer momento.

Durante a execução do curso “Introdução aos modelos de regressão linear e não linear com o R” são realizados alguns exemplos práticos utilizando o RStudio como ferramenta para as execuções, e são abordados conceitos básicos do modelo de regressão linear simples, introdução ao

modelo de regressão não linear, métodos para obtenção de valores iniciais para os parâmetros e critérios de seleção de modelos.

O curso teve seu início no mês de março de 2022 e estará disponível no PoCA durante dois anos, mediante acompanhamento e avaliação, sendo essa atividade destinada especialmente a estudantes de nível superior, docentes e profissionais que necessitem fazer modelagem estatística por meio dos modelos de regressão linear e não linear com o apoio do software R.

Sendo o foco do curso o ajuste de modelos de regressão não lineares aos mais diversos tipos de conjunto de dados, inicialmente a técnica da linearização é apresentada ao usuário como recurso para encontrar os chutes iniciais dos parâmetros dos modelos não lineares. Essa técnica consiste em transformar a função inicial a fim de torná-la linear nos parâmetros. Quando isso é possível, pode-se realizar uma regressão linear da variável transformada sobre os novos parâmetros e usar as estimativas dessa regressão, após aplicar a transformação inversa, como estimativas iniciais para o modelo não linear, ignorando o erro aleatório do modelo.

Toda a técnica da regressão linear é apresentada ao usuário utilizando-se da função *lm* do R.

Após obter os chutes iniciais, a função *nls* é apresentada para ajustar o modelo de regressão não linear. A função *nls* utiliza, dentre outras informações, de uma lista com os valores iniciais obtidos para cada um dos parâmetros que compõem o modelo, e utiliza de processos iterativos para obter as estimativas finais desses parâmetros. De forma sucinta, esses processos iterativos vão pouco a pouco se aproximando do valor real do parâmetro da função que melhor se ajusta aos dados.

Entretanto, nem sempre é possível, em prática, linearizar a função a fim de encontrar os chutes iniciais para os parâmetros do modelo não linear. Quando isso ocorre, o curso mostra ao usuário como fazer uso da função *manipulate* do R para encontrar as estimativas iniciais dos parâmetros. O comando *manipulate* permite que o usuário use os gráficos do R de forma interativa, de tal forma que, através de deslizadores, seletores e opções, o usuário é capaz de mudar aspectos gráficos. Assim, o comando é utilizado como forma de obter os valores dos parâmetros da função que melhor se ajusta aos dados, os quais posteriormente são utilizados na função *nls* a fim de determinar as estimativas finais dos parâmetros do modelo não linear.

O minicurso tem como coordenador o professor Gilberto Rodrigues Liska, e da sua autoria participaram o referido docente, a professora Josiane Rodrigues e a aluna Alessia Zincone Volponi, do curso de graduação em Biotecnologia do CCA, na época aluna bolsista do GEPE.

Outros cursos de extensão

Além dos minicursos ofertados pelo GEPE, outros cursos de extensão têm sido oferecidos por docentes do CCA à co-

munidade acadêmica e externa com o intuito de difundir a utilização da linguagem de programação R. Como exemplos, os autores deste capítulo citam os minicursos intitulados “Introdução ao programa R”, “Programação estatística aplicada aos bioprocessos I” e “Programação estatística aplicada aos bioprocessos II”.

Introdução ao programa R

Esse curso apresenta o programa R inicialmente como linguagem de programação, seus principais tipos de objetos (vetores, matrizes e tabelas), como são feitas no programa a criação de funções e a elaboração de gráficos e aplicações básicas em Estatística. O curso está hospedado no PoCA desde o mês de setembro de 2020.

Essa atividade é destinada especialmente a estudantes de nível superior, docentes e profissionais que tenham a necessidade de um programa para realizar análises estatísticas variadas, cálculos matemáticos e produção de gráficos. O curso tem como coordenador o professor Gilberto Rodrigues Liska, e de sua autoria participaram o referido docente, a professora Josiane Rodrigues e o professor Juliano Bortolini, da Universidade Federal de Mato Grosso.

Até o início do mês de abril de 2020, 291 alunos que finalizaram o curso responderam uma pesquisa de satisfação, e por meio dela foi possível verificar que aproximadamente 91% deles mostraram-se satisfeitos com o minicurso (Figura 5) e, para 96% dos usuários, o curso atendeu as expectativas iniciais (Figura 6).

Programação estatística aplicada aos bioprocessos I e II

A criação dos minicursos intitulados “Programação estatística aplicada aos bioprocessos I” e “Programação estatística aplicada aos bioprocessos II” se justificou pela

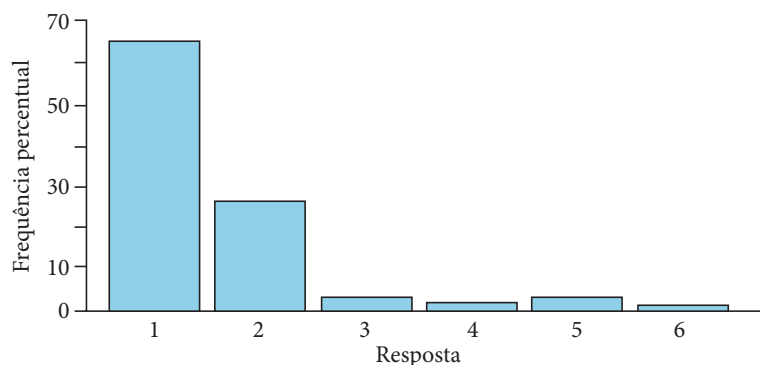


FIGURA 5 - Gráfico de barras do grau de satisfação dos alunos com o conteúdo do minicurso “Introdução ao programa R”. Respostas: (1) Plenamente satisfeito; (2) Parcialmente satisfeito; (3) Neutro/Imparcial; (4) Parcialmente insatisfeito; (5) Plenamente insatisfeito; (6) Não quero responder.

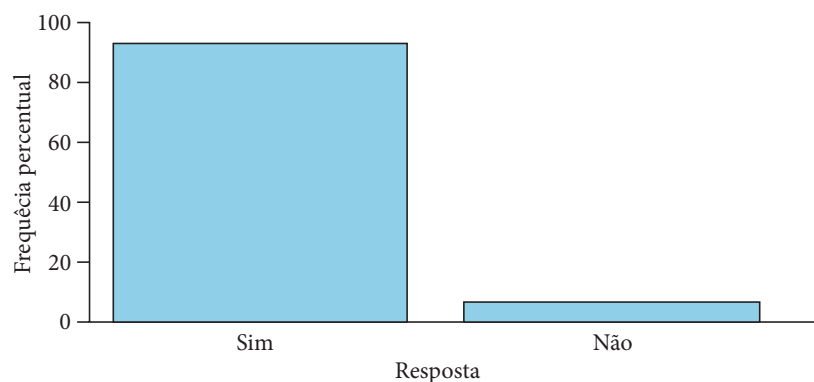


FIGURA 6 - Gráfico de barras das respostas para a pergunta “O curso atendeu as suas expectativas?” feita para alunos que realizaram o minicurso “Introdução ao programa R”.

necessidade de promover a interdisciplinaridade entre as áreas de Biotecnologia e Estatística, uma vez que a otimização de bioprocessos tem sido alcançada por meio do uso de técnicas estatísticas e, para isso, é comum a utilização de recursos computacionais, dentre eles a linguagem de programação R.

Por promover a interdisciplinaridade entre as áreas de Biotecnologia e Estatística, os minicursos foram ofertados em parceria pelas professoras Sabrina Gabardo, docente do CCA e atuante na área de bioprocessos, e pela professora Josiane Rodrigues, também docente do centro e atuante na área de análise de dados.

Os minicursos foram ofertados de forma remota aos alunos do curso de graduação em Biotecnologia do CCA e para a comunidade externa, nos anos de 2020 e 2021, respectivamente, com o objetivo de familiarizar os alunos com a metodologia estatística aplicada na otimização de bioprocessos, utilizando para isso a linguagem R. No decorrer dos minicursos, diversos conjuntos de dados reais da área foram analisados pelos alunos com o auxílio do software e, posteriormente, os resultados obtidos foram discutidos com o apoio das docentes.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O R é uma linguagem de programação bastante versátil e, dentre as disponíveis, tem tido uma boa aceitação pelos alunos e docentes na área acadêmica. A possibilidade de resolução de problemas de pesquisa e a sua aplicabilidade no ensino de disciplinas em que seu uso seja plausível faz com que ela seja um recurso computacional extremamente viável de ser apresentada aos alunos e professores. As dificuldades de ensino que por ora se apresentam são inerentes à linguagem de programação e não são exclusivas do R. Dado o potencial que essa linguagem de programação oferece, pretende-se continuar investindo no seu uso pela comunidade acadêmica com o contínuo estímulo nas dis-

ciplinas de graduação e pós-graduação, nos cursos de curta duração e de educação a distância, bem como nas pesquisas acadêmicas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBERT, J. **Bayesian computation with R**. New York: Springer, 2009. <http://dx.doi.org/10.1007/978-0-387-92298-0>.
- BATTISTI, I. D. E.; SMOLSKI, F. M. S. **Software R: análise estatística de dados utilizando um programa livre**. 1. ed. Bagé: Editora Faith, 2019. 173 p.
- CARVALHO, F. J. **Modelos lineares generalizados na agronomia: análise de dados binomiais e de contagem, zeros inflacionados e enfoque bayesiano**. 2019. 115 f. Tese (Doutorado em Agronomia)-Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.
- CLAUDE, J. **Morphometrics with R**. New York: Springer New York, 2008.
- CRAWLEY, M. J. **The R book**. 2. ed. Hoboken: Wiley, 2012. 1080 p. <http://dx.doi.org/10.1002/9781118448908>.
- DALLAGNOL, R. W.; BETZEK, N. M.; BAZZI, C. L. Aplicação do software R para análise geoestatística, interpolação de dados por krigagem ordinária e geração de mapas temáticos de produtividade agrícola. **Revista de Computação Aplicada ao Agronegócio**, Curitiba, v. 1, n. 1, p. 24-37, 2018.
- DAMIANI, A. et al. **Ciência de Dados em R**. 2022. Disponível em: <<https://livro.curso-r.com/>>. Acesso em: 5 abr. 2022.
- GLADSCHEFF, A.P.; SILVA, D.M.; ZUFFI, E.M. Um instrumento para avaliação da qualidade de softwares educacionais de matemática para o ensino fundamental. In: WORKSHOP DE INFORMÁTICA NA ESCOLA, 7., 2001, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: SBC, 2001. p.1-12.
- IGNÁCIO, S. A. Importância da estatística para o processo de conhecimento e tomada de decisão. **Revista Paranaense de Desenvolvimento**, Curitiba, n. 118, p. 175-192, 2010.

- KADIYALA, A.; KUMAR, A. Applications of R to evaluate environmental data science problems. **Environmental Progress & Sustainable Energy**, Hoboken, v. 36, n. 5, p. 1358-1364, 2017. <http://dx.doi.org/10.1002/ep.12676>.
- LI, K.; YAN, E.; FENG, Y. How is R cited in research outputs? Structure, impacts, and citation standard. **Journal of Informetrics**, Amsterdam, v. 11, n. 4, p. 989-1002, 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.joi.2017.08.003>.
- LORTIE, C. J. et al. A checklist for choosing between R packages in ecology and evolution. **Ecology and Evolution**, Hoboken, v. 10, n. 3, p. 1098-1105, 2020. <http://dx.doi.org/10.1002/ece3.5970>. PMID:32076500.
- PASSOS, I. C. Análise de dados qualitativos com o R: uma introdução ao pacote RQDA. **Inter-Legere**, Lagoa Nova, v. 4, n. 30, p. 1-19, 2021.
- PORTAL DE CURSOS ABERTOS – PoCA. **Conheça o PoCA**. UFSCar, 2022. Disponível em: <<https://poca.ufscar.br/index.php/conheca-o-poca-2/>>. Acesso em: 26 maio 2022.
- R CORE TEAM. **R**: A language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2021.
- ROBERT, C.; CASELLA, G. **Introducing Monte Carlo Methods with R**. New York: Springer New York, 2010. <http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4419-1576-4>.
- SALSBURG, D. **Uma senhora toma chá...: como a estatística revolucionou a ciência no século XX**. Rio de Janeiro: Zahar, 2009. 288 p.
- SOETAERT, K.; CASH, J.; MAZZIA, F. **Solving differential equations in R**. Berlin: Springer, 2012. <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-28070-2>.
- TATTAR, P. N.; RAMAIAH, S.; MANJUNATH, B. G. **A course in statistics with R**. Chichester: John Wiley & Sons, Ltd, 2016. <http://dx.doi.org/10.1002/9781119152743>.
- VERZANI, J. **Getting started with RStudio: an integrated development environment for R**. Califórnia: O'Reilly Media, 2011.
- WICKHAM, H. **ggplot2: elegant graphics for data analysis**. New York: Springer, 2009.

Programa de Pós-Graduação em Agricultura e Ambiente: passado, presente e futuro

Graduate Program in Agriculture and Environment: past, present and future

Kayna Agostini¹ 
 Valéria Forni Martins² 
 Roberta Cornélio Ferreira Nocelli³ 
 Claudinei Fonseca Souza⁴ 

¹Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Ciências da Natureza, Matemática e Educação, Araras, SP, Brasil. kayna@ufscar.br

²Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Ciências da Natureza, Matemática e Educação, Araras, SP, Brasil. vmartins@ufscar.br

³Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Ciências da Natureza, Matemática e Educação, Araras, SP, Brasil. roberta@ufscar.br

⁴Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Recursos Naturais e Proteção Ambiental, Araras, SP, Brasil. cfsouza@ufscar.br

RESUMO O Programa de Pós-graduação em Agricultura e Ambiente (PPGAA) da UFSCar iniciou as atividades em 2010. Sua criação foi motivada pelas seguintes constatações: (i) a atividade agrícola impacta positiva e negativamente a economia, a organização social e o ambiente; (ii) a agricultura é fundamental na economia brasileira, e a ampliação da produtividade e da sustentabilidade relaciona-se aos avanços científicos e tecnológicos, que contribuem para o desenvolvimento regional e nacional; (iii) a intensificação agrícola tem comprometido a produtividade das terras e a qualidade dos ecossistemas, impactando negativamente o ambiente, a economia e a organização social de regiões afetadas; (iv) a pós-graduação é um ambiente para atualização, criação e motivação com vistas a superar desafios e gerar conhecimento e técnicas para os sistemas produtivos; (v) atualmente, há necessidade de profissionais com formação técnico-científica sólida para atuar em atividades relacionadas à sustentabilidade de ecossistemas agrícolas, em órgãos públicos e privados e no terceiro setor; e (vi) apesar de o desenvolvimento agrícola necessitar de práticas e técnicas ambientalmente adequadas, historicamente os programas de pós-graduação na área de Ciências Agrárias não destacam a sustentabilidade em ecossistemas agrícolas. As Linhas de Pesquisa do Mestrado em Agricultura e Ambiente buscam atender a todas essas constatações relatadas e gerar trabalhos que resolvam problemas agroambientais em escalas regional e nacional, enfocando a utilização sustentável dos recursos naturais e a conservação da biodiversidade. Atualmente, já foram defendidas mais de 100 dissertações, publicados muitos artigos científicos em revistas nacionais e internacionais de grande impacto, e os egressos do PPGAA continuaram na carreira acadêmica cursando o doutorado em instituições renomadas ou trabalhando em empresas do setor agroambiental. A visão do PPGAA é ser um programa de pós-graduação reconhecido regional e nacionalmente, comprometido com ações afirmativas e com excelência em ensino, pesquisa e extensão com o intuito de desenvolver tecnologias inovadoras para a conservação da biodiversidade e, assim, alcançar os objetivos de desenvolvimento sustentável.

Palavras-chave: Agricultura; meio ambiente; recursos naturais; biodiversidade; problemas agroambientais.



Este é um capítulo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença [Creative Commons Attribution](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

ABSTRACT The Graduate Program in Agriculture and Environment (PPGAA) at UFSCar started the activities in 2010. Its foundation was motivated by the following reasons: (i) agriculture has a positive and negative impact on the economy, social organization and the environment; (ii) agriculture is fundamental in the Brazilian economy, and the increase of productivity and sustainability is related to scientific and technological advances, which contribute to regional and national development; (iii) agricultural intensification has compromised land productivity and the quality of ecosystems, negatively impacting the environment, economy and social organization of affected regions; (iv) graduate studies are important to updating, creating, motivating, overcoming challenges and generating knowledge and techniques for production systems; (v) there is currently a need for professionals with solid technical-scientific training to work in activities related to the sustainability of agricultural ecosystems, in public and private companies and in the third sector, and (vi) despite agricultural development requiring environmental friendly practices, historically graduate programs in the area of Agricultural Sciences do not emphasize sustainability in agricultural ecosystems. The research lines of the Graduate Program in Agriculture and Environment seek solutions for the problems reported above and produce studies that solve agro-environmental problems on a regional and national scale, focusing on the sustainable use of natural resources and conservation of biodiversity. Currently, more than 100 dissertations have been defended, many scientific articles have been published in high-impact national and international journals, and PPGAA graduate students have continued their academic careers, studying for a PhD in renowned institutions or working in companies in the agro-environmental sector. The vision of PPGAA is to be a regionally and nationally recognized graduate program committed to affirmative action and excellence in teaching, research, and extension to develop innovative technologies for biodiversity conservation to achieve sustainable development goals.

Keywords: Agriculture; environment; natural resources; biodiversity; agro-environmental problems.

1. INTRODUÇÃO

Neste capítulo, pretendemos apresentar a trajetória do Programa de Pós-Graduação em Agricultura e Ambiente (PPGAA) do Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) e mostrar a sua importância para a formação de mestres comprometidos com o desenvolvimento da agricultura e proteção do meio ambiente, pautados na ética em desenvolver pesquisa com responsabilidade. Iremos enfatizar a missão do PPGAA, que é garantir a formação humana, acadêmica e profissional com excelência por meio do ensino, da pesquisa e da extensão na área de Ciências Agrárias, bem como promover inovação, tecnologia e avanços científicos para a conservação do meio ambiente.

2. OBJETIVOS DO CURSO DE MESTRADO DO PPGAA

O PPGAA tem como objetivo geral de ensino oferecer:

- A seus discentes as competências e as habilidades aderentes a visões científicas, tecnológicas e conceituais da agricultura moderna, aprimorando os fundamentos das

diversas especialidades da área, incorporando tecnologias intersetoriais, os preceitos e o estímulo à cultura da inovação, as principais externalidades que afetam o setor e a visão empreendedora que integre o egresso ao novo mercado de trabalho e modelo de negócios, sempre pautado nos princípios e compromissos da qualidade acadêmica, da ética e da responsabilidade socioambiental, em consonância com os objetivos e a missão da área de Ciências Agrárias I da CAPES.

- A seus discentes e docentes um ambiente estimulante para o desenvolvimento da pesquisa científica por meio da preparação adequada de pesquisadores.
- A seus discentes e docentes um ambiente que enfatiza a avaliação do processo formativo e a formação de recursos humanos altamente qualificados.
- À instituição um ambiente e recursos promotores de ensino, pesquisa e extensão, que são os pilares das universidades públicas brasileiras, por meio da realização da livre investigação científica e da gratuidade, criadora das mais altas formas da cultura universitária.

- À sociedade conhecimento, resolução de problemas propondo sustentabilidade e profissionais com senso crítico e formação humanística.
- À sociedade a formação de professorado competente que possa atender à demanda no Ensino Básico e Ensino Superior, garantindo, ao mesmo tempo, a constante melhoria da qualidade.

O objetivo específico de aprendizagem do PPGAA é, a partir da prática pedagógica e do processo de formação, oferecer a seus alunos:

- Forte embasamento no método científico, na qualidade da pesquisa científica, seja ela voltada à resolução de questões básicas ou aplicadas, e na inclusão de todos os atores da sociedade na produção ou difusão do conhecimento.
- Forte caráter inovador e capacidade de analisar e adaptar tecnologias em direção à Agricultura 4.0 (agricultura digital, automação, sistemas inteligentes, inteligência artificial etc.) e de empregar tais tecnologias nos mercados de trabalho público e privado, tendo em vista que a expansão da agroindústria brasileira requer número crescente de profissionais criadores, capazes de desenvolver novos produtos, processos, técnicas, e novas visões de trabalho e pesquisa.
- Capacidade de se atualizarem e de se conectarem com o desenvolvimento da área de Ciências Agrárias por meio de formação multidisciplinar que consolide instrumentos conceituais e metodológicos essenciais nas áreas de Agricultura e Ambiente, método científico, inovação e ética.
- Abordagens inovadoras para a construção dos instrumentos conceituais e metodológicos, como interação com o Ensino Básico e com o terceiro setor, inovação, internacionalização interna e interculturalidade.
- Preparação para a continuidade de sua formação acadêmico-científica no doutorado.
- Adequação constante dos instrumentos conceituais e metodológicos a partir de demandas internas do Programa, verificadas por processo autoavaliativo, de demandas sociais e do terceiro setor.
- Capacidade de valorar resultados, expressos em eficiência, melhorias e aumentos de produtividade, agregando valor ao conhecimento produzido e reconhecimento pela sociedade.
- Treinamento eficaz do mais alto padrão para fazer face às necessidades do desenvolvimento nacional e regional, formando competência local ao invés da transferência de tecnologia, gerando capital científico e inserindo o Brasil no grupo de exportadores de expertise e conhecimento.
- Forte caráter social na atuação acadêmica e no mercado de trabalho.
- Ambiente estimulador para a produção de conhecimento científico, tecnologias, métodos e produtos, de forma

a contribuir para um contexto mundial em que o Brasil atue como protagonista no desenvolvimento de instrumentos conceituais e metodológicos para o sucesso da agricultura tropical.

O objetivo específico de desempenho do PPGAA é que seus egressos tenham as seguintes qualificações a oferecer ao mercado de trabalho e/ou profissão:

- Conhecimento sólido de instrumentos conceituais e metodológicos das áreas de Agricultura e Ambiente, método científico, inovação e ética.
- Forte capacitação para a realização de atividade científica em universidades, instituições de pesquisa, empresas e outros órgãos.
- Caráter inovador, acolhedor, colaborativo, crítico, social e multicultural.

O cumprimento desses objetivos descritos é verificado anualmente por meio da Autoavaliação do PPGAA, a qual segue método próprio, descrito no documento “Planejamento Estratégico do Programa de Pós-Graduação em Agricultura e Ambiente – 2021 a 2024”. O documento está disponível no site do PPGAA (UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS, 2022b). Sempre que detectado que um objetivo não está sendo adequadamente atingido, a Coordenação do Programa realiza adequações para que ele seja cumprido.

3. CONTEXTO DO PPGAA

O PPGAA localiza-se no município de Araras, interior de São Paulo, distante 170 km da capital do estado. A cidade faz parte da Bacia Hidrográfica do Rio Mogi-Guaçu, sendo o Rio das Araras e o Ribeirão das Furnas partes importantes na formação da cidade. Localizado a 611 m de altitude, possui clima quente, chuvas concentradas no verão, inverno seco, temperatura média máxima de 32°C e mínima de 8°C. A economia da cidade e da região está baseada na agroindústria. As principais culturas da região são cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) e laranja (*Citrus aurantium*), e entre as áreas agrícolas encontram-se fragmentos, geralmente pequenos e degradados, de florestas estacionais semidecíduas. O manejo dessas culturas é pautado na agricultura convencional, intensiva, com grandes áreas de monocultivo e uso rotineiro de fertilizantes químicos e defensivos agrícolas. O processamento agroindustrial dessas culturas gera resíduos diversos, alguns com valor econômico, seja pelo potencial como fertilizante orgânico ou coproduto, outros com potencial poluente e com destinação sendo um problema ambiental. Embora as culturas agrícolas mudem de região para região, esse modelo de agricultura é o que predomina em outras regiões fortemente agrícolas do estado de São Paulo e do Brasil. Desse modo, o contexto regional em que o PPGAA está inserido é uma boa representação do contexto agrícola brasileiro.

Esse contexto brasileiro de agricultura, embora produtivo, gera impactos no ambiente. Caracterizá-los e buscar soluções sustentáveis é uma demanda recorrente e abrangente, necessária para o avanço e a maior competitividade do setor agrícola brasileiro frente a um mercado nacional e internacional cada vez mais exigente com as questões de sustentabilidade. Além disso, a prática de uma agricultura mais sustentável é vista não só como uma forma de causar menor impacto no ambiente, mas também como uma alternativa para agregar valor à produção de pequenos e médios produtores, como muitos existentes na região na qual o PPGAA se insere. Nesse sentido, as Linhas de Pesquisa do Curso de Mestrado em Agricultura e Ambiente buscam atender à demanda regional e nacional por meio da utilização sustentável dos recursos naturais, de soluções para problemas agroambientais, do estudo e conservação da biodiversidade e dos recursos naturais em paisagens agrícolas. Nos trabalhos desenvolvidos no PPGAA, a agricultura e o meio ambiente são indissociáveis, e, com isso, busca-se preencher uma lacuna em uma região em que a agricultura e a agroindústria são há séculos os grandes motores da economia e onde o ambiente natural foi bastante alterado, em muitas situações degradado, como resultado do histórico da agricultura praticada.

4. HISTÓRICO DO PPGAA

O PPGAA, nível de Mestrado Acadêmico, foi aprovado pela CAPES em 29 de julho de 2009 e criado na UFSCar por meio da Portaria GR nº 324/09, de 6 de novembro de 2009. O Programa iniciou sua atividade em 2010 e, desde então, tem recebido apoio da Pró-Reitoria de Pós-Graduação da UFSCar e da Diretoria do CCA, no qual está inserido. Em 2022, o PPGAA recebeu nota 4 na avaliação da CAPES, comprovando que a melhoria do curso é contínua. Sua criação foi motivada pelas seguintes constatações: (i) a atividade agrícola causa impactos de diferentes ordens, alguns positivos e outros negativos, na economia, na organização social e no ambiente; (ii) a agricultura brasileira desempenha papel fundamental na economia do país, e a ampliação de sua competitividade e sustentabilidade relaciona-se aos avanços científicos e à disponibilização de tecnologias para o setor produtivo, os quais devem contribuir para a diminuição das desigualdades regionais e o desenvolvimento nacional; (iii) a intensificação das atividades agrícolas, fundamentais para o desenvolvimento do país, tem provocado, em muitas áreas, processos de degradação que comprometem a produtividade das terras, a qualidade dos ecossistemas e de paisagens regionais, com impactos negativos no ambiente, na economia e na organização social de regiões afetadas; (iv) a pós-graduação é um excelente ambiente para atualização, criação e motivação, no sentido de superar desafios, visando à geração de alternativas técnicas para os sistemas produtivos e o

avanço do conhecimento técnico-científico; (v) atualmente, no mercado de trabalho, observa-se uma crescente necessidade de profissionais com formação técnico-científica sólida, preparados para atuar em atividades relacionadas à sustentabilidade de ecossistemas agrícolas, em órgãos públicos e privados e no terceiro setor; e (vi) apesar de o desenvolvimento agrícola futuro necessitar pautar-se em práticas e técnicas ambientalmente adequadas, historicamente os programas de pós-graduação na área de Ciências Agrárias não dão o devido destaque à sustentabilidade de ecossistemas agrícolas.

O Curso de Mestrado em Agricultura e Ambiente da UFSCar foi criado, então, pensando-se na forte interseção entre agricultura e ambiente. Inicialmente, apresentava três Linhas de Pesquisa: Linha 1 - Caracterização e conservação de recursos naturais em ambientes agrícolas; Linha 2 - Comportamento de organismos e de xenobióticos em áreas agrícolas; e Linha 3 - Tratamento e reaproveitamento de água e de resíduos agrícolas e agroindustriais. Porém, discussões realizadas durante o ano de 2017 indicaram que o mais adequado ao PPGAA seriam apenas duas Linhas de Pesquisa mais abrangentes. Assim, a partir de 2018, o PPGAA adotou as seguintes Linhas de Pesquisa: Linha 1 - Estudo e conservação da biodiversidade e dos recursos naturais em paisagens agrícolas; e Linha 2 - Utilização sustentável dos recursos naturais e soluções para problemas agroambientais.

Um momento importante na história do PPGAA foi em 2020 quando a UFSCar suspendeu todas as atividades presenciais por causa da pandemia de COVID-19. Muitas preocupações surgiram principalmente com relação às atividades de campo realizadas pelos alunos para o desenvolvimento do projeto de mestrado. Rapidamente, o PPGAA se organizou para que suas atividades passassem para o formato virtual, minimizando os impactos da suspensão das atividades presenciais. Os docentes e discentes do Programa também reformularam seus planos de trabalho para que as pesquisas pudessem ter continuidade após o início da pandemia de COVID-19.

Outra preocupação do PPGAA tem sido inserir socialmente o Programa e promover maior interação com a Educação Básica. Para isso, os alunos são incentivados a participar de atividades de extensão, principalmente as relacionadas à divulgação de conhecimento por meio de eventos científicos, e a organizar visitas técnicas de escolas da região à UFSCar *campus* Araras.

5. DEMANDAS DO PPGAA

O PPGAA se insere em uma região (i) com um longo histórico agrícola, resultando em pouca e degradada vegetação nativa remanescente, (ii) dominada por uma agricultura convencional, intensiva, pautada no monocultivo e na aplicação rotineira de fertilizantes químicos, defensivos

agrícolas e eventualmente com uso de irrigação, e (iii) com processamento agroindustrial ocorrendo na própria região e gerando grande volume de resíduos diversos, alguns poluentes e outros com potencial de reaproveitamento. Esse contexto resulta na demanda de recursos humanos altamente qualificados para mitigar impactos ambientais e desenvolver técnicas e produtos para uma agricultura mais sustentável. O PPGAA busca formar tais recursos humanos por meio da pesquisa pautada em método científico. A seguir, é descrito um panorama mais detalhado da demanda de recursos humanos nas áreas de Agricultura e Ambiente na região de Araras e no Brasil de forma geral.

Ao longo do tempo, a expansão da agricultura na região de Araras causou perda e degradação da vegetação nativa, bem como expansão dos cultivos agrícolas para áreas hoje legalmente protegidas pela legislação ambiental do país. Uma primeira demanda relevante é compreender os níveis de biodiversidade e de provisão de serviços ecossistêmicos sustentados por essas paisagens com baixo percentual de vegetação nativa remanescente. Outra demanda é estudar e desenvolver estratégias eficazes e viáveis para produtores rurais restabelecerem florestas e ecossistemas naturais e/ou adotarem práticas de cultivo benéficas à provisão de serviços ecossistêmicos, de modo a criar paisagens agrícolas em que sistemas produtivos estejam em harmonia com a biodiversidade regional, adequados à legislação de proteção da vegetação nativa vigente e provendo serviços ecossistêmicos. Um tópico adicional é entender como o cenário de mudança climática afeta essas paisagens. Nesse sentido, o PPGAA busca atender a essas demandas, tendo a restauração ecológica, a agricultura de baixo carbono e o estudo de serviços ecossistêmicos, interações ecológicas e biodiversidade nas paisagens agrícolas, em seus diferentes níveis e grupos, como temas centrais de disciplinas específicas e de projetos de pesquisa orientados por vários de seus docentes.

Diversos defensivos agrícolas são usados rotineiramente nos sistemas de produção agrícola dominantes na região de Araras, e isso afeta não só organismos que impactam negativamente a produção, mas também outros que compõem a biodiversidade regional, alguns inclusive benéficos à agricultura, como abelhas, outros polinizadores e artrópodes diversos que atuam como inimigos naturais de pragas. Entender esses impactos, como eles afetam os cultivos, o manejo de espécies indesejáveis e a biodiversidade regional é crucial do ponto de vista da agricultura e do ambiente, assim como desenvolver estratégias para minimizá-los, evitá-los ou revertê-los com práticas agrícolas mais sustentáveis. Por isso, tópicos como controle de plantas indesejáveis, manejo de insetos-praga, polinização e polinizadores, ecotoxicologia e identificação de bioindicadores ambientais são temas centrais de várias disciplinas e de pesquisas orientadas por vários docentes do PPGAA.

A agricultura intensiva, dependente de fertilizantes químicos, irrigação e manejo do solo, também traz demandas regionais de pesquisa e desenvolvimento ao PPGAA. Fertilizantes químicos são custosos e geralmente obtidos de fontes não renováveis. Além disso, seu uso em excesso, nas formas mais disponíveis, também pode causar contaminação do solo e da água, assim como observado com o uso excessivo e inapropriado de defensivos agrícolas. Uma das grandes demandas é buscar fontes alternativas e renováveis para a produção de fertilizantes e formas de uso e aplicação que causem menor risco e, ao mesmo tempo, disponibilidade às plantas por períodos maiores. Por isso, projetos de pesquisa e disciplinas do PPGAA são desenhados para abordar o uso de polímeros obtidos de fontes renováveis para desenvolvimento de produtos como fertilizantes de liberação lenta, como uma solução para problemas agroambientais. A irrigação também é custosa, e, ao mesmo tempo, a água é um recurso, por vezes, escasso no espaço e/ou tempo, e seu uso nas paisagens agrícolas pode gerar conflitos e impactos ambientais. Estudar e avaliar técnicas para conservar e minimizar os impactos causados pelo uso da água na agricultura, bem como a sustentabilidade do ambiente em sistemas irrigados, é uma demanda importante, incorporada no PPGAA em disciplinas e projetos de pesquisa. Além disso, como muitas áreas agrícolas se tornam degradadas ou contaminadas, outras disciplinas e projetos abordam a degradação de biocontaminantes, a biorremediação e a recuperação de solos degradados, tópicos importantes da interação agricultura e ambiente.

Por fim, a agroindústria regional, especialmente a do processamento da cana-de-açúcar, gera grande volume e diversidade de resíduos, como a vinhaça, o bagaço e a água residuária. A destinação desses resíduos é, por vezes, um problema, pois, se for feita de modo inapropriado, pode causar contaminação ambiental. Portanto, desenvolver formas alternativas de aproveitamento desses resíduos é uma solução para um problema agroambiental e, ao mesmo tempo, uma alternativa para a geração de biomassa e desenvolvimento de processos biotecnológicos. Nesse sentido, o PPGAA atende a essa demanda com disciplinas e projetos de pesquisa voltados ao tratamento e aproveitamento de resíduos agroindustriais.

6. INSERÇÃO SOCIAL DO PPGAA

O PPGAA desempenha relevante papel para o desenvolvimento da região de Araras e para o desenvolvimento do país como um todo, por meio da formação de mestres nas áreas de Agricultura e Ambiente que usem dos recursos da ciência e do conhecimento na continuação de sua formação acadêmica no doutorado ou na atuação em empregos no terceiro setor ou em órgãos governamentais. Isso é viabilizado de diversas formas, incluindo-se a elabora-

ção e a execução contínua de projetos de pesquisa e extensão, supervisão de atividades de ensino na graduação e disseminação de conhecimento via publicação de artigos científicos, trabalhos técnicos, técnicas, métodos, produtos, entre outros.

É inerente às áreas de Agricultura e Ambiente a busca por soluções para problemas ambientais em paisagens agrícolas de forma sustentável. Assim, é importante ressaltar que as pesquisas desenvolvidas no PPGAA têm uma forte ligação com a sustentabilidade, tão necessária atualmente para lidar de forma integrada com questões sociais, econômicas e ambientais. Regionalmente relevante são as muitas pesquisas desenvolvidas em paisagens de cultivos de cana-de-açúcar e áreas de restauração ambiental. Além disso, algumas pesquisas têm caráter tecnológico e inovador, como o desenvolvimento de microesferas para liberação controlada de insumos agrícolas, aproveitamento de água de reúso e utilização de resíduos sólidos. Dessa forma, as pesquisas do Programa auxiliam a resolver problemas de cunho prático social, econômico e ambiental.

Docentes do PPGAA orientam tanto alunos sem vínculo empregatício como alunos empregados no setor público ou privado que buscam melhorar sua formação para atuação profissional. Os temas abordados nas dissertações dos alunos geram resultados que contribuem para o desenvolvimento da região de Araras e para o desenvolvimento do país como um todo, tanto do setor público como do privado. A seguir, listamos, em ordem cronológica, as contribuições providas pelas dissertações do PPGAA, as quais modificam a realidade regional.

- Contribuições para o desenvolvimento do setor privado:
 - Produção de microalgas com valor comercial, o que permite o aproveitamento de subprodutos do setor agroindustrial da região e o desenvolvimento de processos biotecnológicos.
 - Aumento de produtividade da berinjela e do maracujá relacionado com o serviço de polinização, o que permite o manejo de polinizadores visando à maior produtividade e, conseqüentemente, ao maior lucro para a produção.
 - Estudo da importância das abelhas na visão de diferentes segmentos da cadeia produtiva do maracujá (Passifloraceae). Isso fornece subsídios para o planejamento de divulgação de informações sobre a importância dos polinizadores para diferentes públicos.
 - Obtenção microbiana de ácido cítrico comercial, o que permite o aproveitamento de subprodutos agrícolas/agroindustriais da região e o desenvolvimento de processos biotecnológicos inovadores.
 - Desenvolvimento de técnicas de manejo de trepadeiras em superabundância que possam contribuir para restaurar florestas degradadas, aumentando estoques de carbono e biodiversidade dos fragmentos florestais regionais. Isso é importante para empresas de restauração ecológica, por exemplo.
- Aumento de produtividade dos adubos verdes *Mucuna-preta* e *Crotalaria* relacionado com o serviço de polinização, o que permite o manejo de polinizadores visando à maior produtividade e, conseqüentemente, ao maior lucro para a produção.
- Escolha de espécies para plantios de restauração florestal. Ao identificar espécies que sombreiam melhor o solo, florescem e frutificam ao longo do ano, foram geradas informações úteis para empresas que trabalham com restauração na Mata Atlântica, para que estas escolham melhor essas espécies.
- Obtenção microbiana de ácido cítrico por culturas fúngicas mistas, o que permite o aproveitamento de subprodutos agrícolas/agroindustriais da região e o desenvolvimento de processos microbiológicos industriais pouco convencionais.
- Estudo de uma planta daninha que vem aparecendo em áreas de cafezais. Esse estudo foi uma demanda dos produtores rurais da região de Caconde e São João da Boa Vista.
- Determinação de resíduos de tiametoxam em exsudato da cana-de-açúcar como fator indicativo de exposição para abelhas. Isso pode auxiliar no controle realizado pelas usinas nos projetos de monitoramento do protocolo estadual Cana Mais Verde.
- Desenvolvimento de um encapsulado à base de quitosana e tapioca, compatível com o ingrediente atrativo (polpa cítrica) e com o ingrediente ativo (sulfluramida), visando ao controle de formigas-cortadeiras. O protocolo para a síntese dos encapsulados poderá ser testado com outras substâncias, como fungos entomopatogênicos ou parasitos.
- Avaliação do crescimento de espécies nativas madeireiras, a qual possibilita que empresas e produtores rurais saibam quais espécies da Mata Atlântica são melhores para plantios visando à produção madeireira e como inseri-las em projetos de restauração florestal.
- Produção de mudas de gramíneas nativas do Cerrado, a qual possibilita que viveiros de produção de mudas usem e aperfeiçoem técnicas usuais de produção de mudas de árvores para produzir mudas de gramíneas nativas, diversificando a produção desses viveiros e impactando a cadeia de restauração florestal.
- Análise polínica para avaliar redes de interações entre abelhas e plantas em uma área de reflorestamento no município de Holambra, São Paulo. Isso é importante para projetos de proteção de polinizadores em áreas agrícolas.
- Estudo das plantas daninhas *Spermacoce latifolia* e *Spermacoce verticillata*. Muitas empresas vêm buscando alternativas de controle dessas plantas que au-

- mentaram sua frequência em áreas produtivas de soja e algodão no Mato Grosso e na Bahia.
- Estudo do posicionamento mais adequado de herbicidas no setor canavieiro. Isso é importante não só para as empresas que vendem herbicidas, mas também para os produtores canavieiros escolherem opções mais adequadas no controle das plantas daninhas em função da época do ano e sistema de produção.
 - Estudo da biologia e estratégia de controle de *Cyperus rotundus* (tiririca), uma das mais presentes plantas daninhas em quase todo o mundo. Isso é importante para as empresas que possuem produtos que objetivam essa planta daninha e para os produtores rurais.
 - Recuperação de áreas contaminadas por pesticidas por meio de técnicas de biorremediação e bioprospecção de micro-organismos para controle biológico. Isso propicia ganhos de produtividade e manutenção dos serviços ecossistêmicos.
 - Contribuições para o desenvolvimento do setor público:
 - Produção de microalgas com valor comercial, o que permite o aproveitamento de subprodutos do setor agroindustrial da região e o desenvolvimento de processos biotecnológicos.
 - O sistema radicular, para todas as fitofisionomias de restinga estudadas, encontra-se nas camadas mais superficiais, de 0-10 cm e 10-20 cm, principalmente na primeira (80%). Todos os ambientes de restinga estudados apresentaram baixa fertilidade do solo, com valores de saturação por bases inferiores a 16%, em que a maior parte da CTC está ocupada por Al³⁺. Além disso, a vegetação de restinga é edáfica. O estudo oferece respaldo científico para recuperação florestal de restinga com enfoque para manejo químico do solo para toda área de ocorrência desse ecossistema, de norte a sul do Brasil.
 - Análise de genes de defesa em híbridos de citros resistentes à clorose variegada dos citros. Esses genes podem ser usados pelos melhoristas como futuros marcadores moleculares ou como genes-alvo em programas de melhoramento.
 - Análise dos efeitos sinérgicos dos inseticidas fipronil e dimetoato sobre larvas de *Apis mellifera* africanizada. Os resultados gerados constam como referência para a elaboração de políticas públicas relacionadas à avaliação de risco de agrotóxicos para abelhas e para a elaboração de uma chamada pública do CNPq.
 - O extrato vegetal da palhada da variedade RB867515 de cana-de-açúcar apresentou concentração de grupos funcionais, teor de cátions básicos, CE e quantidade de ácidos orgânicos superiores aos demais extratos estudados, indicando maior capacidade de neutralização da acidez, do alumínio fitotóxico e de mobilização de cátions ao longo do perfil do solo. Esse estudo gerou conhecimento científico para ser considerado em programa de melhoramento da cana-de-açúcar para os solos tropicais ácidos brasileiros.
 - Avaliação dos efeitos isolados e combinados dos inseticidas fipronil e tiametoxam para a abelha brasileira *Melipona scutellaris* (Latreille, 1811). Os resultados gerados constam como referência para a elaboração de políticas públicas relacionadas à avaliação de risco de agrotóxicos para abelhas e para a elaboração de uma chamada pública do CNPq.
 - Avaliação dos efeitos sinérgicos dos inseticidas fipronil e imidacloprido sobre a mortalidade da abelha nativa *M. scutellaris*. Os resultados gerados constam como referência para a elaboração de políticas públicas relacionadas à avaliação de risco de agrotóxicos para abelhas e para a elaboração de uma chamada pública do CNPq.
 - Os parâmetros matéria orgânica do solo, capacidade de troca catiônica total, fósforo, densidade do solo, porosidade total, carbono da biomassa microbiana e atividade microbiana apresentaram médias superiores às matrizes florestais, sendo maiores nas florestas mais antigas. Houve diferenciação na qualidade do solo das florestas estudadas, onde os maiores índices foram obtidos nos solos do remanescente florestal e nos projetos de restauração florestal mais antigos. Todas as áreas florestais apresentaram índices maiores em comparação a seus respectivos entornos agrícolas. Por fim, conclui-se que o modelo e o índice de qualidade do solo utilizados foram eficientes na diferenciação das áreas, tendo potencial como ferramenta no auxílio da tomada de decisões na temática ambiental. Os resultados dão indicações para o uso do modelo aditivo ponderado como potencial ferramenta de auxílio para recuperação de solos florestais degradados.
 - Obtenção microbiana de ácido cítrico comercial, o que permite o aproveitamento de subprodutos agrícolas/agroindustriais da região e o desenvolvimento de processos biotecnológicos inovadores.
 - Desenvolvimento de técnicas de manejo de trepadeiras em hiperabundância que possam contribuir para restaurar florestas degradadas, aumentando estoques de carbono e biodiversidade dos fragmentos florestais regionais. Isso é importante para empresas de restauração ecológica, por exemplo.
 - Escolha de espécies para plantios de restauração florestal. Ao identificar espécies que sombreiam melhor o solo, florescem e frutificam ao longo do ano, foram geradas informações úteis para empresas que trabalham com restauração na Mata Atlântica, para que estas escolham melhor essas espécies.
 - Estudo de como o serviço ecossistêmico de controle natural de pragas muda em consequência da restau-

ração florestal. Isso pode ser útil para discussão e elaboração de políticas públicas de restauração em paisagens agrícolas.

- Obtenção microbiana de ácido cítrico por culturas fúngicas mistas, o que permite o aproveitamento de subprodutos agrícolas/agroindustriais da região e o desenvolvimento de processos microbiológicos industriais pouco convencionais.
- Estudo da dinâmica populacional de espécies arbóreas com diferentes amplitudes de distribuição geográfica na Mata Atlântica. A partir dos resultados, é possível criar planos de manejo distintos para espécies com diferentes amplitudes de distribuição geográfica, visando à conservação das espécies em paisagens agrícolas.
- Estudo de serviços ecossistêmicos em áreas de restauração em paisagens agrícolas. A partir dos resultados, é possível discutir onde e quais os serviços ecossistêmicos são mais impactados com a restauração em paisagens agrícolas e isso pode impactar projetos/programas regionais e nacionais de restauração coordenados por órgãos públicos. Além disso, também pode ser orientador de projetos públicos de pagamento por serviços ambientais.
- Avaliação do crescimento de espécies nativas madeireiras, a qual possibilita que empresas e produtores rurais saibam quais espécies da Mata Atlântica são melhores para plantios visando à produção madeireira e como inseri-las em projetos de restauração florestal.
- Produção de mudas de gramíneas nativas do Cerrado, a qual possibilita que viveiros de produção de mudas usem e aperfeiçoem técnicas usuais de produção de mudas de árvores para produzir mudas de gramíneas nativas, diversificando a produção desses viveiros e impactando a cadeia de restauração florestal.
- Análise dos efeitos do fungicida azoxistrobina no sistema imune de *M. scutellaris* Latreille, 1811 (Hymenoptera: Apidae, Meliponini). Os resultados gerados constam como referência para a elaboração de políticas públicas relacionadas à avaliação de risco de agrotóxicos para abelhas e para a elaboração de uma chamada pública do CNPq.
- Recuperação de áreas contaminadas por pesticidas por meio de técnicas de biorremediação e bioprospecção de micro-organismos para controle biológico. Os resultados podem auxiliar na elaboração de regulação e protocolos de despoluição ambiental, aumentando a qualidade de vida pela diminuição de poluentes.

Os docentes do PPGAA, junto com seus orientados, também têm parcerias firmadas com empresas, quando necessário via Fundação de Apoio Institucional ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico da UFSCar (FAI), obedecendo todas as legislações vigentes. Na sequência, descrevemos essas parcerias:

- Syngenta.
- Momentive.
- BASF: apresentação de trabalhos feitos com os herbicidas do portfólio da empresa, como parte do Top Ciência.
- Corteva: troca de experiência e ideias de trabalho junto com pesquisadores da empresa.
- Sipcam Nichino: pesquisa e desenvolvimento de produtos, como testes de eficácia e poder residual de produto em desenvolvimento sobre o controle da broca-da-cana-de-açúcar, *Diatraea saccharalis*.
- Bayer Crop Science Alemanha: desenvolvimento de pesquisa em parceria com a UNESP Rio Claro.
- SINDIVEG: desenvolvimento de pesquisa em parceria com a UNESP Rio Claro.
- Fundação ABC: desenvolvimento de pesquisa em parceria com cooperativa de produtores de soja.
- Plataforma Brasileira de Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos (REBIPP), inserida na Plataforma Brasileira de Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos (BPBES).
- Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais (IPEF): desenvolvimento e fomento do projeto “Fungos encapsulados para controle biológico de formigas (título provisório)”.
- Grupo de trabalho para o desenvolvimento de métodos para testes de toxicidade de substâncias químicas em abelhas sem ferrão junto à Comissão Internacional para as Relações Planta-polinizador (ICPPR).

Alguns docentes e discentes do PPGAA produzem material técnico sobre o impacto da agricultura no meio ambiente voltado a empresas, ONGs e outros setores da sociedade. O PPGAA também difunde conhecimento via programas de rádio e TV, textos em jornais e material audiovisual em mídias sociais. Essa forma de difusão do conhecimento permite que a sociedade enxergue os méritos da produção científica no que diz respeito a adequações para problemas econômicos e sociais.

Uma forma importante de inserção social é a realização de atividades de extensão por docentes e discentes do PPGAA, como eventos científicos e soluções de problemas específicos por demanda de empresas e órgãos públicos. As atividades de extensão permitem que a universidade compartilhe com a sociedade o conhecimento desenvolvido na instituição, sendo um dos pilares do tripé ensino-pesquisa-extensão que rege as universidades no Brasil. Atividades de extensão, portanto, promovem o desenvolvimento social. Muitos eventos científicos organizados por docentes e discentes do PPGAA são abertos ao público e, assim, atingem agricultores para a difusão de conhecimento e tecnologias geradas pelo Programa e também professores de escolas da região de Araras.

É muito importante ressaltar que alguns de nossos alunos são provenientes de outros países da América Latina e aplicam, assim, os conhecimentos adquiridos no PPGAA em seus países de origem. Dessa forma, os impactos do PPGAA vão além da região de Araras e do Brasil.

7. INSERÇÃO CIENTÍFICA DO PPGAA

Docentes do PPGAA desenvolvem projetos de pesquisa em parceria com pesquisadores de outras instituições e organizações brasileiras e estrangeiras, de forma a facilitar a colaboração de nossos alunos com membros externos ao Programa. Também recebem em seus laboratórios alunos e colaboradores oriundos de outras instituições nacionais e internacionais. Ressalta-se que muitos docentes do PPGAA colaboram com ex-alunos de graduação e do próprio PPGAA, indicando uma importante rede de parcerias que se forma a partir da atuação dos nossos docentes no ensino e na pesquisa. A colaboração entre docentes do PPGAA e ex-alunos permite a continuidade de trabalhos conjuntos, a colaboração em orientações e o desempenho de atividades de ensino em cursos de extensão, aulas, palestras etc. em outros programas de pós-graduação e órgãos de pesquisa

Docentes e discentes do PPGAA participam rotineiramente de eventos científicos no Brasil e no exterior, nos quais apresentam trabalhos resultantes das pesquisas desenvolvidas no âmbito do Programa. Ainda, docentes, muitas vezes, são convidados a proferir palestras e a participar da organização de tais eventos científicos.

O PPGAA também se insere cientificamente por meio da atuação de seus docentes como revisores de trabalhos científicos submetidos a revistas nacionais e internacionais, editores de revistas científicas nacionais e internacionais, bem como pareceristas de projetos submetidos a agências de fomento. Além disso, os docentes difundem conhecimento à comunidade científica por meio de sociedades científicas, grupos de trabalho, palestras, minicursos, cursos etc. Ainda, colaboram como docentes de outros programas de pós-graduação e atuam em outros programas de pós-graduação do Brasil. Por último, os docentes do PPGAA contribuem para o avanço da ciência pela participação em bancas avaliadoras em programas de pós-graduação e concursos públicos.

8. INSERÇÃO NO ENSINO DO PPGAA

Todos os docentes do PPGAA atuam na graduação, ministrando disciplinas e orientando estudantes de iniciação científica, trabalho de conclusão de curso e/ou estágio supervisionado. Também atuam como supervisores dos discentes do PPGAA nos estágios de docência, orientando a preparação dos planos de trabalho, a atuação junto aos alunos das disciplinas de graduação e a elaboração dos relatórios finais. Muitos docentes fazem parte de Conselhos de Cursos de Graduação ou atuam como Coordenadores de Curso de Graduação. Além disso, desde sua criação, o PPGAA desenvolve atividades que favorecem a integração da pós-graduação com a graduação, como palestras e cursos de curta duração, além de eventos anuais, como o Simpósio Agroambiental e Jornada Agrônômica e o Ciclo de Seminários.

Vários docentes do PPGAA atuam como organizadores de eventos científicos junto à graduação, aumentando a visibilidade do Programa a potenciais futuros alunos e a qualidade da formação dos alunos de graduação. Ressalta-se que, nos eventos com apresentação de trabalho, os alunos de graduação orientados por docentes do PPGAA apresentam muitos estudos e são estimulados a atuar como avaliadores dos trabalhos apresentados nesses eventos.

Alguns dos eventos científicos organizados pelos docentes do PPGAA têm relação com a área de Educação. Dessa forma, professores de escolas da região de Araras costumam participar dos eventos, o que amplia a inserção do PPGAA para a Educação Básica. Visando a uma maior interação com a Educação Básica, em 2019 o Programa decidiu criar a disciplina “Agricultura, Ambiente e Sociedade”, na qual os alunos do segundo ano do Curso de Mestrado organizam atividades junto a escolas da região de Araras. Essas atividades do PPGAA visam melhorar a formação de professores da Educação Básica, fomentar estágios de docência dos alunos do Programa nas escolas, inserir socialmente o PPGAA em atividades nas escolas e possibilitar estágios de alunos de escolas na UFSCar *campus* Araras.

9. INTERNACIONALIZAÇÃO

O PPGAA, seguindo o Plano Estratégico de Internacionalização (PEI) da UFSCar (UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS, 2018), tem buscado um planejamento estratégico de ações de internacionalização. A seguir, estão listadas as ações de internacionalização do Programa:

- Uma das maiores preocupações do PPGAA quando foi elaborado o Planejamento Estratégico do PPGAA para 2021 a 2024 (UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS, 2021a) era que esse documento estivesse em total consonância com os Planejamentos Estratégicos da Pós-Graduação e de Internacionalização. O processo de internacionalização é considerado uma fraqueza e uma ameaça para o PPGAA, pois são resultantes de fatores internos e externos ao Programa. Os desafios impostos por esses fatores foram identificados no processo de **Autoavaliação do PPGAA** (UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS, 2022a) e no **Planejamento Estratégico do Programa** (UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS, 2022b) realizados em 2020, quando foram definidas as ações para que os problemas impostos por esses desafios pudessem ser solucionados. As ações a curto prazo são: i) estabelecimento de convênios com outras instituições nas áreas de Agricultura e Ambiente; ii) oferecimento de disciplinas em outros idiomas; iii) pagamento de taxas de inscrição em eventos internacionais; iv) buscar e divulgar editais específicos a parcerias internacionais; v) oferecer suporte para o desenvolvimento da proposta; vi) aproveitar o momento de

atividades *online* e convidar mais pesquisadores estrangeiros para atividades no Programa. Um grande desafio para os programas de pós-graduação brasileiros com nota 3 e 4 com relação ao processo de internacionalização é que eles não podem participar dos grandes editais federais que incentivam o processo de internacionalização, como é o caso do PrInt.

- Mecanismos utilizados: as metas e os mecanismos para a internacionalização da UFSCar estão descritos no PEI-UFSCar. No site da **Pró-Reitoria de Pós-Graduação da UFSCar** (UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS, 2023a), há uma aba dedicada à internacionalização, em que constam alguns mecanismos utilizados pela universidade para tal. Esses mecanismos incluem bolsas para alunos e profissionais brasileiros e estrangeiros, oportunidades para estudantes e profissionais estrangeiros, convênios e cotutelas com instituições estrangeiras, além do PEI-UFSCar e do Projeto Institucional de Internacionalização (CAPES PrInt). Em especial, o PPGAA beneficia-se muito pela atuação de professores visitantes estrangeiros, bolsistas vinculados à Pró-Reitoria de Pós-Graduação, os quais ministram disciplinas em inglês no Programa. A UFSCar também possui um **Programa de Acolhimento de Estrangeiros**, com site próprio (UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS, 2023b).

Conforme mencionado no PEI-UFSCar, as ações que já estão vigentes para favorecer o processo de internacionalização são: i) criação de resoluções para organizar e regulamentar as atividades dos alunos estrangeiros; ii) apoio às atividades de “internacionalização em casa”, como a contratação de professores visitantes estrangeiros para apoio em disciplinas em outras línguas nos programas de pós-graduação de caráter multidisciplinar; iii) atualização da página da Pró-Reitoria de Pós-Graduação para melhorar a visibilidade internacional da UFSCar e de seus cursos de pós-graduação; iv) articulação das ações junto ao Instituto de Línguas (IL), Instituto de Estudos Avançados e Estratégicos (IEAE) e Secretaria de Relações Internacionais (SRInter) para potencializar e organizar as ações para o suporte do PEI; v) ampliação da mobilidade discente internacional dos alunos de pós-graduação (“outgoing” e “incoming”); vi) em conjunto com a SRInter e o IL, apoiar as ações de acolhimento dos alunos estrangeiros ingressantes por meio dos Programas de Mobilidade Estudantil; vii) incentivo e ampliação de disciplinas em língua inglesa nos programas de pós-graduação; viii) assessorar a SRInter para incorporar, nos convênios, a realização de disciplinas no exterior e reconhecer tais disciplinas cursadas nos programas de pós-graduação. Mais recentemente, houve a padronização dos acordos de cotutela, dupla titulação e validação de créditos obtidos no exterior em países estratégicos.

Mobilidade acadêmica: o PPGAA participou da primeira edição do Programa de Bolsas de Pós-Graduação em Pe-

cuária e Agricultura Tropicais - PROPAT-Brasil-México, recebendo dois estudantes mexicanos com bolsas concedidas pelo governo do México. Além disso, o PPGAA tem uma aluna proveniente da Colômbia. Dois docentes do PPGAA realizaram pós-doutorado na Universidade da Califórnia em Davis (USA), e uma docente do PPGAA recebeu uma aluna da Universidade de Wageningen (Holanda) para trabalho em seu laboratório. Os docentes e discentes do PPGAA são estimulados a realizar mobilidade acadêmica por meio de programas institucionais e agências de fomento estaduais e federais.

Pesquisa: duas docentes do PPGAA participam de projetos de pesquisa internacionais com convênio estabelecido e/ou financiamento do exterior. Os projetos são “Safeguarding Pollination Services in a Changing World: theory into practice (SURPASS2)” (Financiamento FAPESP e Newton Fund - Inglaterra) e “Desenvolvimento de novos métodos para teste de toxicidade em diferentes espécies de abelhas brasileiras” (Financiamento Bayer Crop Science). Os docentes e discentes do PPGAA são estimulados a realizar pesquisa com parcerias e financiamentos internacionais. Infraestrutura: o PPGAA tem várias possibilidades de salas para a recepção de professores e discentes do exterior. Ele está localizado no CCA da UFSCar *campus* Araras e é composto por docentes de todos os departamentos do CCA. No caso dos visitantes, eles podem ser alocados em salas disponíveis nos departamentos. Além disso, a CasaPós possui sala para a recepção de discentes, pós-doutorandos e pesquisadores visitantes.

10. PERFIL PROFISSIONAL DESEJADO PARA O EGRESSO DO CURSO DE MESTRADO DO PPGAA

- O aluno formado pelo PPGAA apresenta sólida formação intelectual, treinamento para o método científico, capacitação para a docência, geração de conhecimento e preparação para o doutorado. Especificamente, o egresso do PPGAA deve:
- Apresentar conhecimento sólido e abordagens inovadoras dos instrumentos conceituais e metodológicos das áreas de Agricultura e Ambiente, método científico, inovação e ética.
- Ser capaz de identificar problemas e buscar soluções para o manejo sustentável e a conservação de ecossistemas em paisagens agrícolas pautadas no método científico, contribuindo para o desenvolvimento rural, ambiental, econômico e social sustentável.
- Ser capaz de implantar sistemas de produção agrícola e manejar adequadamente os recursos e elementos naturais inseridos na paisagem agrícola, especialmente comunidades vegetais, as quais sustentam uma infinidade de interações de populações animais e processos biogeoquímicos, que se relacionam com a proteção dos recur-

solos hídricos e edáficos, sempre pautando-se no método científico.

- Ser capaz de atuar como docente no Ensino Básico e Ensino Superior.
- Apresentar forte capacitação para a realização de atividade científica de qualidade em universidades, instituições de pesquisa, empresas e outros órgãos.
- Ser capaz de difundir o conhecimento científico, tanto no setor público como no privado.
- Estar habilitado para subsidiar a formulação e o planejamento de políticas públicas de desenvolvimento rural e sua execução, bem como para promover o desenvolvimento socioeconômico e ambiental, em várias instâncias territoriais, econômicas e políticas, pautando-se na ciência.
- Ser capaz de valorar resultados, expressos em eficiência, melhorias e aumentos de produtividade, agregando valor ao conhecimento produzido e reconhecimento pela sociedade.
- Estar preparado para a continuidade de sua formação acadêmico-científica no doutorado.
- Ter forte caráter inovador, acolhedor, colaborativo, crítico, social e multicultural na atuação acadêmica e no mercado de trabalho.

11. HABILIDADES E COMPETÊNCIAS ESPERADAS PARA O CURSO DE MESTRADO DO PPGAA

As habilidades e competências desejadas para o egresso do PPGAA baseiam-se na formação de competência local em vez da transferência de tecnologia, na geração de capital científico, na inserção do Brasil no grupo de exportadores de expertise e no desenvolvimento de características pessoais e interpessoais que possibilitem o enfrentamento dos novos desafios tecnológicos, sociais e ambientais das Ciências Agrárias. As habilidades e competências que o egresso deve possuir ao final do Curso de Mestrado do PPGAA são:

- Capacidade de identificar problemas e buscar soluções para o manejo sustentável e a conservação de ecossistemas em paisagens agrícolas, aprendida por meio de elaboração e execução de projeto de pesquisa, e de conhecimento de instrumentos conceituais e metodológicos essenciais nas áreas de Agricultura e Ambiente, método científico, inovação e ética, que são conteúdos de disciplinas.
- Capacidade de implantar sistemas de produção agrícola e de manejar adequadamente os recursos e elementos naturais inseridos na paisagem agrícola, aprendida por meio de elaboração e execução de projeto de pesquisa, e de conhecimento de instrumentos conceituais e metodológicos essenciais nas áreas de Agricultura e Ambiente, método científico, inovação e ética, que são conteúdos de disciplinas.
- Capacidade de atuar como docente no Ensino Básico e Ensino Superior, aprendida por meio das disciplinas de

“Docência Orientada” e de treinamento de comunicação (textos e apresentações orais) em outras disciplinas, principalmente “Seminários”.

- Capacidade para resolver problemas e realizar investigação científica de qualidade em universidades, instituições de pesquisa, empresas e outros órgãos, pautando-se no método científico e na ética, aprendida por meio de elaboração e execução de projeto de pesquisa, bem como da disciplina “Método Científico”.
- Capacidade de difundir o conhecimento científico para diferentes públicos, tanto no setor público como no privado, aprendida principalmente nas disciplinas “Seminários” e “Agricultura, Ambiente e Sociedade”, bem como por meio de atividades de extensão.
- Capacidade de subsidiar a formulação e o planejamento de políticas públicas de desenvolvimento rural e sua execução, além de promover o desenvolvimento socioeconômico e ambiental, em várias instâncias territoriais, econômicas e políticas, aprendidas principalmente por meio de atividades de extensão.
- Capacidade de valorar resultados, expressos em eficiência, melhorias e aumentos de produtividade, agregando valor ao conhecimento produzido e ao reconhecimento pela sociedade, aprendida por meio de discussões que permeiam disciplinas e outras atividades do PPGAA.
- Capacidade de continuar sua formação acadêmico-científica no doutorado, aprendida pelo treinamento e pela experiência em pesquisa, rotina acadêmica e conhecimentos nas áreas de Agricultura e Ambiente.
- Competência para atuar em sua profissão, prezando pelo caráter inovador, acolhedor, colaborativo, crítico, social e multicultural, aprendida por meio de discussões que permeiam disciplinas e outras atividades do PPGAA.
- Competência para apresentar liderança e iniciativa, estimuladas por meio de elaboração e execução de projeto de pesquisa, de atividades desenvolvidas em diversas disciplinas, de atividades de extensão e de elaboração e submissão de artigos científicos.
- Competência para comunicar-se com diferentes tipos de público e em diferentes meios, aprendida por meio de diversas disciplinas (por exemplo, “Método Científico”, “Seminários”, “Agricultura, Ambiente e Sociedade” e “Docência Orientada”), da elaboração e defesa da qualificação e dissertação, bem como de atividades de extensão.
- Competência para ser eficiente e competitivo, aprendida em diversas atividades das diferentes disciplinas ofertadas no PPGAA, pelo cumprimento de prazos estabelecidos pelo Programa, orientador, docentes e agências de fomento, bem como pela elaboração e submissão de artigos científicos.
- Competência para apresentar atitude esperada e moldável às diferentes situações profissionais, aprendida por

meio de simulações de diversos cenários em disciplinas e atividades de extensão.

- Competência para ser independente e autônomo, mas também para trabalhar com sucesso em equipe e com flexibilidade, aprendida por meio de atividades desenvolvidas em diversas disciplinas, da elaboração e defesa da qualificação e dissertação, de atividades de extensão e da rotina junto ao grupo de pesquisa.
- Competência para ser criativo, aprendida por meio de atividades desenvolvidas em diversas disciplinas, da elaboração e defesa da qualificação e dissertação, de atividades de extensão e da rotina junto ao grupo de pesquisa.
- Competência para apresentar visão integrada de problemas e buscar soluções para eles, aprendida por meio de diversas disciplinas, da elaboração e defesa da qualificação e dissertação, bem como de atividades de extensão.
- Competência para apresentar perseverança, aprendida por meio da elaboração e defesa da qualificação e dissertação, do cumprimento de prazos estabelecidos pelo Programa, orientador, docentes e agências de fomento, da elaboração e submissão de artigos científicos e da rotina junto ao grupo de pesquisa.
- Competência para exercer sua profissão com comprometimento, integridade, ética e respeito à ciência e à sociedade, aprendida por meio de todas as experiências acadêmicas que permeiam o Curso de Mestrado, as quais incluem respeito aos prazos e às atividades acordadas.

Para verificar se as habilidades e competências esperadas para o PPGAA estão sendo atingidas, é feita anualmente a **Autoavaliação do Programa** (UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS, 2022a), a qual segue método próprio, descrito no documento “**Planejamento Estratégico do Programa de Pós-Graduação em Agricultura e Ambiente – 2021-2024**” (UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS, 2021a). Também é realizado periodicamente o acompanhamento dos egressos (UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS, 2021b) com o objetivo de verificar se estes estão atuando na área de Agricultura e Ambiente e aplicando os conhecimentos adquiridos na pós-graduação. Sempre que é detectada alguma deficiência no que diz respeito às habilidades e competências, a Coordenação do PPGAA realiza adequações para que elas sejam atingidas.

12. MISSÃO DO PPGAA

No futuro, o PPGAA está extremamente comprometido com sua missão, a qual é o fundamento, isto é, a base do Planejamento Estratégico. A missão de uma organização, neste caso de um Programa de Pós-Graduação em Agricultura e Ambiente, representa sua identidade e determina seu propósito de modo mais abrangente. A missão exerce um papel determinante na cultura da organização (Programa),

permitindo o acompanhamento das mudanças socioambientais, e uma precisa definição de suas estratégias. É composta pela identidade do Programa e o atendimento de alguma necessidade do meio em que está inserido. Assim, a missão do PPGAA é:

“Garantir a formação humana, acadêmica e profissional com excelência, por meio do ensino, da pesquisa e da extensão na área de Ciências Agrárias, e promover inovação, tecnologia e avanços científicos para conservação do meio ambiente”.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a todas as professoras e a todos os professores que foram importantes na construção da história do PPGAA: Profa. Dra. Anna Hoffmann Oliveira, Prof. Dr. Cristiano Menezes, Prof. Dr. Eduardo Barretto de Figueiredo, Prof. Dr. José Carlos Casagrande, Profa. Dra. Josiane Rodrigues, Profa. Dra. Maria Leonor Ribeiro Casimiro Lopes Assad, Profa. Dra. Patrícia Andrea Monquero, Prof. Dr. Reinaldo Gaspar Bastos, Prof. Dr. Renato Nallin Montagnolli, Prof. Dr. Ricardo Augusto Gorne Viani, Prof. Dr. Ricardo Toshio Fujihara, Prof. Dr. Rodrigo Neves Marques, Profa. Dra. Roselena Faez e Prof. Dr. Rubismar Stolf. Também agradecemos as bolsas de mestrado concedidas pela CAPES, pelo CNPq, pela Fapesp e Diretoria do CCA e o apoio financeiro de agências de fomento públicas e privadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS. **Autoavaliação:** Programa de Pós-Graduação em Agricultura e Ambiente. Araras: UFSCar, 2022a. Disponível em: <<https://www.ppgaa.ufscar.br/pt-br/o-programa/autoavaliacao>>. Acesso em: 7 mar. 2023.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS. **Planejamento estratégico do Programa de Pós-Graduação em Agricultura e Ambiente – 2021-2024.** Araras: UFSCar, 2021a. Disponível em: <<https://www.ppgaa.ufscar.br/pt-br/o-programa/planejamento-estrategico>>. Acesso em: 7 mar. 2023.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS. **Planejamento estratégico:** Programa de Pós-Graduação em Agricultura e Ambiente. Araras: UFSCar, 2022b. Disponível em: <<https://www.ppgaa.ufscar.br/pt-br/o-programa/planejamento-estrategico>>. Acesso em: 7 mar. 2023.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS. **Plano estratégico de internacionalização da UFSCar:** desenvolvendo conhecimento global e cultivando competências interculturais. São Carlos: UFSCar, 2018. Disponível em: <<https://www.propg.ufscar.br/pt-br/assets/arquivos/copg/atas/atas-2018/plano-estrategico-de-internacionalizacao-ufscar.pdf>>. Acesso em: 7 mar. 2023.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS. **Programa de Acolhimento de Estrangeiros.** São Carlos: UFSCar, 2023b. Disponível em: <www.orbis.ufscar.br>. Acesso em: 7 mar. 2023.





UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS. **Pró-Reitoria de Pós-Graduação da UFSCar**. São Carlos: UFSCar, 2023a. Disponível em: <www.propg.ufscar.br>. Acesso em: 7 mar. 2023.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS. **Relatório de autoavaliação e acompanhamento de egresso**: Programa de

Pós-Graduação em Agricultura e Ambiente. Araras: UFSCar, 2021b. Disponível em: <<https://www.ppgaa.ufscar.br/pt-br/assets/arquivos/o-programa/relatorio-de-autoavaliacao-e-acompanhamento-de-egresso-do-ppgaa.pdf>>. Acesso em: 7 mar. 2023.

Educação musical na universidade: uma análise a partir da criação do estúdio de ensaios no CCA/UFSCar (Araras, SP)¹

Musical education at the university: an analysis based on the creation of the essay studio at CCA/UFSCar (Araras, SP)

Luiz Antonio Cabello Norder¹ 
 Amanda Araújo Dias de Melo² 
 Gustavo de Andrade Poyares³ 
 Leonardo Silva de Oliveira⁴ 

¹Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Departamento de Desenvolvimento Rural, São Carlos, SP, Brasil. luiz.norder@gmail.com

²Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Curso de Ciências Biológicas, Sorocaba, SP, Brasil. amanda.araujodmelo@gmail.com

³Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Curso de Bacharelado em Agroecologia, Araras, SP, Brasil. guandradem@hotmail.com

⁴Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Curso de Licenciatura em Física, Araras, SP, Brasil. leosilva1998@hotmail.com

RESUMO Este artigo analisa o acesso à educação musical entre estudantes de graduação e o interesse pelo aprendizado da música no período universitário. Para tanto, foi realizada uma pesquisa qualitativa para contextualização e uma análise quantitativa sobre a percepção de discentes de seis cursos de graduação da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) no campus de Araras (SP). Há a apresentação do contexto musical no município e um histórico sobre a criação de um estúdio de ensaios musicais no campus. Foram aplicados 459 questionários entre abril e junho de 2019. Entre os resultados da pesquisa mostra-se que as desigualdades sociais e de gênero se expressam no acesso à educação musical; a maioria dos discentes, especialmente os que tiveram menor acesso a essa formação específica, manifesta interesse no aprendizado de música durante o ensino de graduação. A promoção da educação musical entre estudantes de diferentes cursos no ensino superior representa um grande potencial a ser explorado por democratizar o acesso à cultura e contribuir para a sociabilidade, entre outros benefícios.

Palavras-chave: Estudantes; cultura; música.

ABSTRACT This article analyzes the access to music education of undergraduate students and their continuity and interest in learning music during university studies university. To do so, quantitative research was carried out with students from six undergraduate courses at the Federal University of São



Este é um capítulo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença [Creative Commons Attribution](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

¹ Artigo publicado originalmente na *Revista Teoria e Prática da Educação*, vol. 2, n. 4, p. 174-190, maio/agosto de 2021. Houve a inclusão de três parágrafos no final do item “A criação do Estúdio de Ensaios Musicais no CCA/UFSCar” visando uma atualização das informações.

Carlos (UFSCar) on the campus of Araras (SP). It also provides information about the musical local context and the creation of a music rehearsal studio on campus. It was applied 459 questionnaires between April and June 2019. Among the survey results, it is shown that social and gender inequalities are expressed in access to music education; most students, especially those who had less access to this specific training, express an interest in learning music during undergraduate education. The promotion of music education among students from different courses in higher education represents an enormous potential to be explored, once it allows the access to the culture and contributes to sociability, among other benefits.

Keywords: Students; culture; music.

1. INTRODUÇÃO

Há uma grande diversidade de formas de inserção da música nas relações sociais em geral e, especificamente, no campo da educação. Isso porque a música tem uma forte presença no teatro, no cinema, em cerimônias religiosas e festas tradicionais, em práticas terapêuticas, em atividades educacionais, na publicidade, na indústria cultural, em mobilizações políticas, entre vários outros setores da economia e campos da cultura e da sociabilidade (CAMPOS, 2007; BOURDIEU, 1984). Essa complexidade e variedade dos fenômenos sociais e culturais relacionados à música vem sendo objeto de pesquisa não apenas na musicologia, que se estabeleceu como disciplina científica em algumas universidades a partir da segunda metade do século XIX (BREUNER, 2011), mas também em abordagens interdisciplinares (SHEPHERD, 1994) ou como parte de subcampos temáticos específicos em diversas disciplinas: sociologia, antropologia, filosofia, psicologia, semiótica, economia, geografia, educação, entre outras (ADORNO, 2011; BASTOS, 1995; TOMÁS, 2009).

Paralelamente, a área de educação musical, institucionalizada a partir da década de 1940, consolidou-se sobretudo ao longo dos anos 1960 – e, como parte desta e do aprofundamento das próprias disciplinas, surgiram subáreas como a filosofia da educação musical, a psicologia da educação musical e a sociologia da educação musical (SOUZA, 2020). Ganha importância, em uma perspectiva sociológica, a análise de fatores como classe social, gênero, etnia, entre outros, que repercutem nas “[...] maneiras pelas quais a organização social da prática musical e a construção social do significado social [...]”, de acordo com Green (1997, p. 32-33), autora que reforça a importância de se “[...] entender as diferentes práticas musicais dos diferentes grupos de estudantes na escola, abordando também os conceitos do significado da música, de alunos e professores”. Uma das controvérsias sobre esse processo, na filosofia da educação musical, reside na “[...] concepção de experiência musical como educação da sensibilidade estética [...]”, como mostra Lazzarin (2005, p. 104).

Há estudos sobre diferentes aspectos dos processos de educação musical em vários níveis do sistema escolar formal, bem como em espaços identificados com a educação não formal e abordagens sobre situações sociais específicas,

entre as quais: ações no ensino fundamental e médio na rede pública (FUCCI-AMATO, 2016), programas de educação de jovens e adultos (RIBAS, 2006; FERNANDES, 2014), idosos (FIGUEREDO, 2008; LIMA, 2016), mulheres (SIQUEIRA, 2019; ROMERO, 2010) e populações quilombolas (DIAS, 2013), entre várias outras. Quanto às universidades, há um importante conjunto de pesquisas sobre as peculiaridades dos cursos de graduação (Bacharelado e Licenciatura) em música (LOURO; SOUZA, 2013).

Pode-se afirmar, por outro lado, que há uma ausência de estudos sobre a importância e as peculiaridades das atividades de educação musical de estudantes universitários não vinculados aos cursos de graduação em música, mas aos cursos de graduação nas mais diversas áreas do conhecimento. As iniciativas neste sentido são poucas, pontuais, descontínuas e pouco divulgadas ou sistematizadas. Diante disso, o objetivo deste artigo é apresentar os resultados de uma pesquisa sobre educação musical no ambiente universitário não relacionada aos cursos de graduação em música.

Para tanto, foi realizada uma pesquisa qualitativa para contextualizar o cenário musical no município de Araras (SP) e o processo de criação do Estúdio de Ensaios Musicais do CCA/UFSCar (Centro de Ciências Agrárias, campus de Araras da Universidade Federal de São Carlos; e uma análise, com base em pesquisa quantitativa, sobre o perfil socio-cultural e o acesso dos discentes à educação musical antes da universidade, bem como sobre a percepção e o interesse dos mesmos em relação à educação musical. As próximas seções apresentam considerações históricas e conceituais com base na bibliografia associada ao tema proposto, a metodologia utilizada na pesquisa de campo e os resultados obtidos.

2. EDUCAÇÃO MUSICAL, EDUCAÇÃO E SOCIEDADE

A música se apresenta, na formação da pessoa, desde a primeira infância, na constituição da fala, na consolidação de uma identidade músico-cultural, na assimilação de informações, no desenvolvimento dos movimentos corporais; contribui para a constituição neurobiológica, pelo estímulo do sistema nervoso, de forma a reorganizar seu desenvolvimento e possibilitar o aprimoramento de habilidades cognitivas, sendo utilizada como parte de estratégias peda-

gógicas junto a estudantes dos ensinos básico, fundamental, médio e na educação de jovens e adultos (KEBACH, 2008; GORDON, 2000; BORGES; ALMEIDA, 2015).

A música também facilita o desenvolvimento de habilidades de expressão, amplia a autoestima, a liberdade vocal e corporal e, por isso, influencia as próprias relações sociais e educacionais, uma vez que favorece a sociabilidade, a saúde mental e a ressignificação da memória pessoal. No elo entre som e silêncio são reforçadas habilidades como concentração, atenção, raciocínio, memória, associação e codificação. Cada criança atua de maneira única no seu ato de fazer música, impulsionada por suas vivências e culturas não formais (SOUZA et al., 2016; GOHN; STRAVACAS, 2010). Tais práticas propõem formas de manifestação associadas ao senso crítico, à empatia no diálogo musical e na expressão artística, corroborando para o desenvolvimento do sujeito em sentido amplo e irrestrito (SANTOS, 2012).

Essas atividades, planejadas no ambiente pré-escolar, por exemplo, são também identificadas como *musicalização*, que promove a interação entre ritmo-som-corporeidade (GOMES; MANRIQUE, 2015), o estudo da memória musical e cultural compartilhada e a integração entre elementos sonoros e rítmicos e a aprendizagem (GORDON, 2000; PIEDADE, 1997). Estudos demonstram a relevância e a múltipla aplicação do conceito de musicalização para diversas áreas da educação, como a educação ambiental, o ensino de ciências exatas, a educação especial, o ensino de línguas, entre várias outras. Há uma predominância no uso do termo musicalização para a área da educação infantil, como instrumento de facilitação no processo de aprendizagem (NOVIKOFF; GOMES, 2015; PAIVA, 2012; BOUFLEUR, 2017).

Os primeiros contatos com a música surgem em tempos pré-escolares, através de práticas não formais com pais e pessoas próximas. Ao adentrar a escola, tem-se uma educação musical com práticas tradicionalmente ligadas ao brincar e à cultura nacional, não raro com base na reprodução de práticas já utilizadas anteriormente. Conforme os anos letivos vão se passando, mais os currículos se distanciam da música e, com isso, a escola perde a oportunidade de abordar um conteúdo que possui ligação estreita com o cotidiano do aluno no processo de ensino-aprendizagem (GOHN; STRAVACAS, 2010).

As leis e diretrizes educacionais brasileiras passaram a definir a música como conteúdo opcional nas escolas a partir do início da década de 1960. Posteriormente, com uma concepção pedagógica pró-criatividade na educação, tornaram-se de caráter obrigatório a partir de 1971, por meio da disciplina de educação artística (PIRES, 2003). Com a Lei n. 11.769 de 18 de agosto de 2008, a música passa a ser incluída no currículo da educação básica, tanto de escolas públicas quanto particulares, como disciplina específica ou como elemento integrado às demais disciplinas visando a construção da identidade cultural e desenvolvimento audi-

tivo, linguístico e cognitivo na primeira infância (BORGES; ALMEIDA, 2015).

No entanto, observa-se que a musicalização, tomada como o processo de construção do conhecimento musical, e as ações de educação musical não possuem implementação garantida pelas diretrizes que regem a educação em nenhum dos níveis escolares; o currículo de artes nas escolas, no qual se insere o ensino de música, é muitas vezes ministrado de forma instável e heterogênea (ARROYO, 2004). O corpo docente responsável por ministrar essas aulas necessita de uma polivalência para atuar nos diferentes conteúdos pedagógicos previstos no currículo: artes cênicas, artes plásticas, música e dança. Assim, em que pese sua importância e potencialidade, a inserção da prática musical nas atividades educacionais, historicamente, tem se deparado com alguns importantes impasses e limitações.

Boa parte dos professores de artes atuantes na rede de ensino básico, fundamental e médio possui formação em educação artística, mas em geral com maior ênfase nas artes plásticas. Muitas vezes, a educação artística é concebida como uma disciplina destinada ao lazer; as propostas nem sempre possuem status de objeto de conhecimento e sua integração com as demais linguagens artísticas não fica suficientemente evidenciada. Com isso, é comum a exclusão de conteúdos propriamente musicais e até mesmo a exclusão da música nas disciplinas de educação artística (PENNA, 2002).

Historicamente, os cursos superiores de música contaram com diversas nomenclaturas: licenciatura em música, licenciatura em educação musical, educação artística: habilitação em música, o que reafirma a falta de identidade institucional nos cursos superiores de música. Há relatos de concursos públicos para professores de educação artística com conteúdo musical que impedem a participação de professores com formação específica em música. Isso sem mencionar a desproporcionalidade na oferta de estágios para graduandos em licenciatura em artes e licenciatura em música (ARROYO, 2004; PIRES, 2003).

No ensino superior, nota-se a busca de inovações, geradoras de pluralidades, e a valorização da criatividade em relação às práticas tradicionais dos conservatórios tomadas como norteadoras dos cursos de música, denominado *habitus conservatorial*, no qual há, entre outros aspectos, maior ênfase para conteúdos musicais específicos do que para os pedagógicos (FONTERRADA, 2015; SOUZA et al., 2015; PEREIRA, 2013). Ainda assim, a profissionalização dos professores formados em música acaba sendo muitas vezes direcionada aos conservatórios e escolas particulares de música, que oferecem cursos como parte do universo da educação não formal, e nem tanto à escola regular, que oferece maiores obstáculos aos educadores com formação específica em música (PENNA, 2002).

Esse conjunto de fatores está associado a uma certa instabilidade e precariedade na inserção da educação musical

na rede pública. Há, evidentemente, diversos projetos desenvolvidos pontualmente e, não raro, de forma descontínua, por governos municipais, estaduais e federal, que oferecem aulas gratuitas de instrumentos. Também no intuito de fomentar o aprendizado de música e, mais especificamente, acessar os benefícios individuais e coletivos que este promove, existem projetos sociais realizados por organizações não governamentais (ONGs), como o realizado pela Associação Meninos do Morumbi e o Projeto Guri, em São Paulo, e o Projeto Villa-Lobinhos, no Rio de Janeiro, entre muitos outros, que utilizam, com reconhecido êxito, a educação musical como instrumento central de uma proposta socioeducativa (KLEBER, 2008).

Ainda que essas iniciativas representem um avanço no sentido da atenuação das disparidades sociais, a educação musical permanece como um conteúdo pouco estimulado e de difícil acesso para a população geral – e a educação não formal privada acaba por ser mais acessada pela população de maior poder aquisitivo. Além do enfoque sobre a desigualdade econômica, há ainda a realização de pesquisas e reflexões sobre as desigualdades de gênero e étnico-raciais nos processos de educação musical (PAGES; WILLE, 2017; ALMEIDA, 2006).

3. METODOLOGIA DA PESQUISA

A pesquisa quantitativa foi realizada a partir da aplicação de questionário estruturado, com respostas predefinidas, únicas ou múltiplas, complementadas por algumas respostas em formato textual, junto aos discentes dos seis cursos de graduação ofertados no Centro de Ciências Agrárias (CCA), campus de Araras (SP) da Universidade Federal de São Carlos: Agroecologia, Agronomia, Biotecnologia, Ciências Biológicas, Química e Física. Os três primeiros são ofertados na modalidade Bacharelado em tempo integral e os demais na modalidade Licenciatura no período noturno. Foram aplicados 459 questionários em maio e junho de 2019, sendo 90 discentes de Agroecologia, 90 de Agronomia, 26 de Biotecnologia, 113 de Biologia, 52 de Física e 50 de Química. Além desses, a universidade oferece outros 50 cursos presenciais de graduação em sua sede no município de São Carlos e nos campi de Sorocaba e Buri – e 58 programas de pós-graduação acadêmica (mestrado/doutorado).

O questionário foi impresso e distribuído aos discentes para autopreenchimento e, em seguida, digitalizado em planilha eletrônica. Embora houvesse a intenção inicial de realização de um levantamento censitário, nem todos os discentes foram pesquisados, uma vez que alguns haviam desistido do curso, outros não foram localizados ou preferiram não participar da atividade. Na aplicação dos questionários, os discentes foram previamente informados sobre o tema da pesquisa e sobre o caráter voluntário da participação. A coleta de informações ocorreu, portanto, de forma aleatória frente a uma intenção censitária.

Em alguns formulários, uma parte das questões não foi preenchida ou ocorreu de forma dúbia ou inconsistente – e nesses casos as respostas foram desconsideradas pontualmente. Por esse motivo, há uma pequena variação no total de respostas válidas por questão apresentada. Os percentuais referem-se ao total de respostas válidas por pergunta. Para a realização da contextualização histórica e local presente nos itens 4.1 e 4.2 foram realizadas pesquisa documental e registro da memória de atividades realizadas.

4. RESULTADOS

Esta seção apresenta, com a finalidade de contextualização, algumas das práticas musicais em Araras (SP) em interação com estudantes universitários na cidade e o histórico da criação do Estúdio de Ensaaios Musicais no CCA/UFSCar; em seguida, são analisados os dados da pesquisa quantitativa realizada no campus sobre o acesso à educação musical e o interesse dos discentes em atividades de formação musical durante o período de graduação.

Práticas musicais e universitários em Araras

Situado a 150 km da capital, o município de Araras (SP) possui uma população de aproximadamente 135 mil habitantes e um IDH de 0,781, considerado alto; apresenta uma escolarização de 97,5% na faixa etária de 6 a 14 anos e conta com quatro instituições de ensino superior, sendo três particulares (Unar, Uniararas e Universidade São Leopoldo Mandic) e um campus da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), o que aponta para a importância local do público universitário. A Prefeitura oferece para o público em geral cursos gratuitos para diversos instrumentos: violão, guitarra, coral, violino, teclados, cavaquinho.

Há no município atividades musicais e músicos atuantes em diversos espaços: bares (Fritz, Coffee 595), moto-clubes (Sinistro MC), recantos (Primitivos Oficina Bar, no Assentamento Araras III), eventos com artistas populares da música brasileira (festas do peão, do café e do chocolate) e teatro, entre outras. Há também alguns grupos e bandas regionais de música autoral de diferentes estilos: experimental (O Lado Escuro do Ralo), reggae (Gaiuna), rock (Horned Owl Valley), MPB (Carulina), samba e MPB (Carandina), ecomúsica (Alexandre Braz) e gêneros diversos (O Último dos Dons). Há no município seis homestudios que são alugados para ensaios e gravações.

Na Uniararas, nos últimos anos vem sendo realizado pelos estudantes do Centro Acadêmico de Psicologia um Sarau Cultural no espaço conhecido como Matão, próximo ao campus, com exposições artísticas e musicais; dentro do campus, organizado pela própria Direção, vem ocorrendo, anualmente, uma espécie de show de talentos, como par-

te do cronograma de eventos do Trote Solidário, contando com premiações aos vencedores.

No campus da UFSCar, foram realizados diversos eventos culturais com música ao vivo, sobretudo durante os Pizzaraus, com palco aberto e gastronomia, realizado pelos estudantes desde 2009 no espaço do Diretório Acadêmico. Esse mesmo espaço passou a ser utilizado de diversas formas por vários grupos e chegou a ser adaptado para a realização de ensaios musicais de algumas bandas de estudantes. Outro evento relevante na consolidação das práticas musicais no campus foi o Festival Agrocultural, que contou com três edições que promoveram interações entre alunos de diversos cursos, atividades em grupo e apresentação de bandas com atuação nacional, como Tribo do Sol e Beto Rasta.

Em 2019, a universidade, visando o fomento à atividade artística e cultural no campus, concluiu a construção de um pequeno teatro de arena com arquibancada, palco e cobertura de estrutura metálica e lona, espaço que começou a ser utilizado para saraus entre alunos e professores e para as atividades da *Calourada* na primeira semana do ano letivo em 2020. Em certas ocasiões e eventos, há a montagem de pequenos palcos para apresentações musicais, em geral de bandas locais, no bloco principal do campus. Em algumas repúblicas de estudantes da UFSCar, como Zona Rural, Refazenda, Mangarosa e Methiolate, são desenvolvidas algumas práticas musicais em conjunto, havendo inclusive o caso da formação de bandas, entre as quais estão Bongtrip, Florada, Poncã e Roots Rock Reggae.

Há, portanto, uma variada interação entre os músicos locais e os estudantes universitários, tanto na organização de eventos quanto na participação de iniciativas culturais realizadas no município, em repúblicas e no interior das próprias instituições. Algumas das atividades musicais são organizadas como parte de eventos científicos e culturais realizados periodicamente, de forma que as práticas de música ao vivo podem ser consideradas como um dos elementos constitutivos das atividades acadêmicas nas instituições de ensino superior do município e na vida cotidiana de parte de seus estudantes, docentes e demais servidores.

A criação do Estúdio de Ensaios Musicais no CCA/UFSCar

No final de março de 2019 começou a ser idealizada a criação de um espaço no campus da UFSCar em Araras com condições adequadas para a prática musical em conjunto e para a realização de ações de ensino-aprendizagem, a princípio entre os próprios discentes. De forma praticamente imediata foi formado um grupo de aproximadamente dez estudantes interessados em viabilizar uma proposta de criação de um estúdio de ensaios musicais no campus. Em poucos dias foi identificado um antigo barracão que vinha servin-

do como depósito de resíduos inertes, como um local com grande potencial para essa finalidade.

O barracão, que possui 45 m² (9 m × 5 m), é parte de um conjunto predial identificado popularmente como Sensala, local de grande relevância simbólica para o movimento negro no município, na antiga Fazenda Santa Escolástica, fundada no século XIX. Além dessa área, o conjunto predial da Sensala é composto por um bloco principal, de aproximadamente 200 m², em tijolos grandes aparentes, sem o telhado e as janelas e portas originais, atualmente utilizado para atividades de canoagem e gestão de resíduos sólidos. Há lendas sobre o local, inclusive sobre a possível existência de um tronco para castigos corporais, e relatos de que continha grandes painéis, conchas e colheres, entre outros objetos.

O conjunto predial da Sensala é formado ainda por um barracão, provavelmente do mesmo período e um pouco menor que o anterior, mas parcialmente rebocado e reformado, mas com o telhado original, onde funciona uma oficina de serviços gerais; um pequeno paiol de madeira, com cerca de 20 m², coberto com telhas antigas originais, onde, segundo conta-se, embaixo do piso de madeira em elevação dormiam escravos para conter eventuais pilhagens atribuídas a fugitivos e aquilombados; uma edificação de quase 80 m² construída provavelmente no início da década de 1950 para a criação de uma escola vinculada ao Instituto do Açúcar e do Alcool (IAA), que passou a desenvolver suas atividades logo após a aquisição da fazenda pelo governo federal; e uma seringueira de grande porte.

Em abril de 2019 foi elaborado o projeto de extensão “Diálogos sobre Musicalização na Universidade” (Atividade Proex/UFSCar 23112.002105/2019-50), que apresentava formalmente a demanda de espaço físico para a realização de atividades musicais; esse projeto contou com a participação do grupo de estudantes que, pouco depois, passou a ser denominado *Coletivo Pró-Música do CCA*, com comunicação por aplicativo e reuniões semanais. Nas reuniões, foi-se delineando a importância de um levantamento de informações sobre o acesso prévio e o interesse dos discentes em relação à educação musical, o que levou à elaboração de um questionário estruturado sobre o conhecimento e o envolvimento musical dos estudantes – e que deu origem aos dados apresentados a seguir.

O objetivo geral era realizar atividades para incentivar a continuidade, a retomada ou a iniciação no saber musical durante a graduação através de atividades entre os próprios estudantes, promover a interação com artistas do município, propor ações com professores de música da rede pública e realizar eventos culturais no formato de uma *comunidade de aprendizagem*, no sentido de “*crear conocimiento como un bien colectivo, de manera que la sociedad sea construida por todos y para todos, posibilitando que cada individuo se convierta a su vez en alumno y mentor*” (MARTÍNEZ, 2016, p. 18-19).

A proposta de instalação de um estúdio na antiga Senzala levou o grupo a definir, desde o início, a diretriz de estabelecer contato com pessoas do movimento negro de Araras como parte de um processo de reocupação do espaço de forma respeitosa com sua história e significado. Assim, lideranças no município e no Assentamento de Araras III com atuação na questão racial e na defesa da religiosidade afro-brasileira, já conhecidas pelo grupo, foram convidadas para conhecer e participar das atividades.

Três meses após a idealização da proposta houve a aprovação, no início de julho, da solicitação de utilização do barracão pelo Conselho de Centro (CoC) e, com apoio da Diretoria do CCA/UFSCar, o espaço começou a ser reformado, após destinação dos resíduos ali depositados. Foi necessário refazer o telhado, efetuar alguns reparos na alvenaria e instalar uma porta. Após a primeira etapa da reforma, foram organizados mutirões com os participantes do projeto para limpeza e pintura do espaço e plantio de mudas, em sua maioria frutíferas, com o intuito de harmonizar o entorno do estúdio; em outubro, a universidade concluiu a instalação elétrica. Alguns equipamentos em situação de desuso em outras dependências do campus, como uma mesa de som, caixas com autofalantes, microfones e pedestais, puderam ser reaproveitados.

Durante a reforma da edificação do estúdio, foi organizado pelo grupo o minicurso “Musicalização na Universidade: teorias e práticas”, com a apresentação de diversas palestras em outubro e novembro por músicos e professores: Alexandre Braz, Átila Ramirez, Adilson Brandão, Gabriel Zara, Janice Borges, José Alessandro Silva e Kauê Beck. O minicurso, com duração de 16 horas, reuniu estudantes e docentes da UFSCar e três músicos residentes do município Araras: Alexandre Braz, Daniel Viola e Lucas Fróes, além da presença, em uma das atividades, de Dona Neuza Maria Pereira Lima, militante histórica no movimento negro ararense², que demonstrou interesse em acompanhar a instalação do estúdio no espaço da antiga Senzala. O minicurso possibilitou definir algumas linhas de ação para o projeto, ampliar a vinculação com músicos da cidade e compartilhar reflexões de educação musical em geral e no meio universitário, em sua especificidade.

No final de outubro, sete meses após sua idealização, foi inaugurado o Estúdio de Ensaios Musicais do CCA/UFSCar, com a presença de estudantes, professores e representantes do movimento negro local. Para realizar a primeira expressão musical no local, foram convidados integrantes da comunidade de terreiro Ylê Axé de Iansã e coube a mãe Oyassy realizar os primeiros cantos no novo espaço. Hou-

ve também apresentação de viola caipira, hip-hop e reggae por parte de estudantes do campus.

Naquele momento, o estúdio contava com os equipamentos reaproveitados e uma guitarra cedida por um dos professores do campus; outros instrumentos, como bateria e amplificadores de guitarra e baixo, haviam sido emprestados por discentes e docentes, mas alguns precisavam ser devolvidos no curto prazo; outros foram doados ou emprestados sem prazo para devolução. Com isso, o estúdio passou a ser utilizado por alguns grupos. Em seguida, uma bateria acústica e uma caixa de baixo foram reformadas e disponibilizadas para o estúdio. No final de outubro, o Coletivo Pró-Música foi convidado pela Unicamp, campus de Limeira, para apresentar suas propostas e ações no evento “Mesa Arte no Campus: a universidade como espaço artístico”. Começava também a ser planejada uma interação com docentes do curso de música na sede da UFSCar em São Carlos.

No início de 2020 houve a deliberação da Diretoria do campus de viabilizar a instalação de um aparelho de ar-condicionado e de um forro na estrutura do telhado, além da recuperação, na área externa contígua, de uma pequena varanda com banheiros que era parte da escola criada em 1954 – e também a aprovação em edital da Pró-Reitoria de Extensão (Proex) de uma bolsa de quatro meses para o projeto “Organização e Sistematização das Atividades Culturais e Educacionais no Estúdio de Ensaios Musicais do CCA/UFSCar” (Atividade 23112.108940/2019-01).

Consolidava-se também a intenção do grupo de promover uma revalorização e fomentar novas formas de uso do conjunto predial da Senzala. Assim, no início de 2020 foi elaborado e apresentado um projeto de iniciação científica para levantar fontes de informação sobre a história da Senzala da antiga Fazenda Santa Escolástica³. Em março, o estúdio teve suas atividades suspensas em decorrência da pandemia de Covid-19.

Durante os dois primeiros anos da pandemia, 2020 e 2021, foi possível realizar algumas atividades culturais em formato on-line, adquirir alguns instrumentos (teclado, saxofone, percussões) e um amplificador de guitarra, além de realizar a instalação do forro acústico (com manta de 10 cm de lã de rocha ensacada e revestimento de forro de madeira) e a colocação de piso cerâmico. Também foi possível adquirir uma fechadura biométrica, considerada necessária para viabilizar a gestão de um amplo acesso ao local. Sua instalação, entretanto, começou a ser realizada apenas após o retorno presencial, em meados de 2022.

² Para mais informações e acesso a um expressivo acervo documental sobre a história do movimento negro em Araras (ACERVO CULTURAL AFRO-BRASILEIRO, 2023).

³ Poyares, G. A. **Histórias e memórias sobre a antiga Senzala no CCA/UFSCar**. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos. Projeto de Iniciação Científica aprovado no Edital Propq/Copict 2020/2021.

Pode-se dizer que se concluiu, assim, um primeiro grande ciclo de atividades voltadas para a estruturação do espaço físico do estúdio, ainda que deixando para um futuro próximo a instalação de um aparelho de ar-condicionado, de um banheiro mais próximo e outros aprimoramentos. A partir do retorno das atividades presenciais em 2022, a iniciativa passou a ter duas grandes metas a serem alcançadas: a organização de atividades formativas em música para os discentes, docentes e demais servidores eventualmente interessados e uma efetiva aproximação com a comunidade externa, especialmente os músicos e escolas da rede pública.

Além disso, a presença do estúdio em um dos barracões da antiga Fazenda Santa Escolástica despertou um interesse crescente pela história daquele espaço. Em 2022, foi possível identificar as construções remanescentes dos 10 mil m² do terreiro de café, originalmente em dois níveis, com três muretas de aproximadamente 1,20 m cada uma. É possível observar as muretas, parcialmente preservadas, no atual campo de futebol, por exemplo, que se prolonga até as proximidades do setor de serviços. Também foram localizadas as ruínas de áreas associadas ao estábulo, logo acima do barracão do bloco identificado como Senzala. Nesse processo, foram sendo delineadas algumas possibilidades de revitalização e revalorização do patrimônio histórico-arquitetônico do campus, ou seja, um importante desdobramento não previsto quando, inicialmente, se concebeu a criação do estúdio.

Condições sociais e educação musical entre universitários

Dados da pesquisa de campo realizada no CCA/UFSCar sumarizados na Quadro 1 permitem elaborar, a partir das respostas válidas para cada pergunta, uma caracterização do universo social aqui analisado. Do total de 459 questionários, 55,2% foram respondidos por mulheres e 43,6% por homens; 51,8% apresentavam idade até 21 anos, 36,2% tinham entre 22 e 25 anos, 9,4% tinham entre 26 e 38 anos e apenas 0,8% contavam com 40 anos ou mais.

Em relação aos cursos de graduação, 27% estavam matriculados em Engenharia Agrônoma, 24,6% em Ciências Biológicas, 19,6% em Agroecologia, 11,3% em Física, 10,9% em Química e 5,6% em Biotecnologia. Quanto ao ano de ingresso dos discentes que preencheram os questionários, temos: 24,0% de ingressantes em 2019, 17,9% em 2018, 17,0% em 2017, 20,9% em 2016 e 17% em anos anteriores. Os cotistas eram 35,9% e os não cotistas 63,4%. Os estudantes oriundos, de forma exclusiva ou preponderante, de escolas públicas de ensino médio somavam 51,8% e os de escolas privadas, 47,3%.

Os discentes entrevistados que consideravam ter tido boas oportunidades de estudar música constituíam 36,6% do total; 22% afirmaram que não tiveram acesso a boas oportunidades e outros 40% avaliaram que tiveram poucas oportunidades relacionadas ao ensino de música. Os discentes que estudaram música por um ano ou mais eram aproximada-

QUADRO 1 - Acesso ao ensino de música entre discentes do CCA/UFSCar em 2019 (%)

	% ref. total (459)	n.	Não estudaram música (%)	Estudaram música menos de um ano (%)	Estudaram música por um ano ou mais(%)
Total	100	459	33,5	32,7	32,5
Mulheres	55,1	253	38,8	34,0	27,2
Homens	43,6	200	28,9	31,4	39,5
Cotistas	35,9	165	42,3	29,4	28,2
Não cotistas	63,4	291	29,5	35,4	35,0
Ensino médio público	51,8	238	39,1	29,7	31,0
Ensino médio privado	47,5	218	28,3	36,7	34,8
Agronomia	27,9	128	33,5	32,0	34,3
Agroecologia	19,6	90	28,8	34,4	36,6
Biologia	24,6	113	35,1	36,1	28,7
Biotecnologia	5,7	26	30,7	30,7	38,4
Física	11,3	52	31,3	35,2	33,3
Química	10,9	50	46,9	26,5	26,5
C/ boas oportunidades	34,5	160	15,2	27,4	57,3
C/ poucas oportunidades	40,5	186	33,1	42,3	24,4
Não teve oportunidades	22,0	101	66,3	25,7	7,9

Fonte: Pesquisa de campo, 2019. Percentuais referentes ao total de 459 questionários, considerando apenas as respostas válidas

mente um terço do total: 32,4% (n = 149), resultado bastante similar ao dos que estudaram por um curto período, inferior a um ano (32,7%; n = 150) e ao dos que não chegaram a estudar qualquer instrumento musical (33,5%; n = 154). Essas três diferentes situações em relação às oportunidades de educação musical foram utilizadas como parâmetros para a caracterização social dos discentes pesquisados.

Esses dados permitem duas relevantes comparações iniciais relacionadas à relação entre desigualdade social e acesso à educação musical. Uma delas é a diferença de tempo dedicado ao estudo de música entre os gêneros: 38,8% das mulheres nunca estudaram música, contra 28,9% dos homens; 39,5% dos homens estudaram música por mais de um ano – e as mulheres, 27,2%. Um segundo contraste pode ser observado na diferença de tempo dedicado ao estudo de música entre alunos cotistas e não cotistas (homens e mulheres). Nunca estudaram música: 42,3% dos cotistas, 29,5% dos não cotistas. Estudaram música por mais de um ano: 28,2% dos cotistas, 35% dos não cotistas.

Um terceiro recorte comparativo possível diz respeito à importância do acesso a boas oportunidades de educação musical. Dentre os discentes que consideravam que não tiveram boas oportunidades de educação musical, 66,3% nunca estudaram música; diferentemente, apenas 15,2% dos alunos que consideram que tiveram boas oportunidade deixaram de aproveitá-las.

A Quadro 2 mostra que o acesso à educação musical é menos frequente entre universitários(as) que cursaram o ensino médio em escolas públicas do que os(as) que estudaram na rede privada. Além disso, ainda que as mulheres tenham estudado música em menor proporção, como vimos acima, não houve entre elas uma percepção de que suas oportunidades tivessem sido substancialmente menos favoráveis do que a dos homens, o que aponta para a relevância de pesquisas mais detalhadas sobre aspectos culturais na análise do acesso feminino à educação musical.

Dados complementares indicam que a vasta maioria dos(as) estudantes entrevistados(as) (90,6%) indicou a viabilidade de se conciliar os estudos acadêmicos na universidade com um aprendizado de música; apenas 8,7% estimavam como atividades incompatíveis. Predominava também a percepção de que o campus oferecia poucas condições e estímulos para atividades artísticas (85,8% do total).

O acesso à educação musical antes da universidade

Analisaremos nesta seção com mais detalhe as informações da pesquisa sobre os(as) estudantes que estudaram música por um ano ou mais e que correspondem a praticamente um terço do total (32,4%; n = 149). Levando em conta respostas múltiplas e discursivas, constata-se que, em relação ao total de 459 questionários, 17,9% estudaram violão, 6,5% guitarra, 6,1% algum tipo de flauta, 4,8% piano, 4,1% bateria e 3,9% teclado; mas há também os que, em menor número, estudaram baixo, viola caipira, cavaquinho, ukulele, berimbau, percussão, violino, clarinete, violoncelo, saxofone e trompete.

Também em relação ao total de discentes pesquisados (n = 459), 8% se dedicaram a algum instrumento por um período de um a três anos; 14,4% o fizeram por três a seis anos; e 9,6% por seis anos ou mais. Grande parte desse empenho ocorre com o recurso a aulas particulares, escolas de música, conservatórios. Assim, 12,4% tiveram aulas durante um ou dois anos; para 10,4%, as aulas ocorreram por um período de três a seis anos, e para 5%, por mais de seis anos; uma pequena parcela de 2,6% do total estudou algum instrumento por um ano ou mais, mas sem recorrer a aulas ou a elas recorrendo por menos de um ano.

Como mostra a Quadro 3, pouco mais da metade (54,4%; n = 81) dos que estudaram música por um ano ou mais chegou a tocar em dupla ou em grupo, o que correspon-

QUADRO 2 - Percepções de estudantes do CCA/UFSCar sobre educação musical em 2019 (%)

	n.	Tiveram boas oportunidades	Tiveram poucas oportunidades	Não tiveram boas oportunidades
Total	455	36,9	40,9	22,2
Mulheres	242	36,7	42,6	24,0
Homens	198	38,9	41,4	19,7
Cotistas	167	26,9	44,9	28,1
Não-Cotistas	287	41,8	39,4	18,8
Ensino Médio Público	236	27,5	44,5	28,0
Ensino Médio Privado	215	46,5	37,2	16,3

Fonte: Pesquisa de campo, 2019. Percentuais referentes ao total de 459 questionários, com pequenas variações no total de respostas válidas por pergunta

	Estudaram música por um ano ou mais (n = 149)	Referente ao total (n = 459)
Tocaram apenas sozinhos	31,5%	10,2%
Tocaram em grupo/dupla	54,3%	17,6%
Tocaram em estúdio	13,4%	4,3%
Tocaram em público	46,3%	15,0%
Atuaram profissionalmente	4,7%	1,5%
Tocavam ao ingressar na universidade	40,6%	13,2%
Não tocavam mais ao ingressar	59,5%	19,3%
Voltou a tocar após ingresso na universidade	5,6%	1,8%
Passou a tocar ainda mais	4,2%	1,4%
Continuou a tocar como antes	6,3%	2,0%
Reduziu um pouco a prática musical	9,1%	3,0%
Reduziu bastante a prática musical	25,2%	8,2%
Gostaria e pode tocar com discentes	21,5%	7,0%
Gostaria, mas não tem tempo/condições	51,7%	16,8%
Disponibilidade para ensinar	14,8%	4,8%
Ensinaria sem remuneração	10,1%	3,3%
Ensinaria com remuneração	4,2%	1,3%

Fonte: Pesquisa de campo, 2019

de a 17,6% do total de discentes pesquisados; cerca de 15% do total de discentes realizaram alguma apresentação musical em público; 4,3% tocaram em algum estúdio de ensaio ou gravação e 1,5% chegou a tocar profissionalmente; os que tocaram apenas sozinhos representam 10,2% do total, quase um terço dos que estudaram/praticaram música por um ano ou mais.

Dentre esses(as) discentes que chegaram a se dedicar à música por um ano ou mais, 57,0% já tinham abandonado a prática (n = 85) ao ingressar na universidade. Foram levantadas algumas informações sobre essa descontinuidade: 41,8% deixaram o estudo ou a prática musical nos dois anos anteriores ao ingresso na universidade, predominantemente durante o ensino médio; em 25,4% dos casos, essa interrupção ocorrera entre três e cinco anos antes do ingresso na universidade, ou seja, nos últimos anos do ensino fundamental; os demais 32,8% deixaram o estudo de música havia seis anos ou mais; por outro lado, 9,4% dos que haviam estudado música por mais um ano ou mais retomaram o estudo de música durante a graduação.

Entre os que estudaram música por um ano ou mais, 40,7% vinham mantendo essa atividade com alguma frequência no momento de ingresso na universidade. Durante os estudos de graduação, nesse subgrupo, 12,1% (n = 7) deram continuidade e 10,3% (n = 6) passaram a se dedicar ainda mais à prática musical, ou seja, pouco mais que um quinto do total. Mas 37,9% reduziram bastante, 20,7% (n = 12) re-

duziram um pouco e 18,9% interromperam as práticas musicais que vinham realizando. A pesquisa de campo revelou ainda que 10,3% do total de discentes pesquisados (n = 459) dedicaram entre uma e três horas semanais ao estudo ou prática de algum instrumento musical; 4,1% dispensaram entre quatro e oito horas semanais para essa atividade; e apenas 1,1% destinou oito horas ou mais por semana para a atividade musical. De qualquer forma, cerca de 15% dos graduandos pesquisados vinham praticando ou estudando música durante a graduação.

Entre os que estudaram música por um ano ou mais (n = 149), incluindo aqueles que já haviam deixado de praticá-la mesmo de ingressar na universidade, 24,8% (n = 37) indicaram que não tinham interesse em tocar com outros discentes; e 73,1% (n = 109) assinalaram que gostariam de participar de iniciativas dessa natureza; desses interessados em novas oportunidades de prática musical no ambiente universitário, 70,6% (n = 77) informaram que, apesar do interesse e disposição, não dispunham de tempo ou condições; e 29,4% (n = 32) estimavam que tinham tempo e condições e que poderiam participar de atividades musicais na universidade. Assim, 21,5% dos discentes que estudaram música por um ano ou mais (n = 149) manifestaram interesse e disponibilidade de tempo e condições para participar de atividades musicais no campus, o que abrange parte dos que interromperam o estudo de música antes do período universitário.

Do universo discente pesquisado (n = 459), 11,5% (n = 53) consideraram que tinham condições de ensinar outros discentes iniciantes interessados no aprendizado de música; 1,5% (n = 7) se considerava apto para o ensino de música em um nível intermediário; 4,8% indicaram que dispunham de tempo e condições para participar de atividades de extensão voltadas para o ensino de música; 3,3% afirmaram ter tempo/condições e manifestaram-se dispostos a ensinar outros discentes mesmo sem remuneração; e 1,3% afirmou que tinha tempo/condições e ensinaria outros discentes mediante algum tipo de contrapartida financeira.

O potencial da educação musical na universidade

Avaliaremos nesta seção os dados da pesquisa de campo realizada no CCA/UFSCar sobre o interesse pelo aprendizado e participação em práticas musicais. Os dados foram levantados, como informado acima, em um contexto em que começava a ser divulgado, informalmente, que o campus passaria em breve a contar com um estúdio de ensaios musicais e que poderia comportar iniciativas em educação musical.

Dos 459 discentes de graduação que participaram da pesquisa, 33,5% (n = 154) não chegaram a estudar música antes de ingressar na universidade e 32,7% (n = 150) estudaram menos que um ano. Nesses dois grupos que não tiveram formação musical ou a tiveram de forma muito breve, o interesse em aprender a tocar algum instrumento musical foi apontado por 53,9% (n = 164); a disposição para cantar foi indicada por 15,8% (n = 48) dos entrevistados nesse subgrupo, em sua maior parte (9,5%; n = 29) com interesse em também aprender a tocar algum instrumento.

Assim, nesse subgrupo, o total de discentes interessados em cantar e/ou em aprender a tocar algum instrumento chegou a 60,1% (n = 183); e os que, além disso, indicavam disponibilidade de tempo e condições foi de 36,2% (n = 110). Vale notar que, como mostrado acima, entre os discentes que estudaram música por um ano ou mais, a indicação de interesse e disponibilidade de tempo/condições para a prática musical foi bem menor: 21,5%.

Dentre os 459 discentes pesquisados, 49,7% manifestaram interesse por algum instrumento específico (n = 228, com repostas espontâneas e múltiplas), sendo que 28,5% indicaram violão (n = 131), 11,4% piano (n = 53), 7,3% violino (n = 33), 6,1% teclado (n = 28), 6,1% bateria (n = 28), 3,5% flautas (n = 16), 3,2% baixo (n = 15), 3,0% guitarra (n = 14), 3,0% viola caipira (n = 14) e 2,8% percussões (n = 13); outros instrumentos citados, em menor frequência, por alguns discentes foram: gaita, ukulele, saxofone, sanfona e violoncelo, entre outros.

Há entre os discentes pesquisados (n = 459, respostas múltiplas) uma expressiva variedade de estilos musicais preferidos: rock (287), MPB (285), música sertaneja (198), blues (164), samba (162), funk (149), música de raiz (148), pago-

de (149), hip-hop (137) jazz (131) e bossa nova (102). Além destes, foram mencionados, espontaneamente, música clássica, eletrônica, reggae, instrumental, pop e indie, entre outros.

Durante a graduação, 18,3% dos discentes participaram de alguma atividade musical, como, por exemplo, a Batucana, um grupo de choro em um projeto de extensão, a apresentação em saraus e eventos, a atuação em bandas ou orquestras, em aulas de algum instrumento, em cantorias em repúblicas; mas a vasta maioria (81,7%; n = 375) não chegou a citar qualquer participação em atividades musicais durante sua vivência estudantil universitária.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diversos estudos evidenciam a relação entre desigualdade social e acesso à educação musical; no mesmo sentido, a pesquisa de campo realizada no CCA/UFSCar mostra que os(as) discentes de graduação que cursaram o ensino médio em escolas privadas tiveram melhores oportunidades e estudaram música em maior proporção e por mais tempo em comparação com os(as) discentes oriundos das escolas da rede pública; e que as mulheres, ainda que tenham expressado a percepção de que tiveram oportunidades não muito distintas daquelas verificadas entre os homens, acabaram por ter um acesso proporcionalmente menor. Esse cenário aponta para a importância e a atualidade de pesquisas com enfoques sociais, econômicos e culturais nos processos de educação musical nas instituições de ensino.

Sabe-se que na educação musical no Brasil predominam as aulas particulares e em conservatórios e escolas de música, ou seja, no universo da educação não formal privada, ainda que se possa indicar as atividades realizadas na rede pública de ensino e projetos realizados, fora do ambiente escolar, por prefeituras, governos estaduais e organizações não governamentais. Por outro lado, entre os que acessam as opções disponíveis, há uma certa descontinuidade nesse aprendizado durante o ensino básico, fundamental, médio e também na universidade.

Parte expressiva dos estudantes universitários que tiveram pouco acesso à educação musical manifestou interesse em novas oportunidades de educação musical durante a graduação. As ações visando o acesso à educação musical na universidade, como é o caso do Estúdio de Ensaios Musicais no CCA/UFSCar, relatado acima, podem ser interpretadas como uma forma de reconhecer os limites no acesso à educação musical e de oferecer novas oportunidades à comunidade estudantil.

A instalação de estúdios para o público universitário em geral pode contribuir para a formação artística e cultural de discentes, docentes, técnicos e comunidade externa, sobretudo quando se leva em conta que poucas pessoas conhecem e têm acesso a esse tipo de equipamento. O recurso à

formação de *comunidades de aprendizagem*, caracterizadas por maior horizontalidade e informalidade nas interações educacionais, pode ser uma das opções sobretudo para os contextos onde não há a disponibilidade de professores voltados especificamente para o ensino de música. Vale destacar que há vinculações inesperadas entre as ações voltadas para a educação musical e outros aspectos da cultura e da educação – e no caso específico do CCA/UFSCar, a instalação do Estúdio de Ensaio levou a uma proposta de pesquisa e de revalorização do patrimônio arquitetônico da antiga Senzala que compõe o espaço do campus.

A promoção da educação musical no ensino superior apresenta, portanto, um grande potencial a ser explorado, pois, além de democratizar o acesso à cultura e à melhoria da sociabilidade e da qualidade de vida, permite ampliar a realização de atividades artísticas durante eventos científicos e culturais dentro e fora do espaço universitário, bem como o estabelecimento de novas relações com a comunidade externa, a realização de programas de extensão em musicalização para públicos específicos com menores condições de acesso e a possibilidade de criação de vinculações locais com professores de música na rede de ensino público básico, fundamental, médio e educação de jovens e adultos, entre outras possibilidades.

A pesquisa de campo aqui apresentada foi realizada apenas com discentes, mas há interesse, ainda a ser melhor conhecido, por parte de docentes e demais servidores. Além disso, outros temas para futuras pesquisas qualitativas podem ser assinalados, como, por exemplo, os fatores de abandono no estudo de música, inclusive durante o ensino superior, as diferenças nas oportunidades e mecanismos de acesso entre estudantes de escolas públicas e privadas, os aspectos culturais na construção da desigualdade entre homens e mulheres e as peculiaridades e efetividade das iniciativas voltadas para a promoção da educação musical entre o público universitário em geral.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACERVO CULTURAL AFRO- BRASILEIRO – ACAFRO. MÃES através e em todos os Tempos...OBÁ XIRÊ Mamãe!!! AXÉ!!! Araras, 2023. Disponível em: <<https://acafroararas.wordpress.com/>>. Acesso em: 8 mar. 2023.
- ADORNO, T. W. Introdução à Sociologia da Música. São Paulo: Editora Unesp, 2011
- ALMEIDA, C. M. G. O multiculturalismo nas políticas públicas para a cultura, artes e música: a educação musical intercultural. In: CONGRESSO DA ANPPON, 16., 2006, Brasília. **Anais...** Brasília: UnB, 2006. p. 99-103.
- ARROYO, M. Música na educação básica: situações e reações nesta fase pós-LDBEN/96. **Revista da ABEM**, Porto Alegre, v. 10, p. 29-34, 2004.
- BASTOS, R. J. M. Esboço de uma antropologia da música: para além de uma Antropologia sem música e de uma musicologia sem homem. **Anuário Antropológico**, Brasília, v. 18, n. 1, p. 9-73, 1995.
- BORGES, D. S. L.; ALMEIDA, E. C. Musicalização, estratégia mnemônica para a compreensão dos conteúdos de biologia na EJA. **Revista Científica Interdisciplinar**, Campos dos Goytacazes, v. 2, n. 4, p. 27-40, 2015.
- BOUFLEUR, E. M. Musicalização na educação infantil: uma reflexão sobre as contribuições da música no desenvolvimento da criança. **Revista Magsul de Educação da Fronteira**, Ponta Porã, v. 2, n. 1, p. 48-70, 2017.
- BOURDIEU, P. Quelques propriétés des champs. In: BOURDIEU, P. **Questions de sociologie**. Paris: Ed. de Minuit, 1984. p. 113-120.
- BREUNER, B. **The birth of musicology from the spirit of evolution: Ernest Haeckel's entwicklungslehre as central component of Guido Adler's methodology for musicology**. 2011. 258 f. Dissertation (Doctor of Philosophy)-Department of Music, University of Pittsburgh, 2011.
- CAMPOS, L. M. A música e os músicos como problema sociológico. **Revista Crítica de Ciências Sociais**, Coimbra, n. 78, p. 71-94, 2007. <http://dx.doi.org/10.4000/rccs.756>.
- DIAS, A. P. P. **Um estudo sobre música, educação musical e contexto na comunidade quilombola de Capoeiras do Rio Grande do Norte**. 2013. 104 f. Monografia (Licenciatura em Música)-Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2013.
- FERNANDES, J. N. Educação musical de jovens e adultos na escola regular: políticas, práticas e desafios. **Revista da ABEM**, Porto Alegre, v. 13, n. 12, p. 35-41, 2014.
- FIGUERÊDO, M. S. Fronteiras na Educação Musical com Idosos: um estudo de caso com características multidisciplinares. In CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO, 18., 2008. **Anais...** Salvador: UFBA, 2008.
- FONTEERRADA, M. Ciranda de Sons: práticas criativas em educação musical. São Paulo: Ed. Unesp Digital, 2015.
- FUCCI-AMATO, R. **Escola e educação musical:(des) caminhos históricos e horizontes**. Campinas: Papirus, 2016.
- GOHN, M. G.; STRAVACAS, I. O papel da música na educação infantil. **EccoS – Revista Científica**, São Paulo, v. 12, n. 2, p. 85-103, 2010.
- GOMES, H. C.; MANRIQUE, A. A musicalização (Ritmo-Som-Corporeidade) como intervenção neurocognitiva de Habilidades Matemáticas. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, São Paulo, v. 6, n. 1, p. 75-83, 2015. <http://dx.doi.org/10.26843/rencima.v6i1.1036>.
- GORDON, E. E. Teoria de aprendizagem musical: competências, conteúdos e padrões. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2000.
- GREEN, L. Pesquisa em Educação Musical. **Revista da ABEM**, Porto Alegre, v. 4, n. 4, p. 25-35, 1997.

- KEBACH, P. F. C. **Musicalização coletiva de adultos: o processo de cooperação nas produções musicais em grupo.** 2008. 301 f. Tese (Doutorado em Educação)-Faculdade de Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.
- KLEBER, M. O. Práticas musicais em ONGs: possibilidades de inclusão social e o exercício da cidadania. **Fênix - Revista de História e Estudos Culturais**, Uberlândia, v. 5, n. 2, p. 1-24, 2008.
- LAZZARIN, L. F. Por uma crítica à Nova Filosofia da Educação Musical. **Educação e Realidade**, Porto Alegre, v. 30, n. 1, p. 103-124, 2005.
- LIMA, J. C. Práticas docentes e inclusão de idosos na área de educação musical. In: ENDIPE, 18., 2016. **Anais...** Cuiabá: UFMT, 2016.
- LOURO, A. L.; SOUZA, J. (Org.). **Educação musical, cotidiano e ensino superior.** Porto Alegre: Tomo Editorial, 2013.
- MARTÍNEZ, A. M. G. La música en el ámbito educativo: las comunidades de aprendizaje. **International Journal for 21st Century Education**, Córdoba, v. 3, n. 1, p. 15-24, 2016.
- NOVIKOFF, C.; GOMES, H. C. Novos conceitos de musicalização para educação ambiental. **Revista Magistro**, Rio de Janeiro, v. 1, n. 11, p. 116-135, 2015.
- PAGES, T.; WILLE, R. B. Educação musical e gênero: um estudo a partir do olhar de adolescentes sobre as mulheres. In: CONGRESSO NACIONAL DA ABEM, 23., 2017, Manaus. **Anais...** Manaus: UFAM, 2017.
- PAIVA, B. B. **A musicalização dos surdos: um relato de experiência de musicalização de alunos do Centro de Atendimento aos Surdos (CAS/Natal-RN).** 2012. 88 f. Monografia (Licenciatura em Música)-Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2012.
- PENNA, M. Professores de música nas escolas públicas de ensino fundamental e médio: uma ausência significativa. **Revista da ABEM**, Porto Alegre, v. 7, p. 7-19, 2002.
- PEREIRA, M. V. M. Fundamentos teórico-metodológicos da pesquisa em educação: o ensino superior em música como objeto. **Revista da FAEBA: Educação e Contemporaneidade**, Salvador, v. 22, n. 40, p. 221-233, 2013.
- PIEIDADE, A. T. C. Música instrumental brasileira e fricção de musicalidades. **Antropologia em Primeira Mão**, Florianópolis, v. 21, p. 383-398, 1997.
- PIRES, N. A identidade das licenciaturas na área de música: multiplicidade e hierarquia. **Revista da ABEM**, Porto Alegre, v. 9, p. 81-88, 2003.
- RIBAS, M. G. C. **Música na educação de jovens e adultos: um estudo sobre práticas musicais entre gerações.** 2006. 199 f. Tese (Doutorado em Música)-Instituto de Artes, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.
- ROMERO, N. H. A influência da educação musical na transmissão de papéis sociais associados ao gênero. **Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação**, Araraquara, v. 5, n. 1, p. 81-92, 2010.
- SANTOS, C. B. Aula de música e escola: concepções e expectativas de alunos do ensino médio sobre a aula de música da escola. **Revista da ABEM**, Porto Alegre, v. 20, p. 79-92, 2012.
- SHEPHERD, J. Music, culture and interdisciplinarity: reflections on relationships. **Popular Music**, v. 13, n. 2, p. 127-141, 1994. <http://dx.doi.org/10.1017/S026114300006991>.
- SIQUEIRA, R. A. M. **Artivismo, gênero e educação musical: perspectivas para uma transformação social.** 2019. 90 f. Monografia (Licenciatura em Música)-Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2019.
- SOUZA, J. A educação musical como campo científico. **Olhares & Trilhas**, Uberlândia, vol. 22, n. 1, 2020.
- SOUZA, L. V. F. et al. O vínculo na musicalização de crianças em situação de abrigo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA, 7., 2016, Outro Preto. **Anais...** Outro Preto: UFOP, 2016.
- TOMÁS, L. Uma reflexão sobre a estética musical e a Filosofia da Música. **Ouvirouer**, Uberlândia, n. 5, p. 168-173, 2009.

Programa de Avaliação da Fertilidade do Solo do CCA/UFSCar: relevância social, científica e acadêmico-pedagógica

Soil Fertility Assessment Program of CCA/UFSCar: social, scientific, and academic-pedagogical relevance

Marcio Roberto Soares¹ 
José Carlos Casagrande² 

¹Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Centro de Ciências Agrárias (CCA), Departamento de Recursos Naturais e Proteção Ambiental (DRNPA-Ar), Araras, SP, Brasil. mrsoares@ufscar.br

²Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Centro de Ciências Agrárias (CCA), Departamento de Recursos Naturais e Proteção Ambiental (DRNPA-Ar), Araras, SP, Brasil. bighouse@ufscar.br

RESUMO O Programa de Avaliação da Fertilidade do Solo do CCA/UFSCar – Campus de Araras/SP, criado em 1994, é gerenciado com base na articulação entre Extensão, Ensino e Pesquisa. O programa oferece prestação de serviços de análises químicas de solo, tecido vegetal, resíduos e subprodutos agroindustriais, fertilizantes e corretivos agrícolas, além de diagnósticos e recomendações para o manejo sustentável da fertilidade do solo, permitindo a apropriação de conhecimento tecnológico por diversos segmentos da sociedade (produtores agrícolas e agroindustriais, gestores ambientais, autoridades públicas, profissionais, pesquisadores e estudantes). Isso possibilita a construção de vasto acervo de situações agrícolas e ambientais, com grande relevância pedagógica, no aprimoramento de disciplinas de graduação e de pós-graduação, e científica, na concepção de projetos de pesquisa. A produção científica do programa está associada a linhas de pesquisa com comportamento de íons (nutrientes e contaminantes) em solos, recuperação de solos em áreas degradadas e em ecossistemas naturais (Cerrado, Mata Atlântica, Restinga, Matas Ciliares), solos com fertilidade construída e fontes alternativas e tecnológicas de nutrientes para plantas, com divulgação de resultados em 84 artigos de periódicos, 217 trabalhos em congressos científicos nacionais e internacionais e 21 capítulos de livros. O programa coordenou 74 orientações de alunos de graduação em nível de iniciação científica, 26 dissertações de mestrado, 6 teses de doutorado e 33 trabalhos finais de graduação. Os docentes pesquisadores do programa participam em projetos de colaboração interinstitucional que auxiliam na elaboração de instrumentos legais voltados para a recuperação de áreas degradadas (Projeto de Políticas Públicas para Recuperação de Áreas Degradadas, do Instituto de Botânica de São Paulo, e Projeto Mata Ciliar – Recuperação de Matas Ciliares do Estado de São Paulo, da Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo – SMA/SP)



Este é um capítulo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença [Creative Commons Attribution](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

e para o gerenciamento de áreas contaminadas (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – Cetesb).

Palavras-chave: Programa de extensão universitária; análise de solo; recomendação de adubação e calagem; nutrição mineral de plantas; fertilizantes e adubação.

ABSTRACT The Soil Fertility Assessment Program (UFSCar - Center for Agricultural Sciences - Araras/SP *Campus*) was implemented in 1994 and is managed on the articulation between Extension, Teaching, and Research. The Program offers services of chemical analysis of soil, plant tissue, agro-industrial residues and by-products, fertilizers, and agricultural liming materials, in addition to diagnoses and recommendations for the sustainable management of soil fertility, allowing the appropriation of technological knowledge by various segments of society (farmers and agroindustry, environmental managers, public authorities, professionals, researchers, and students). This enables the construction of a vast collection of agricultural and environmental situations, with great pedagogical relevance, in the improvement of undergraduate and graduate courses, and scientific significance, in the design of research projects. The Program's scientific production is associated with research lines on the behavior of ions (nutrients and contaminants) in soils, soil recovery in degraded areas and in natural ecosystems (Cerrado, Atlantic Forest, Restinga, Riparian Forests), soils with built-in fertility, and alternative and technological sources of nutrients for plants. Important results were published in 84 primary research papers, 217 abstracts in national and international scientific events, and 21 book chapters. The Program coordinated 74 supervisions of undergraduate students at the scientific initiation level, 26 master's dissertations, 6 doctoral theses, and 33 final undergraduate term papers. The Program's researchers participate in projects of inter-institutional collaboration to help in the elaboration of legal instruments aimed at the recovery of degraded areas (Project of Public Policies for the Recovery of Degraded Areas - Botany Institute of São Paulo, and the Riparian Forest Project - Recovery of Riparian Forests in the State of São Paulo – Environment Secretary of the State of São Paulo) and for the management of contaminated areas (Environmental Company of the State of São Paulo - CETESB).

Keywords: University extension program; soil analysis; fertilization and liming recommendations; plant mineral nutrition; fertilizers and fertilization.

1. BREVE HISTÓRICO DO PROGRAMA DE AVALIAÇÃO DA FERTILIDADE DO SOLO

O Laboratório de Fertilidade do Solo foi instalado pela Estação Experimental Central Sul – Araras/SP do Instituto do Açúcar e do Alcool (IAA), autarquia do governo federal extinta em 1990. Com a incorporação da Estação Experimental pela UFSCar para a criação do Centro de Ciências Agrárias (UFSCar/CCA) – Campus Araras em 1991, o laboratório iniciou sua reativação. Em 1994, foi criado o Programa de Extensão “Avaliação da Fertilidade do Solo – Análises Químicas, Diagnósticos e Recomendações”, ofertado regular e continuamente junto à Pró-Reitoria de Extensão (ProEx-UFSCar). O programa foi idealizado e viabilizado pelo Prof. Dr. José Carlos Casagrande, pesquisador da Embrapa/CNPQ-MS (1976 -1979) e do IAA Coordenadoria

Sul (1980-1990), coordenador do Programa Nacional de Melhoramento Genético de Cana-de-Açúcar (Planalsucar – Região Sul/Sudeste/Centro-Oeste) (1986-1990) e docente do Departamento de Recursos Naturais e Proteção Ambiental (DRNPA-Ar) da UFSCar desde 1991.

Após a desativação do IAA-Planalsucar, a Ridesa (Rede Interinstitucional de Desenvolvimento do Setor Sucroalcooleiro) deu continuidade ao trabalho de pesquisa e desenvolvimento de novas variedades de cana-de-açúcar juntamente com universidades federais. Em 1991, foi criado o Programa de Melhoramento Genético de Cana-de-Açúcar (PMGCA) da UFSCar. Com recursos da Fundação de Apoio Institucional ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FAI-UFSCar), o PMGCA-UFSCar colaborou com a aquisição e manutenção dos equipamentos de instrumen-

tação analítica para a retomada das análises químicas de solo, tecido vegetal, resíduos agroindustriais, corretivos, condicionadores e fertilizantes pelo Laboratório de Fertilidade do Solo, possibilitando o atendimento à comunidade científica da UFSCar e a prestação de serviços de cunho extensionista aos produtores rurais, empresas agrícolas e agroindústrias. Em meados de 2001, houve a reforma da infraestrutura do laboratório com recursos do projeto Finep/FNDCT/CT-Infra de 01/2001. Com subsequentes auxílios financeiros de projetos de pesquisa aprovados pelo CNPq e pela Fapesp, houve a manutenção e a modernização da instrumentação analítica do laboratório e a reforma da casa-de-vegetação (Figura 1), infraestrutura anexa ao laboratório e ao programa para o desenvolvimento de projetos de ensino, pesquisa e extensão.

A crescente demanda pelos serviços de análise química prestados pelo laboratório foi atendida, por quase 30 anos, pela equipe técnico-operacional composta pelos técnicos de laboratório João Luiz Consonni e Antônio Campagna, com apoio do auxiliar em agropecuária José Roberto de Andrade. Com respaldo e supervisão da FAI-UFSCar, as atividades ad-

ministrativo-financeiras do laboratório foram desempenhadas por Vanessa Paiva e, desde 2009, por Larissa Roversi Pastorello. Em 2006, o Prof. Dr. Marcio Roberto Soares, egresso da III Turma do curso de graduação em Engenharia Agrônoma do CCA/UFSCar, passou a integrar o corpo docente do DRNPA-Ar e, juntamente com o Prof. Dr. José Carlos Casagrande, a equipe técnico-científica permanente do laboratório e do Programa de Fertilidade do Solo.

Em atendimento às diretrizes da UFSCar, o programa de extensão tem sido gerenciado com base na indissociável articulação entre extensão, ensino e pesquisa. Com esse propósito institucional, além das análises químicas, diagnósticos e recomendações para o manejo sustentável da fertilidade do solo, o programa oferece suporte para inúmeros outros objetivos, tais como: pesquisas de campo sobre eficiência agrônoma de fertilizantes e corretivos para culturas agrícolas; diagnósticos de situações-problema sobre fertilidade do solo; recomendações técnicas de manejo químico do solo e para melhoria da produtividade das culturas; pesquisas e cursos de capacitação técnica sobre recuperação de áreas degradadas; pesquisas básicas sobre adsorção de cátions e



FIGURA 1 - Infraestrutura do Laboratório de Fertilidade do Solo do CCA/UFSCar – Campus de Araras: (A) recepção de amostras; (B) processamento de amostras; (C) instrumentação analítica; (D) casa-de-vegetação.

ânions em solos; orientação, suporte, treinamento e auxílio para alunos de graduação e pós-graduação em projetos de pesquisa e aulas; divulgação de artigos técnico-científicos em periódicos e em congressos nacionais e internacionais; desenvolvimento de pesquisa em colaboração com outras instituições; elaboração de laudos técnicos para empresas do setor privado. A partir da significativa participação de estudantes, parcerias interinstitucionais para desenvolvimento de pesquisa e atendimento aos pequenos e médios produtores rurais, empresas do setor de tecnologia de nutrição vegetal, cooperativas agrícolas e usinas sucroenergéticas, o programa tem alcançado resultados que superam os propósitos majoritariamente extensionistas.

2. RELEVÂNCIA SOCIAL

O Programa de Fertilidade do Solo apresenta elevada relevância social em razão de sua aptidão primordialmente extensionista. Através do intercâmbio universidade-sociedade, ocorre a apropriação de conhecimento tecnológico por grande número de usuários, principalmente aqueles com maiores dificuldades de acesso a esse conhecimento especializado, que resulta na otimização dos custos de produção com o manejo químico do solo, com elevação da renda pelo aumento da produtividade agrícola, e no uso racional de fertilizantes, corretivos e condicionadores do solo, preservando o meio ambiente, restituindo e mantendo o potencial produtivo das áreas agrícolas e colaborando na recuperação de áreas degradadas.

O aprimoramento e a manutenção da fertilidade do solo, assim como a otimização da eficiência nutricional, são de grande importância na produção das culturas de interesse econômico. O conceito de boas práticas para o uso racional e eficiente de fertilizantes, corretivos e condicionadores do solo engloba a escolha da fonte ou produto, a definição da quantidade a ser aplicada e a época e o local de aplicação, parâmetros definidos a partir de resultados da análise química de amostras de solo. O uso da análise do solo como instrumento básico de diagnose da fertilidade é indispensável em um programa de utilização econômica, agrônômica e ambientalmente correta de corretivos e de fertilizantes em uma propriedade agrícola. As etapas de um programa adequado de correção e de adubação do solo incluem a seleção e o conhecimento da área de cultivo, a elaboração de um plano de amostragem, a coleta das amostras de solo, a escolha de laboratórios idôneos para o envio e análise das amostras, a busca de auxílio profissional para a interpretação dos resultados e para a recomendação adequada do tipo e da quantidade de corretivos e fertilizantes, a aplicação correta dos insumos e, finalmente, o estabelecimento de planos de amostragem de tecido vegetal, para validação ou verificação da necessidade de ajustes no programa de adubação.

A contribuição dos fertilizantes, corretivos e condicionadores do solo para o aumento da produtividade das cultu-

ras é da ordem de 30-50%. Os fertilizantes representam um dos principais custos operacionais dos produtores agrícolas brasileiros (cerca de 30%) e tiveram expressivo aumento dos preços no período de 2020-2022, em razão da pandemia de Covid-19, do aumento dos custos de matérias-primas envolvidas na cadeia de produção dos fertilizantes (minérios, petróleo, gás natural, insumos da indústria química etc.), do elevado nível de dependência brasileira das importações (80%) e da vulnerabilidade às oscilações do mercado, sobretudo aquelas decorrentes do recente conflito entre a Rússia e a Ucrânia.

Desde o início do funcionamento do laboratório, o número total de amostras analisadas sempre esteve entre 15 e 20 mil anualmente, sendo cerca de 70% de análises químicas de solo. Com o propósito de manter o compromisso de garantir e de monitorar a qualidade das análises químicas, o Programa de Fertilidade do Solo participa dos seguintes Programas de Qualidade: (i) Programa de Controle de Qualidade de Análises de Solo do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), por meio do sistema de “Ensaio de Proficiência (EP)”, reconhecido pelo Inmetro (Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia – Normas Nit-Dicla 026, de 06/2003) (INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA, 2003) e pelo EPTIS (The International Proficiency Testing Information System – Berlim/Alemanha). As análises de amostras de solo devem estar alinhadas aos métodos oficiais contidos na publicação “Análise Química para Avaliação da Fertilidade de Solos Tropicais” (VAN RAIJ et al., 2001). A aderência dos resultados analíticos aos critérios estatísticos de avaliação (<https://lab.iac.sp.gov.br/normas.html>) permite o acesso aos selos de qualidade para o conjunto analítico básico ($\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$, matéria orgânica, P_{resina} , K, Ca, Mg, H+Al, Al, e S-SO_4^{-2}) e micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn e Zn); (ii) Programa Interlaboratorial de Análise de Tecido Vegetal (PIATV), realizado pela Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (SBCS) e coordenado pela Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo (Esalq/USP). As análises de amostra de tecido vegetal devem ser executadas de acordo com os protocolos contidos na publicação “Avaliação do Estado Nutricional das Plantas: Princípios e Aplicações” (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997). Ao atingir os padrões de qualidade (conceitos A e B) conforme a avaliação estatística, o laboratório obtém o certificado de aprovação e a autorização para uso do selo de qualidade analítica para os teores foliares de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn (<https://www.piatv.com.br/>).

Os médios, mas principalmente os pequenos produtores, são os que mais necessitam de orientação técnica para recomendação de calagem, gessagem e adubação das culturas, mas também são os que mais relatam dificuldade de acesso a esse tipo de auxílio. Um levantamento regional sobre o consumo de fertilizantes, a solicitação de análise de

solo e o acesso à assistência técnica foi realizado pelo Programa de Fertilidade do Solo em diversas unidades de produção agrícola de pequeno e de médio portes da região de Araras-SP (SOARES et al., 2009). As visitas às propriedades foram feitas por discentes do curso de graduação em Engenharia Agrônoma do CCA/UFSCar, vinculados aos projetos do programa e ao GEFERT (Grupo de Estudos e Pesquisa em Fertilidade do Solo) (Figura 2).

O contato com os produtores agrícolas permitiu a oportunidade aos estudantes de aplicar o conhecimento adquirido no ambiente universitário e de presenciar e vivenciar as dificuldades com as quais os produtores se deparam. Por outro lado, os pequenos e médios produtores constataram a possibilidade de acesso à informação e à orientação técnica, estreitando o contato entre a universidade, a sociedade e o setor produtivo. Os resultados do projeto refletiram a ausência de tecnologia e de acompanhamento técnico no que se refere ao manejo da fertilidade do solo e da nutrição mineral de plantas. Embora cerca de 80% dos produtores possuam o hábito de solicitar análise química de solo, a grande maioria (72%) não é apta a interpretar os resultados e admite (90%) que necessita de orientação técnica para melhorar suas atividades agrícolas. Mais de 50% dos produtores baseiam-se na própria experiência para a prática da adubação e não possuem um programa adequado de acompanhamento da fertilidade do solo. A correção do solo pela calagem é feita pela maioria dos produtores, mas sem critérios de dosagem e de frequência de aplicação do calcário agrícola. Poucos produtores conhecem os efeitos da aplicação do gesso agrícola como condicionador do ambiente radicular de subsuperfície. A análise de tecido vegetal é uma ferramenta pouco utilizada pelos produtores para avaliar a

necessidade de ajustes no programa de adubação. Mais de 90% dos produtores consultados entendem que o uso inadequado de fertilizantes deve causar algum impacto ambiental. O problema mais recorrente das análises químicas está relacionado com a amostragem inadequada do solo, por falta de conhecimento do produtor.

Anualmente é emitida cerca de uma centena de recomendações de calagem, gessagem e adubação para as mais diversas culturas, elaboradas pelo programa conforme o Boletim Técnico 100 do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) – “Recomendações de Adubação e Calagem para o Estado de São Paulo” (VAN RAIJ et al., 1997; CANTARELLA et al., 2022). A prestação de serviço, com análises químicas de amostras, diagnóstico e recomendação, é avaliada como de baixo custo, considerando que as informações geradas para o produtor possibilitam racionalidade de uso de fertilizantes, otimização dos custos envolvidos na operação e minimização de impactos ambientais negativos decorrentes do uso indevido desses insumos. A apresentação de resultados das análises químicas do solo é um dos requisitos para o produtor ter acesso ao financiamento do Pronaf (Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar) para custeio de calcário, gesso agrícola e fertilizantes. A medida busca promover o uso de tecnologias que proporcionem melhores condições para o desenvolvimento das atividades agrícolas, com maior conservação dos recursos naturais e manejo adequado do solo.

A partir de 2004, o Programa de Fertilidade do Solo passou a desenvolver projetos de pesquisa em campo com algumas empresas do setor privado, através da atividade de extensão “Manejo da produção agrícola da cana-de-açúcar”. Novas frentes de prestação de serviço de natureza ex-



FIGURA 2 - Discentes do curso de Engenharia Agrônoma do CCA/UFSCar e do GEFERT – Grupo de Estudos em Fertilidade do Solo (Rafael José Rovêa e Bruno Milan, egressos da XIII Turma) com produtor rural do núcleo São Bento, Araras-SP; Projeto do Programa de Fertilidade do Solo “Consumo de fertilizantes e utilização da análise de solo por pequenos e médios produtores agrícolas da região de Araras-SP”, apoiado pela Pró-Reitoria de Graduação | ProGrad-UFSCar.

tensionista foram abertas com a possibilidade de ensaios para avaliação de fertilizantes aplicados via solo e foliar, para diferentes condições edafoclimáticas de cultivo da cana-de-açúcar, com algumas propostas conduzidas juntamente com os professores Dr. Luiz Carlos Ferreira da Silva e Dr. Miguel Ângelo Maniero, do DRNPA-Ar. A partir de 2010, a atividade de extensão “Tecnologia de fontes de nutrientes para culturas agrícolas”, organizada e proposta pelos professores Dr. Marcio Roberto Soares e Dr. José Carlos Casagrande, passou a ser ofertada regularmente pelo programa, com vistas à ampliação da prestação de serviços voltados para ensaios de eficiência agronômica de produtos de empresas do setor de tecnologia de nutrição vegetal. Esse segmento do agronegócio tem registrado expressivos crescimentos anuais a partir de inovações com fertilizantes foliares, organominerais e de eficiência aprimorada (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE TECNOLOGIA EM NUTRIÇÃO VEGETAL, 2021). Para algumas empresas, também são realizadas análises químicas para o controle de qualidade de fertilizantes, corretivos e condicionadores do solo. Em algumas ocasiões, muitas empresas consideram oportuna a solicitação de ensaios sobre a eficiência agronômica de seus produtos, desenvolvidos pelo programa em campo experimental, casas-de-vegetação, viveiros ou laboratório. Dentre as empresas do setor privado que estabeleceram alguma forma de parceria com o programa, citam-se: IPNI – International Plant Nutrition Institute, Agroexata – Precisão em Agropecuária, Valagro, Euroforte Agrociências, Haifa Group, Yoorin Fertilizantes, Nutrisafra Fertilizantes, Ballagro AgroTecnologia, Microquímica Tradecorp, NaturaFértil, Orga Fertilizantes Orgânicos, Grupo Vigna Brasil, Kimberlit Agrociências, Hinoze Agrociência, Fertilizantes Heringer, Fertilizantes Tanaka, Camará® – Mudanças Florestais, Korin Agricultura e Meio Ambiente, DuPont Pioneer, Biosoja Agrociência, Calcário Partecal, Produquímica Compass Minerals, Morgan – Sementes e Biotecnologia, Nexsteppe Sementes do Brasil e Pirai Sementes. Em 2022, experimentos com adubação e nutrição mineral de cana-de-açúcar foram instalados em parceria com o PMGCA-UFSCar, com o propósito de atualizar o conhecimento sobre o requerimento nutricional de variedades RB de cana-de-açúcar mais recentemente liberadas para cultivo.

A partir de 2003, os pesquisadores do programa iniciaram a participação no Projeto de Políticas Públicas – Recuperação de Áreas Degradadas, financiado pela Fapesp (Processo nº 03/06423-9) e sob coordenação do diretor geral do Instituto de Botânica de São Paulo (IBt-SP), Dr. Luiz Mauro Barbosa, e no Projeto Mata Ciliar – Projeto de Recuperação de Matas Ciliares do Estado de São Paulo, financiado pelo Global Environment Facility (GEF) e Banco Mundial em parceria com a Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo (SMA-SP). Os projetos foram multidisci-

plinares, com a participação do IBt-SP, especialmente da Coordenação Especial para Restauração de Áreas Degradadas (Cerad), CCA/UFSCar, Esalq/USP, Unesp/Campus de Rio Claro, Centro de Energia Nuclear na Agricultura (Cena/USP) e SMA-SP. Desde então, o programa buscou a aplicação dos fundamentos teóricos da Fertilidade do Solo e da Nutrição Mineral de Plantas, normalmente restritos aos propósitos agronômicos, na compreensão da relação solo-planta em ecossistemas naturais e na construção de estratégias de recuperação de solos em áreas degradadas. A temática foi apresentada e discutida em mesas-redondas, fóruns de discussão e palestras ministradas para a comunidade técnico-científica, com público-alvo muito diversificado (profissionais, estudantes e pesquisadores de várias áreas do conhecimento, órgãos e autoridades públicas, empresas privadas, ONGs etc.) em simpósios de atualização, cursos e minicursos de capacitação técnica e workshops sobre recuperação de áreas degradadas (RAD) que integraram o circuito de eventos dos Projetos IBt-SP/Fapesp e SMA-SP/GEF realizados em diversos municípios do Estado de São Paulo (Ilha Comprida, São Vicente, São Paulo, São Caetano do Sul, Araras, Guaratinguetá, Marília, Mogi-Guaçu, Espírito Santo do Pinhal) (Figura 3).

Os pesquisadores do Programa de Fertilidade do Solo auxiliaram nas discussões em workshops temáticos sobre a importância da relação solo-planta em projetos de recuperação de áreas degradadas, fornecendo subsídios para o estabelecimento de importantes instrumentos legais e Resoluções da Secretaria do Meio Ambiente do Governo do Estado de São Paulo, principalmente a SMA nº 08, de 31/01/2008, que fixa a orientação para o reflorestamento heterogêneo de áreas degradadas considerando o potencial de erodibilidade e as recomendações técnicas para a conservação-recuperação dos solos, assim como o preparo do solo conforme suas características geotécnicas, pedológicas e edáficas.

Em 2006, o Programa de Fertilidade do Solo organizou e realizou em Araras/SP o “Curso de Capacitação Técnica para Recuperação de Áreas Degradadas: ênfase em matas ciliares do interior paulista”, inserindo o CCA/UFSCar no circuito de eventos das Ações de Políticas Públicas (IBt-SP/Fapesp) e do Projeto Mata Ciliar (SMA-SP/GEF). Nessa ocasião, o Prof. Dr. José Carlos Casagrande anunciou a criação do “Núcleo de Pesquisa em Recuperação de Áreas Degradadas” vinculado ao Programa de Fertilidade do Solo (Figura 4).

Também como resultado das colaborações em oficinas e em grupos de trabalho (GTs) dos Projetos de Políticas Públicas, recomendações relativas à fertilidade do solo, que não eram consideradas na concepção e na estrutura de projetos de restauração ecológica, foram incluídas na publicação “Lista de espécies indicadas para restauração ecológica para diversas regiões do Estado de São Paulo” da SMA-SP e IBt-SP, no item “Diagnósticos das áreas indicadas para reflorestamento”: “As análises física e química do solo, incluindo a de



FIGURA 3 - Eventos sobre políticas públicas para restauração ecológica e conservação da biodiversidade: participação dos pesquisadores do Programa de Fertilidade do Solo do CCA/UFSCar ressaltou a importância de conceitos da Ciência do Solo na capacitação técnica de profissionais e pesquisadores e na elaboração de projetos de recuperação de áreas degradadas (RAD); (A) Prof. Dr. José Carlos Casagrande em Workshop Temático no Instituto de Botânica (IBt – São Paulo/SP) e (B) Prof. Dr. Marcio Roberto Soares em Simpósio Regional de RAD (Faenac – São Caetano do Sul/SP), importantes eventos ocorridos em 2006 que estabeleceram a Resolução SMA nº 08 da Secretaria do Meio Ambiente do Governo do Estado de São Paulo; (C) Composição da mesa de abertura do Simpósio Regional de RAD (Faenac – São Caetano do Sul/SP): da esquerda para a direita, Prof. Dr. Hilton Thadeu Zarate do Couto (Esalq/USP), Dra. Karina Cavalheiro Barbosa (Cerad/IBt-SP), Dr. Luiz Mauro Barbosa (Diretor do IBt-SP) e Prof. Dr. Marcio Roberto Soares (Programa de Fertilidade do Solo – UFSCar/DRNPA-Ar).

compactação, serão descritas e consideradas já nesta fase do projeto, bem como, caso necessário, as recomendações para descompactação, correção de acidez e fertilização” (BARBOSA et al., 2017, p. 327). Os resultados da tese de doutorado da Eng^a Agr^a Dra. Denise Teresinha Gonçalves Bizuti (egressa da XI Turma da Engenharia Agrônoma do CCA/UFSCar e orientada de iniciação científica no Programa de Fertilidade do Solo), sob a orientação do Prof. Dr. Pedro Henrique Santin Brancalion, do Departamento de Ciências Florestais da Esalq/USP, e coorientação do Prof. Dr. José Carlos Casagrande, reiteraram a necessidade da correção da compactação e da fertilidade do solo em áreas degradadas por atividades de mineração e em processo de recuperação ambiental. À luz das avaliações sobre fracionamento do fósforo do solo e interpretação das análises químicas, concluiu-se que a

estrutura florestal, que comumente é o componente mais rapidamente recuperado em áreas em processo de restauração, ocorre desde que o solo supra as demandas nutricionais da floresta em desenvolvimento (BIZUTI et al., 2020), a partir de práticas de manejo do solo que incluem o recondicionamento do relevo, a subsolagem, a adição de topsoil, a calagem e a adubação organomineral (BIZUTI et al., 2021).

A partir do projeto institucional “Modelos de adsorção de cátions e ânions em solos”, idealizado pelo Prof. Dr. José Carlos Casagrande desde 1994 junto ao Programa de Fertilidade do Solo, muitos projetos de pesquisa foram desenvolvidos com auxílio financeiro do CNPq e da Fapesp, sobretudo em nível de iniciação científica, com estudantes de graduação em Engenharia Agrônoma do CCA/UFSCar. A participação neste projeto foi determi-



FIGURA 4 - Composição da mesa de abertura de evento sobre recuperação de áreas degradadas (RAD) realizado no CCA/UFSCar em 2006: da esquerda para a direita, Prof. Dr. José Carlos Casagrande (coordenador do Programa de Fertilidade do Solo – UFSCar/DRNPA-Ar), Dr. Luiz Mauro Barbosa (diretor do Instituto de Botânica – IBt/SP), Prof. Dr. Norberto Antonio Lavorenti (diretor do CCA/UFSCar) e Prof. Dra. Rose Mary Reis-Duarte (pesquisadora da USJT e UNG).

nante para a definição da carreira de muitos discentes que deram continuidade à pesquisa ingressando em programas de pós-graduação de importantes instituições da área de Ciências Agrárias, como Esalq/USP, Cena/USP e Unesp. A temática sobre adsorção de cátions e ânions, sejam nutrientes vegetais ou contaminantes ambientais, foi objeto da tese de doutorado do Prof. Dr. Marcio Roberto Soares e da dissertação de mestrado do Eng. Agr. MSc. Ernesto Rinaldi Mouta, egressos da III e IX Turma de Engenharia Agrônoma do CCA/UFSCar, respectivamente, que desenvolveram projetos de iniciação científica junto ao Programa de Fertilidade do Solo. Resultados inéditos e originais de coeficientes de distribuição (K_d), a partir de experimentos de adsorção de cádmio (Cd), chumbo (Pb), cobalto (Co), cobre (Cu), cromo (Cr), níquel (Ni) e zinco (Zn) (SOARES, 2004; SOARES; SARKIS; ALLEONI, 2021), assim como de selênio (Se) (MOUTA, 2007), trouxeram importantes contribuições para a compreensão do comportamento de elementos potencialmente tóxicos em solos do Estado de São Paulo. Os valores de K_d foram oficialmente reconhecidos, validados e adotados pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – Cetesb (<https://cetesb.sp.gov.br/areas-contaminadas/documentacao/planalhas-para-avaliacao/>) para a padronização e otimização dos estudos de avaliação de risco à saúde humana e de gerenciamento de áreas contaminadas do Estado de São Paulo (Decisão da Diretoria da Cetesb nº 103/2007/C/E de 22 de junho de 2007).

3. RELEVÂNCIA CIENTÍFICA

As atividades de pesquisa do Programa de Fertilidade do Solo estão associadas aos Grupos de Pesquisa “Química do solo e nutrição mineral de plantas” e “Recuperação de áreas degradadas”, que constam no Diretório dos Grupos de Pesquisa no Brasil do CNPq e comportam as seguintes linhas de pesquisa: modelos e parâmetros descritivos da adsorção de íons em solos; dinâmica e disponibilidade de nutrientes no sistema solo-planta; nutrição mineral de plantas cultivadas e de espécies florestais nativas; tolerância de plantas aos estresses abióticos provocados pela acidez de solos tropicais (oligotrofia, deficiência de nutrientes e toxidez por alumínio); valores orientadores para a qualidade do solo; recuperação de solos em áreas degradadas; indicadores ecológicos da fertilidade de solos em ecossistemas naturais; solos com fertilidade construída; fatores edáficos de ambientes de produção da cultura da cana-de-açúcar; fontes alternativas e tecnológicas de nutrientes para plantas.

O projeto institucional “Modelos de adsorção de cátions e ânions em solos”, idealizado desde 1993, viabilizou, inicialmente, inúmeros projetos em nível de iniciação científica, com estudantes de graduação em Engenharia Agrônoma do CCA/UFSCar. O âmbito do projeto foi ampliado ao longo dos anos a partir de parcerias interinstitucionais estabelecidas pelo Prof. Dr. José Carlos Casagrande. Estudos colaborativos com a pesquisadora americana Dra. Sabine Goldberg (USDA-ARS | United States Department of Agriculture – Agriculture Research Service, U.S. Salinity

Laboratory – Riverside, Califórnia) proporcionaram avanços significativos na pesquisa sobre adsorção de íons em projetos conduzidos pelo Programa de Fertilidade do Solo, principalmente pelo uso de modelos de complexação de superfície, inovadores na Ciência do Solo brasileira. Com isso, até 2010, foram desenvolvidas algumas propostas em nível de mestrado e de doutorado em outras instituições, com o auxílio financeiro do CNPq e da Fapesp. Com a aprovação do Programa de Pós-Graduação em Agricultura e Ambiente (PPGAA) do CCA/UFSCar pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), propostas de pesquisa com modelos e parâmetros descritivos da adsorção de íons em solos foram desenvolvidas em nível de mestrado. A partir de 2003, com a oportunidade de interação interinstitucional e multidisciplinar com pesquisadores, docentes, profissionais e estudantes do Instituto de Botânica (IBt/Cerad-SP), da Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo (SMA-SP) e da Unesp – Campus de Rio Claro, em projetos voltados para a recuperação de solos em ecossistemas naturais, houve expressiva ampliação do âmbito de pesquisa do Programa de Fertilidade do Solo. Ao longo do decurso de mais de três décadas, os docentes pesquisadores do Programa de Fertilidade do Solo puderam experienciar novas perspectivas de pesquisa, participando como coordenadores ou como integrantes de projetos de infraestrutura laboratorial, de políticas públicas e de pesquisa básica e aplicada (Quadro 1).

O Programa de Fertilidade do Solo ofereceu condições para a execução de projetos de natureza diversa, que resultaram, desde 1997, na produção de 84 artigos científicos, em periódicos nacionais e internacionais, e de 21 capítulos de livros. O programa também ofereceu estrutura para a orientação/coorientação de 6 teses de doutorado, 24 dis-

sertações de mestrado e 71 projetos de iniciação científica, a maioria com auxílio de bolsa à pesquisa (Quadro 2).

O impulso inicial proporcionado pelo Programa de Fertilidade do Solo para a pesquisa com modelos de adsorção de íons em solos altamente intemperizados resultou na publicação de capítulos em importantes livros-texto nacionais, da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (SBCS) (ALLEONI et al., 2009; CASAGRANDE; SOARES, 2009; SOARES; CASAGRANDE, 2009), e internacional (MELLIS et al., 2012) (Figura 5) utilizados como referência no aprimoramento da pesquisa e do ensino em nível de graduação e de pós-graduação.

O funcionamento do Programa de Fertilidade do Solo oportunizou a participação e a apresentação de resultados de pesquisa originados de projetos de iniciação científica, mestrado e doutorado em congressos nacionais e internacionais, financiados, em sua maioria, pela Fapesp e CNPq, com apoio financeiro frequente do programa aos estudantes de graduação. Foram publicados 153 resumos simples, 48 resumos expandidos e 16 trabalhos completos em eventos científicos (Quadro 2). A maioria dos trabalhos foi publicada em anais dos principais eventos nacionais da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (SBCS), tais como as várias edições do Congresso Brasileiro de Ciência do Solo (CBCS) e da FertBio, evento que integra a Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, a Reunião Brasileira sobre Micorrizas, o Simpósio Brasileiro de Microbiologia do Solo e a Reunião Brasileira de Biologia do Solo (Figura 6).

Vários trabalhos foram divulgados em eventos específicos para a cultura da cana-de-açúcar, como o Workshop de Agroenergia | Matérias-Primas, o Congresso Nacional STAB – Sociedade dos Técnicos Açucareiros e Alco-



FIGURA 5 - Resultados de pesquisa do Programa de Fertilidade do Solo do CCA/UFSCar sobre a adsorção de cátions e ânions em solos tropicais foram divulgados na forma de capítulos em importantes livros-texto da Ciência do Solo nacional e internacional.

QUADRO 1 - Participação dos docentes pesquisadores do Programa de Fertilidade do Solo como coordenadores ou membros integrantes de alguns projetos de pesquisa e de infraestrutura financiados por agências de fomento

Edital ou linha de fomento nº do processo	Instituição sede do projeto Título do projeto
FAPESP – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo	
¹ Programa Infraestrutura nº 94/04829-7 Coordenador: Prof. Dr. José Carlos Casagrande	UFSCar-CCA Recuperação da sala de cromatografia e espectrofotometria do laboratório de análises e simulação tecnológica do DTAI
¹ Programa Infraestrutura nº 96/10992-3 Coordenador: Prof. Dr. José Carlos Casagrande	UFSCar-CCA Implementação e modernização do setor de laboratórios de análises químicas
¹ Auxílio à Pesquisa Regular nº 99/04209-2 Coordenador: Prof. Dr. José Carlos Casagrande	UFSCar-CCA Efeito da força iônica, pH e ponto de efeito salino nulo na adsorção de sulfato, fosfato e borato: aplicação de modelos de complexação de superfície
² Auxílio à Pesquisa em Políticas Públicas nº 03/06423-9 Coordenador: Dr. Luiz Mauro Barbosa	IBt-SP/SMA Estabelecimento de parâmetros de avaliação e monitoramento para reflorestamentos induzidos visando o licenciamento ambiental
¹ Auxílio à Pesquisa Regular nº 06/07216-5 Coordenador: Prof. Dr. José Carlos Casagrande	UFSCar-CCA Caracterização de sintomas de deficiência de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, boro, cobre e zinco em espécies florestais de restinga
² Auxílio à Pesquisa Regular nº 08/06775-6 Coordenadora: Dra. Iara Maria Carneiro de Camargo	IPEN-CQMA Mobilidade e transporte de As, Cd, Mo, Pb e Zn em colunas de solos tropicais contaminadas com cinza de carvão da usina termoeletrica de Figueira, Paraná
¹ Auxílio à Pesquisa Regular nº 10/13945-5 Coordenador: Prof. Dr. Marcio Roberto Soares	UFSCar-CCA Avaliação de variedades de cana-de-açúcar tolerantes à toxidez por alumínio em solução
² Auxílio à Pesquisa Regular nº 12/13484-3 Coordenadora: Profa. Dra. Marisa de Cássia Piccolo	Cena-USP Modelos de determinação de índice de qualidade do solo (IQS) para áreas de Cerrado no Estado de São Paulo
² Auxílio à Pesquisa Regular nº 12/50797-0 Profa. Dra. Anastácia Fontanetti	UFSCar-CCA Milho orgânico em consórcio com adubos verdes: opção para o sistema de plantio direto e a integração lavoura/pecuária
CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico	
¹ Edital MCT/CNPq/CT-Agro/CT-Hidro 44/08 nº 577129/2008-2 Coordenador: Prof. Dr. José Carlos Casagrande	UFSCar-CCA Indicadores químicos de qualidade do solo para restinga e caracterização de parâmetros químicos, físicos e microbiológicos na sequência anteduna, duna, escrube e restinga do litoral paulista
¹ Edital MCT/CNPq/CT - Agronegócio 26/10 nº 561931/2010-0 Coordenador: Prof. Dr. José Carlos Casagrande	UFSCar-CCA Sensibilidade de espécies arbóreas nativas à acidez e alumínio e estratégias de condicionamento do solo para revegetação de áreas de restinga
¹ Edital MCT/CNPq nº 014/2010 - Universal nº 483749/2010-9 Coordenador: Prof. Dr. Marcio Roberto Soares	UFSCar-CCA Valores de referência para cádmio (Cd), cobre (Cu), níquel (Ni) e zinco (Zn) em solos brasileiros
² Edital MCTI/CNPq nº 01/2016 - Universal nº 431509/2016-6 Coordenadora: Profa. Dra. Mariana Altenhofen da Silva	UFSCar-CCA Desenvolvimento e caracterização de esferas biodegradáveis de pectina, quitosana e vinhaça contendo biomassa microalgal como biofertilizante visando aplicação na agricultura
² Edital CNPq/MCTI/CONFAP - FAPS/PELD nº 21/2020 Coordenador: Prof. Dr. Geraldo Damasceno Júnior	UFMS Programa de Pesquisa Ecológica de Longa Duração – PELD
FINEP MCT – Financiadora de Estudo e Projetos Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação	
¹ Edital FINEP/FNDCT/CT-Infra 01/2001 Coordenador: Prof. Dr. José Carlos Casagrande	UFSCar-CCA Reforma da infraestrutura do Laboratório de Fertilidade do Solo do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de São Carlos
² Chamada Pública MCT/FINEP/Ação Transversal Campi Regionais 03/2007 Coordenador: Profa. Dra. Sandra Regina Ceccato-Antonini	UFSCar-CCA Consolidação da infraestrutura laboratorial de pesquisa do Campus de Araras da UFSCar
¹ Chamada Pública MCT/FINEP/CT-Infra novos Campi 02/2008 Coordenador: Prof. Dr. José Carlos Casagrande	UFSCar-CCA Ampliação da infraestrutura laboratorial de pós-graduação e de pesquisa do Campus de Araras

¹coordenador de projeto; ²membro integrante de projeto

QUADRO 2 - Indicadores de produção científica e de colaboração do Programa de Fertilidade do Solo do CCA/UFSCar na formação de recursos humanos em nível de iniciação científica, mestrado e doutorado

Participação em eventos científicos			Publicações Científicas	
Resumos simples	Resumos expandidos	Trabalhos completos	Artigos científicos	Capítulos de livros
153	48	16	84	21
Orientações acadêmicas				
Iniciação Científica (IC) – Total: 74				
Com bolsa			Sem bolsa	
FAPESP	PIBIC/CNPq/UFSCar	ProEx/UFSCar	*ICT-SR/UFSCar	
32	22	3	17	
Mestrado (MS) – Total: 26				
FAPESP	CNPq	CAPES	Sem bolsa	
3	2	12	9	
Doutorado (DR) – Total: 6				
FAPESP	CNPq	CAPES	Sem bolsa	
4	0	2	0	

*ICT-SR/UFSCar: modalidade de Iniciação Científica e Tecnológica sem Remuneração oferecida pela Coordenaria de Programas de Iniciação Científica e Tecnológica | CoPICT da UFSCar

oleiros do Brasil e o Simpósio Tecnologia de Produção de Cana-de-Açúcar | Esalq/USP, sendo alguns contemplados com premiação de melhores pôsteres apresentados por estudantes integrantes de projetos do Programa de Fertilidade do Solo em parceria com o Programa de Melhoria Genética de Cana-de-Açúcar (PMGCA-UFSCar) (STROZZI et al., 2017; SANTI et al., 2017).

Foram divulgados 58 trabalhos (47 resumos simples, 9 resumos expandidos e 2 trabalhos completos) em anais de eventos internacionais, principalmente na European Geosciences Union General Assembly – EGU, em que um trabalho da equipe (SANGLADE et al., 2018) foi congratulado com a indicação de “Highlight abstract” de especial interesse público, ICOBTE – International Conference of Biogeochemistry of Trace Elements, EUROSIL – European Confederation of Soil Science Societies, TRACEL – International Symposium on Trace Elements and Health, World Congress of Soil Science e International Conference on Land Degradation – International Union of Soil Sciences (Figura 7).

Os projetos de pesquisa voltados para a recuperação de solos degradados e de ecossistemas naturais começaram a ser desenvolvidos a partir de 2003, principalmente pelo envolvimento com os Projetos de Políticas Públicas do IBt-SP/FAPESP e com o Projeto Mata Ciliar da SMA-SP/GEF. A experiência motivou a redação e publicação de capítulos que integraram importantes publicações utilizadas no aprimoramento e construção de políticas públicas envolvendo a recuperação de ecossistemas e de solos em áreas degradadas (SOARES et al., 2011; CASAGRANDE et al.,

2011; SOARES; CASAGRANDE, 2013; SATO et al., 2013; CUNHA et al., 2013; SOARES; BIZUTI; CASAGRANDE, 2013; CASAGRANDE; SOARES, 2015). A relevância e a repercussão do assunto geraram oportunidades de participação em algumas edições de eventos de abrangência nacional na grande área das Ciências Biológicas, especificamente na área de botânica, tais como o Congresso da Sociedade Botânica de São Paulo e o Congresso Nacional de Botânica. No mesmo período, o tema alcançou notoriedade também na grande área das Ciências Agrárias, sendo tratado com especial relevância em muitas subáreas e especialidades da Ciência do Solo.

Os docentes pesquisadores do Programa de Fertilidade do Solo identificaram novas possibilidades de aplicação dos conceitos da química e fertilidade do solo, em estudos sobre atributos químicos do solo em áreas com diferentes cenários de degradação (áreas de mineração, áreas agrícolas com excesso de aplicação de vinhaça e de outros resíduos urbanos e/ou (agro)industriais, áreas desmatadas e em restauração ecológica), sob vegetação nativa (Cerrado, Mata Atlântica, Restinga, Matas Ciliares) em ecossistemas naturais, valores orientadores da qualidade do solo, incluindo parâmetros utilizados por agências ambientais e estratégias de remediação de solos contaminados, incluindo a fitorremediação. O panorama tornou-se oportuno e receptivo à apresentação de trabalhos (resumos, pôsteres e palestras) em eventos nacionais e internacionais. Recentemente, a experiência do Programa de Fertilidade do Solo com a recuperação de solos degradados resultou no convite para a apresentação da palestra “O papel da fertilidade do solo na recupe-



FIGURA 6 - Algumas edições dos principais eventos da Ciência do Solo nacional com apresentação de trabalhos técnico-científicos do Programa de Fertilidade do Solo do CCA/UFSCar; Apresentação do trabalho “Efeito do pH na adsorção de boro em solos ácidos” na FertBio, em 1998, em Caxambu/MG; Prof. Dr. Marcio Roberto Soares, egresso da III Turma do curso de graduação em Engenharia Agrônoma, foi orientado pelo Prof. Dr. José Carlos Casagrande em projeto de iniciação científica (IC) financiado pela Fapesp e viabilizado pelo Programa de Fertilidade do Solo.

ração de ecossistemas” no IV Encontro Paulista de Ciência do Solo (EPCiS) – Ciência do Solo e Agricultura Sustentável, evento organizado pela SBCS na Esalq/USP (Figura 8).

A partir da interação com docentes e pesquisadores da Unesp – Campus de Rio Claro, vários projetos de pesquisa financiados pelo CNPq foram desenvolvidos com o ecossistema Restinga, em localidades do litoral de São Paulo: Parque Estadual da Ilha do Cardoso (município de Cananeia), município de Ilha Comprida, Estação Ecológica Jureia-Itatins (municípios de Iguape, Miracatu, Itariri, Pedro de Toledo e Peruíbe), município de Bertiooga, Parque Estadual da Ilha Anchieta e Núcleo Picinguaba (município de Ubatuba) (Figura 9).

A interatividade multidisciplinar também proporcionou a colaboração do CCA/UFSCar com a Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), por intermédio do Prof. Dr. Geraldo Damasceno Júnior, e a participação no Pro-

grama de Pesquisa Ecológica de Longa Duração – PELD (CNPq/MCTI/Confap-FAPS/PELD nº 21/2020), em cooperação interinstitucional com Ibama/Prevfogo, Embrapa Pantanal, Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) e Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, e com dezenas de profissionais pesquisadores, mestrandos e doutorandos.

4. RELEVÂNCIA ACADÊMICO-PEDAGÓGICA

Os docentes pesquisadores do Programa de Fertilidade do Solo exercem atividades no magistério superior e são responsáveis pelas seguintes disciplinas de graduação: curso de graduação em Engenharia Agrônoma (desde 1995) – Adubos e Corretivos, Características e Manejo de Solos Tropicais, Química e Fertilidade do Solo, e Nutrição Mineral e Adubação de Plantas; curso de graduação em Bacharel-

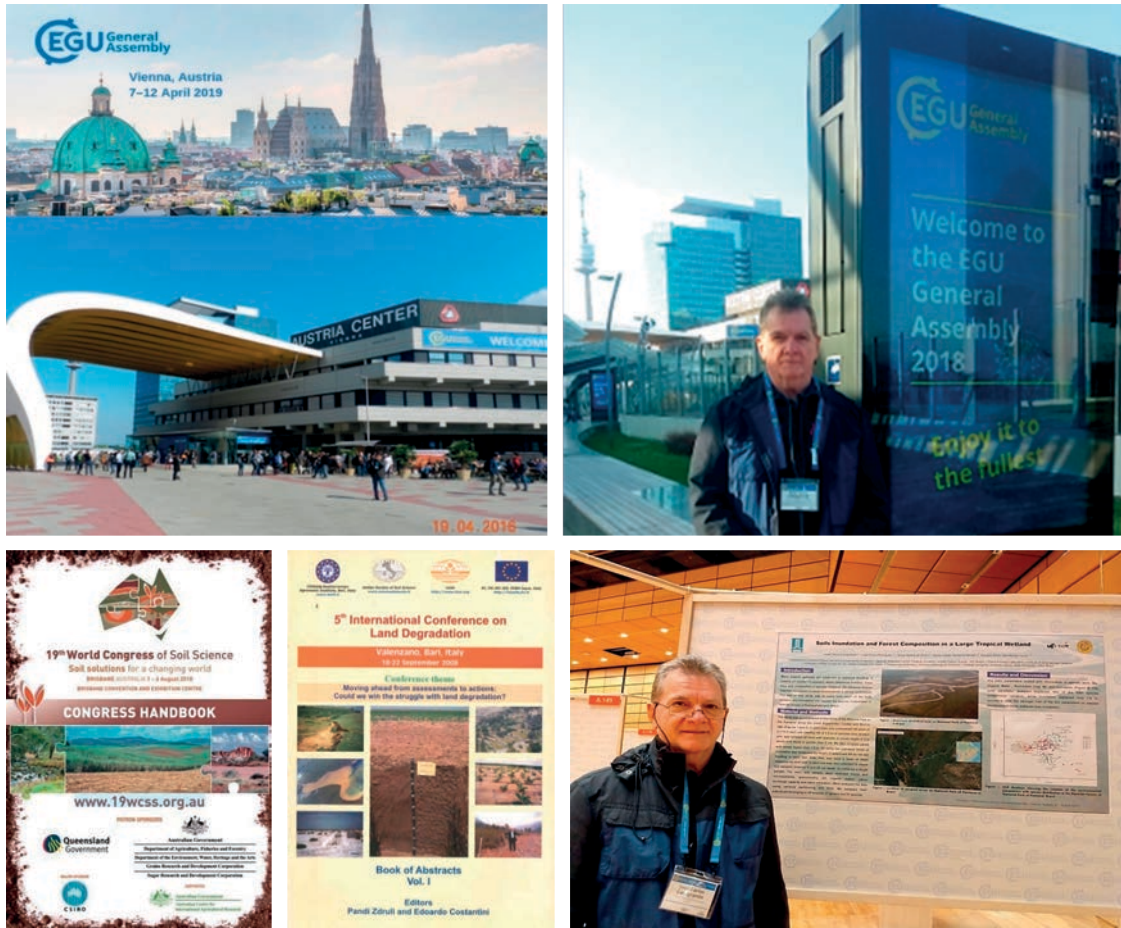


FIGURA 7 - Eventos internacionais com apresentação de trabalhos técnico-científicos do Programa de Fertilidade do Solo do CCA/UFSCar; Prof. Dr. José Carlos Casagrande em sessão de apresentação de pôsteres na European Geosciences Union – EGU, General Assembly 2018 (Austria Center Vienna – ACV, Viena-Áustria).



FIGURA 8 - Palestra proferida pelo Prof. Dr. José Carlos Casagrande no IV Encontro Paulista de Ciência do Solo (EPCIS), em 2022, foi importante oportunidade de divulgação dos resultados de projetos sobre recuperação de solos degradados em ecossistemas naturais desenvolvidos pelo Programa de Fertilidade do Solo do CCA/UFSCar; Prof. Dr. José Carlos Casagrande recebe o certificado do Dr. Estêvão Vicari Mellis, egresso do IV Turma do curso de graduação em Engenharia Agrônoma do CCA/UFSCar e do Programa de Fertilidade do Solo, pesquisador do Instituto Agronômico de Campinas (IAC) e um dos maiores especialistas em micronutrientes na cultura da cana-de-açúcar.



FIGURA 9 - Áreas com parcelas experimentais (●) do projeto “Indicadores químicos de qualidade do solo para restinga e caracterização de parâmetros químicos, físicos e microbiológicos na sequência anteduna, duna, escrube e restinga do litoral paulista”, financiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), coordenado pelo Prof. Dr. José Carlos Casagrande e com a participação de alunos de graduação, mestrado e doutorado da UFSCar – Campus de Araras e da Unesp – Campus de Rio Claro.

do em Biotecnologia – Biorremediação e Biossolubilização (2009-2017), Biotecnologia do Solo (2009-2017), Interação Solo-Planta: Fundamentos para Recuperação de Áreas Degradadas (desde 2009), Tópicos em Ciência do Solo (desde 2009) e Tratamento Biológico de Resíduos (2009-2017).

Com o estabelecimento do Programa de Pós-Graduação em Agricultura e Ambiente (PPGAA) em 2010 no CCA/UFSCar, os docentes pesquisadores do programa colaboraram com a linha de pesquisa “Utilização sustentável dos recursos naturais e soluções para problemas agroambientais”, com o desenvolvimento de projetos científicos, orientação de discentes em nível de mestrado e oferta das seguintes disciplinas: Química e Fertilidade do Solo – Fun-

damentos para Recuperação de Áreas Degradadas (desde 2010), Química da Interface Solo-Solução (2010-2012) e Poluição e Remediação de Solos e de Águas Subterrâneas (2011-2015). A disciplina Fertilidade do Solo foi ministrada por 12 anos (1999 a 2010) pelo Prof. Dr. José Carlos Casagrande no Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas (Biologia Vegetal), do Instituto de Biociências da Unesp – Campus de Rio Claro.

As disciplinas com enfoque na aplicação da Ciência do Solo em temas ambientais, tais como recuperação de solos degradados e remediação de solos contaminados, foram idealizadas principalmente a partir das interações com o Instituto de Botânica – IBt/SP, Unesp – Campus de Rio Cla-

ro e Universidade Federal do Mato Grosso do Sul – UFMS. Como resultado das pesquisas interinstitucionais e multidisciplinares e da criação das disciplinas sobre recuperação de solos degradados e contaminados, o Prof. Dr. José Carlos Casagrande iniciou, em 2017, a participação no curso de pós-graduação *lato sensu* da UFSCar – Campus de Sorocaba, viabilizado pela atividade de extensão “MBA em restauração, licenciamento e adequação ambiental”, coordenado pela Profa. Dra. Fátima Conceição Márquez Piña-Rodrigues.

Desde 2010, o Trabalho Final de Graduação (TFG) foi incluído na matriz curricular como requisito fundamental para a integralização dos créditos do curso de graduação em Engenharia Agrônômica do CCA/UFSCar. Os docentes pesquisadores do programa concluíram a orientação de 33 TFGs, a partir de projetos de pesquisa em campo, casa-de-vegetação e laboratório com temas relacionados à química e fertilidade do solo, nutrição mineral de plantas, adubos e adubação e recuperação de solos degradados. A maior parte dos TFGs foi desenvolvida a partir da parceria com empresas privadas do setor de tecnologia de nutrição vegetal, as quais colaboraram com a cessão de insumos agrícolas (sementes, inoculantes, fertilizantes, corretivos, condicionadores e remineralizadores do solo, herbicidas, inseticidas, fungicidas etc.). A interface com o setor privado viabilizou muitas oportunidades para a condução e conclusão do Estágio Curricular em Engenharia Agrônômica pelos discentes.

A partir do envolvimento com várias atividades experimentais do programa, sobretudo no campo, discentes do curso de graduação em Engenharia Agrônômica do CCA/UFSCar tiveram a iniciativa de sugerir a formação de um grupo de estudos. Em 2012, o GEFERT | Grupo de Estudos e Pesquisa em Fertilidade do Solo (Figura 10) foi criado e viabilizado junto ao Programa de Avaliação da Fertilidade do Solo, sob orientação do Prof. Dr. Marcio Roberto Soares e do Prof. Dr. José Carlos Casagrande. O propósito principal do GEFERT é aprofundar e exercitar o conhecimento adquirido em sala de aula, a partir do contato com a elaboração de projetos com caráter técnico-científico que envolvem princípios do manejo da fertilidade do solo, da adubação e da nutrição mineral de plantas. O grupo desenvolve projetos no campo, casa de vegetação, viveiro e laboratório e experimenta a oportunidade de instalar e de providenciar todas as etapas dos tratamentos culturais de importantes culturas de interesse econômico. Os alunos são encorajados a buscar estratégias para ampliar a sustentabilidade dos agroecossistemas, através de práticas que minimizam o uso de corretivos e fertilizantes, buscam o uso de genótipos com maior eficiência de uso de nutrientes e com maior adaptabilidade às condições dos solos tropicais, e que usam fontes alternativas de nutrientes, principalmente a partir de resídu-

os. O GEFERT possui estrutura organizacional que permite a seus integrantes vivenciarem atividades em grupo que estimulam o aprimoramento das relações interpessoais e das responsabilidades profissionais.

Desde a sua criação, o GEFERT conduziu mais de 60 experimentos com várias culturas de interesse econômico (milho, soja, feijão, cana-de-açúcar, sorgo granífero e sacarino, algodão herbáceo, abóbora, batata, hortaliças, citros etc.), espécies florestais nativas da Mata Atlântica e do Cerrado e mudas pré-brotadas (MPB) de cana-de-açúcar. Os experimentos envolvem o uso de fertilizantes minerais (simples, mistura de grânulos e mistura granulada com diversas formulações NPK), fertilizantes orgânicos (estercos, compostos e resíduos/subprodutos), fertilizantes organominerais, fertilizantes com eficiência aprimorada [liberação lenta (ureia formaldeído, ureia recoberta com enxofre elementar); liberação controlada (grânulos revestidos com polímeros); estabilizados com inibidores da urease (NBPT | N-(n-butil)tiofosfórico triamida) ou com inibidores da nitrificação (DMPP - 3,4-dimetilpirazolfosfato)], fosfatos naturais (Araxá, Patos de Minas, Gafsa, Arad), corretivos (calcários calcítico, magnesiano, dolomítico e calcinado), condicionadores (gesso agrícola e agrossilicatos), remineralizadores [pós de rochas silicatadas (basalto, fonolito, kamafugito, biotita xisto, micaxisto)] e resíduos e subprodutos urbanos e (agro)industriais (vinhaça, cama de galinha peletizada, lodo de esgoto, torta de filtro, polpas diversas).

Em dezembro de 2016, o GEFERT, com o apoio do Programa de Fertilidade do Solo, organizou o I Simpósio de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas (I SIFERT) no CCA/UFSCar. O evento registrou a participação de mais de 150 inscritos (docentes, pesquisadores, estudantes de graduação e de pós-graduação e profissionais do setor de tecnologia de nutrição vegetal), com programação que incluiu palestras de importantes profissionais que atuam na área de manejo de nutrientes na agricultura: Dr. Valter Casarin – Diretor adjunto do International Plant Nutrition Institute (IPNI Brasil) (palestra: Manejo de nutrientes 4C); Dr. Edmilson José Ambrosano – Pesquisador do Instituto Agrônômico de Campinas (IAC), Polo Centro Sul da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA-Piracicaba/SP) (palestra: Adubação Verde em sistemas agroecológicos: fundamentos e prática); Dr. Fernando Guerra – Departamento Técnico de P&D da Yorin Fertilizantes Ltda. e egresso da XII Turma do curso de Engenharia Agrônômica do CCA/UFSCar (palestra: Termofosfatos e potássio natural – Ekosil); Eng. Agr. Rodrigo Foltran – Coordenador do setor de Pesquisa & Desenvolvimento e Marketing da Haifa South America (palestra: Fertilizantes de liberação controlada); Dr. Estêvão Vicari Mellis – Pesquisador do Instituto Agrônômico de Campinas (IAC), Centro de Solos e Recursos Agroam-



GEFERT | UFSCar

GRUPO DE ESTUDOS E PESQUISA EM FERTILIDADE DO SOLO



HISTÓRICO

O **GEFERT**, criado em 2012 a partir da iniciativa de discentes do curso de graduação em Engenharia Agrônômica, é um grupo de estudos e de pesquisas nas áreas de fertilidade do solo, adubação e nutrição mineral de plantas cultivadas e nativas, viabilizado pelo Programa de Avaliação da Fertilidade do Solo.

OBJETIVOS

O **GEFERT** tem o propósito de estudar, pesquisar e aplicar o conhecimento agrônomo nas seguintes situações:

- 1) dinâmica da fertilidade com diferentes práticas de manejo do solo
- 2) práticas de minimização do uso de corretivos e de fertilizantes
- 3) estratégias para ampliar a sustentabilidade dos agroecossistemas quanto à ciclagem de nutrientes
- 4) avaliação de fontes convencionais, alternativas e tecnológicas de nutrientes vegetais
- 5) uso de fontes alternativas de nutrientes, sobretudo a partir de resíduos (agro)industriais e urbanos
- 6) identificação de genótipos com maior eficiência de uso de nutrientes e com maior adaptabilidade às condições oligotróficas dos solos tropicais
- 7) identificação de sintomas de deficiência ou de excesso nutricional
- 8) definição de parâmetros ecológicos da fertilidade do solo em ecossistemas naturais
- 9) práticas de recuperação de solos degradados

PROJETOS DO GEFERT

Campo

1) Área piloto de monitoramento permanente da fertilidade do solo: (a) Quadra 3 – UFSCar/Campus Araras foi georreferenciada para formação do grid de coleta de amostras do solo; (b) mapas de fertilidade do solo gerados por técnicas de agricultura de precisão (cortesia AgroExata – Precisão em Agropecuária); (c) gráficos de monitoramento da compactação do solo na área piloto, elaborados a partir de informações coletadas com o uso do penetrômetro de impacto modelo *Stoll*.



- 2) Cultivo de algodão herbáceo (*Gossypium hirsutum* L.) com fertilizante organomineral no plantio e aplicação foliar de aminoácidos
- 3) Manejo nutricional e desempenho agroindustrial de sorgo sacarino [*Sorghum bicolor* (L.) Moench.] em diferentes épocas de colheita
- 4) Desempenho em campo de mudas pré-brotadas (MPB) de cana-de-açúcar cultivadas em diferentes substratos
- 5) Adubos verdes: cultivo consorciado com milho de segunda safra e efeito na descompactação do solo



GEFERT NO CONTEXTO DA PESQUISA CIENTÍFICA



O COMPROMISSO DO GEFERT

Manejo de nutrientes **4Cs**: boas práticas para uso eficiente de fertilizantes (BPUFs)



1º SIFERT – CCA | UFSCar



Comissão organizadora do 1º SIFERT – Simpósio de Fertilidade do Solo e Nutrição Mineral de Plantas, realizado pelo GEFERT em dezembro de 2016 no Centro de Ciências Agrárias – CCA/UFSCar

PARCERIAS



Contatos com o GEFERT

Orientadores do GEFERT:
 Prof. Dr. Marcio Roberto Soares - mrssoares@ufscar.br
 Prof. Dr. José Carlos Casagrande - bighouse@ufscar.br

Coordenadores do GEFERT
 Paulo Henrique Pizzi de Santi - phpizzi@hotmail.com
 César Augusto Santana - cesar.santana.srq@hotmail.com
 E-mail corporativo: gefertufscar@gmail.com
<https://www.facebook.com/gefertufscar/>

Casa de vegetação

- 1) Variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) tolerantes à toxicidade por alumínio do solo
- 2) Efeito da calagem no desenvolvimento de espécies florestais do jequitibá (*Phaseolus vulgaris* L.) Carrado
- 3) Efeito de fontes e de doses de manganês no desenvolvimento do jequitibá (*Phaseolus vulgaris* L.) Carrado



Viveiro

- 1) Estimulantes radiculares no desenvolvimento de mudas pré-brotadas (MPB) de cana-de-açúcar
- 2) Uso de fertilizantes de liberação controlada na produção de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar



Laboratório

- 1) Variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) tolerantes à toxicidade por alumínio em solução
- 2) Sintomas da omissão de macronutrientes em alface (*Lactuca sativa*)



Agradecimentos e congratulações

O GEFERT agradece a oportunidade de participar da III FEIRA DE GRUPOS DE ESTUDOS E PESQUISA da CCA-UFSCar e parabeniza a **CULTIVAR AGROJÚNIOR** pela iniciativa.

FIGURA 10 - Banner de divulgação do GEFERT | Grupo de Estudos e Pesquisa em Fertilidade do Solo, apresentado na III Feira de Grupos de Estudos e Pesquisa do CCA/UFSCar.

bientais e egresso da IV Turma do curso de Engenharia Agrônômica do CCA/UFSCar (palestra: Micronutrientes na cultura da cana-de-açúcar); Prof. Dr. José Lavres Júnior – Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo (Cena-USP Piracicaba/SP) (palestra: Avanços recentes nos estudos de nutrição de plantas: oportunidades e perspectivas futuras).




REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEONI, L. R. F. et al. Química dos solos altamente intemperizados. In: MELO, V. F.; ALLEONI, L. R. F. (Ed.). **Química e mineralogia do solo** - Parte II: aplicações. Viçosa: SBCS, 2009. p. 381-439.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE TECNOLOGIA EM NUTRIÇÃO VEGETAL – ABISOLO. **7º anuário brasileiro das indústrias de tecnologia em nutrição vegetal**. Campinas: ABISOLO, 2021. 185 p.
- BARBOSA, L. M. et al. **Lista de espécies indicadas para restauração ecológica para diversas regiões do Estado de São Paulo**. São Paulo: Instituto de Botânica, 2017. 344 p.
- BIZUTI, D. T. G. et al. Recovery of soil phosphorus on former bauxite mines through tropical forest restoration. **Restoration Ecology**, New Jersey, v. 28, n. 5, p. 1237-1246, 2020. <http://dx.doi.org/10.1111/rec.13194>.
- BIZUTI, D. T. G. et al. Multifunctional soil recovery during the restoration of Brazil's Atlantic Forest after bauxite mining. **Journal of Applied Ecology**, London, v. 39, p. 130-140, 2021. <http://dx.doi.org/10.1111/1365-2664.14097>.
- CANTARELLA, H. et al. **Boletim 100: Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2022. 489 p.
- CASAGRANDE, J. C. et al. Interação solo-planta-clima para restauração de ecossistemas naturais - "A restinga é edáfica": consequências para sua recuperação. In: BARBOSA, L. M. (Ed.). **Restauração ecológica: desafios atuais e futuros**. São Paulo: Instituto de Botânica, Secretaria do Meio Ambiente, 2011. p. 133-146.
- CASAGRANDE, J. C.; SOARES, M. R. Modelos químicos de adsorção. In: MELO, V. F.; ALLEONI, L. R. F. (Ed.). **Química e mineralogia do solo** - Parte II: aplicações. Viçosa: SBCS, 2009. p. 131-160.
- CASAGRANDE, J. C.; SOARES, M. R. Parâmetros químicos, físicos e microbiológicos do solo e sua qualidade. In: BARBOSA, L. M.; ASPERTI, L. M. (Ed.). **Restauração ecológica: novos rumos e perspectivas**. São Paulo: Instituto de Botânica, 2015. p. 33-39.
- CUNHA, J. A. C. et al. Acidez e salinidade de solos do ecossistema Restinga. In: BARBOSA, L. M. (Ed.). **Políticas públicas para a restauração ecológica e conservação da biodiversidade**. São Paulo: Instituto de Botânica, Secretaria do Meio Ambiente, 2013. p. 198-208.
- INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA – INMETRO. **Requisitos sobre a participação dos laboratórios de ensaios em atividades de Ensaio de Proficiência**: norma NIT-DICLA 026. Rio de Janeiro: Divisão de Credenciamento de Laboratórios, INMETRO, 2003. 4 p.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319 p.
- MELLIS, E. V. et al. Sorption of heavy metals in tropical soils. In: SELIM, H. M. (Ed.). **Competitive sorption and transport of heavy metals in soils an geological media**. Baton Rouge: CRC Press - Taylor & Francis Group, 2012. p. 169-212. <http://dx.doi.org/10.1201/b13041-7>.
- MOUTA, E. R. **Adsorção e coeficientes de distribuição de selênio em solos do Estado de São Paulo**. 2007. 86 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Ciência do Solo)-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", 2007. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/88284/mouta_er_me_jabo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 30 ago. 2022.
- SANGLADE, L. D. et al. Ecological Restoration in the State of São Paulo. In: EUROPEAN GEOSCIENCES UNION GENERAL ASSEMBLY, 2018, Vienna. **Annals...** Vienna: European Geosciences Union, 2018. (EGU2018-2089).
- SANTI, P. H. P. et al. Efeito de estimulantes radiculares na primeira fase de aclimação do cultivo de mudas pré-brotadas (MPB) de cana-de-açúcar. In: SIMPÓSIO TECNOLOGIA DE PRODUÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR, 8., 2017, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: ESALQ-USP, 2017.
- SATO, C. A. et al. Fertilidade do solo e composição mineral de espécies arbóreas de Restinga. In: BARBOSA, L. M. (Ed.). **Políticas públicas para a restauração ecológica e conservação da biodiversidade**. São Paulo: Instituto de Botânica, Secretaria do Meio Ambiente, 2013. p. 185-197.
- SOARES, M. R. **Coefficiente de distribuição (Kd) de metais pesados em solos do Estado de São Paulo**. 2004. 202 f. Tese (Doutorado em Agronomia - Ciência do Solo)-Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo. 2004. Disponível em: <<https://teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11140/tde-31052005-170719/publico/marcio.pdf>>. Acesso em: 30 ago. 2022.
- SOARES, M. R. et al. Levantamento do consumo de fertilizantes e utilização da análise de solo por pequenos e médios produtores agrícolas da região de Araras-SP. **Revista Ciência em Extensão**, São Paulo, v. 5, n. 1, p. 56-73, 2009. Disponível em: <https://ojs.unesp.br/index.php/revista_proex/article/view/95/72>. Acesso em: 30 ago. 2022.
- SOARES, M. R. et al. Nutrição mineral de espécies nativas em solos do Cerrado. In: BARBOSA, L. M. (Ed.). **Restauração ecológica: desafios atuais e futuros**. São Paulo: Instituto de Botânica, Secretaria do Meio Ambiente, 2011. p. 147-154.

- SOARES, M. R.; BIZUTI, D. T.; CASAGRANDE, J. C. Efeito de macro e micronutrientes em espécies florestais de Restinga. In: BARBOSA, L. M. (Ed.). **Políticas públicas para a restauração ecológica e conservação da biodiversidade**. São Paulo: Instituto de Botânica, Secretaria do Meio Ambiente, 2013. p. 262-274.
- SOARES, M. R.; CASAGRANDE, J. C. Adsorção e modelos. In: RIBEIRO, M. R. et al. (Ed.). **Tópicos em Ciência do Solo**. Viçosa: SBCS, 2009. p. 71-201.
- SOARES, M. R.; CASAGRANDE, J. C. O solo: base para a restauração ecológica. In: BARBOSA, L. M. (Ed.). **Políticas públicas para a restauração ecológica e conservação da biodiversidade**. São Paulo: Instituto de Botânica, Secretaria do Meio Ambiente, 2013, p. 95-101.
- SOARES, M. R.; SARKIS, J. E. S.; ALLEONI, L. R. F. Proposal of new distribution coefficients (Kd) of potentially toxic elements in soils for improving environmental risk assessment in the State of São Paulo, southeastern Brazil. **Journal of Environmental Management**, London, v. 285, p. 112044, 2021. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112044>. PMID:33676118.
- STROZZI, G. et al. Altura de seedlings de cana-de-açúcar cultivados com solução nutritiva na fase inicial de produção de mudas do melhoramento genético. In: SIMPÓSIO TECNOLOGIA DE PRODUÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR, 8., 2017, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: ESALQ-USP, 2017.
- VAN RAIJ, B. et al. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 2001. 285 p.
- VAN RAIJ, B. et al. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas / Fundação IAC, 1997. 285 p.

Materiais biodegradáveis para uso na agricultura: estudos realizados no CCA/UFSCar visando o aproveitamento da vinhaça da cana-de-açúcar

Biodegradable materials for agriculture applications: research projects at CCA/UFSCar aiming the use of sugarcane vinasse

Mariana Altenhofen da Silva¹ 
Reinaldo Gaspar Bastos² 
Marcio Roberto Soares³ 

¹Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Tecnologia Agroindustrial e Socioeconomia Rural, Araras, SP, Brasil. mariana.alt@ufscar.br

²Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Tecnologia Agroindustrial e Socioeconomia Rural, Araras, SP, Brasil. reinaldo.bastos@ufscar.br

³Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Recursos Naturais e Proteção Ambiental, Araras, SP, Brasil. mrsoares@ufscar.br

RESUMO A demanda por água, alimentos e energia vem direcionando esforços voltados a tecnologias inovadoras de uso do solo que minimizem impactos ambientais. Projetos de pesquisa realizados no Centro de Ciências Agrárias (CCA/UFSCar) têm buscado o desenvolvimento de materiais biodegradáveis para uso agrícola, com foco no aproveitamento da vinhaça. A vinhaça é a principal água residuária do setor sucroenergético, sendo gerada na proporção de aproximadamente 10 L para cada L de etanol, com uma produção estimada em 300 bilhões L na safra 2020/2021. No Brasil, praticamente todo o volume de vinhaça é destinado à fertirrigação de canaviais. A vinhaça contém apreciáveis teores de K, Ca, Mg e N, mas seu uso indiscriminado pode acarretar impactos ambientais e sanitários. Uma das propostas do grupo de pesquisa para o aproveitamento desse subproduto é a obtenção de partículas sólidas à base de biopolímeros utilizando a vinhaça como solvente para aplicação como fertilizante de liberação lenta. A pectina do bagaço de frutas cítricas e a quitosana dos resíduos de crustáceos da indústria pesqueira são biopolímeros hidrofílicos que podem apresentar propriedades concomitantes e desejáveis de retenção de água e de liberação lenta dos nutrientes no solo. Além disso, são passíveis de biodegradação pela microbiota do solo, sem acúmulo de resíduos tóxicos. O baixo pH e a composição da vinhaça a torna um solvente interessante para a produção de géis de pectina e quitosana para a obtenção de partículas com vinhaça. A obtenção de material particulado a partir da vinhaça viabiliza uma distribuição similar à dos fertilizantes sólidos, permite retardar a liberação de nutrientes e amplia suas possibilidades de uso em outras culturas agrícolas. Além das partículas, filmes biodegradáveis com incorporação de vinhaça também estão sendo desenvolvidos com o objetivo de substituir materiais



Este é um capítulo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença [Creative Commons Attribution](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

plásticos de amplo uso na agricultura, como *mulching*, embalagem de mudas, acomodação de plantas em viveiros e disposição de sementes. O uso de materiais que podem ser biodegradados no solo pode atenuar os impactos ambientais gerados pelo acúmulo e descarte dos materiais convencionais de origem petroquímica. Filmes de pectina e vinhaça com características mecânicas, de barreira e biodegradação adequadas foram obtidos com excelentes perspectivas de aplicação na agricultura, representando assim uma alternativa ao aproveitamento da vinhaça. Este capítulo tem como objetivo divulgar as pesquisas da área de materiais biodegradáveis e o aproveitamento de bioprodutos, assim como as suas perspectivas de uso na agricultura.

Palavras-chave: Biopolímeros; etanol; água residuária; fertilizante de liberação lenta; filmes.

ABSTRACT The increasing demand for water, food, and energy, has directed efforts toward innovative land-use technologies that minimize environmental impacts. Research studies at the Center of Agricultural Sciences of the Federal University of São Carlos (CCA/UFSCar) have focused on developing biodegradable materials for agricultural applications, intending to reuse sugarcane vinasse. Vinasse, the main wastewater from the sugar and ethanol industry, is generated in large volumes (about 10 L per liter of ethanol). Considering the 2020/2021 Brazilian crop season, more than 300 billion L of vinasse were produced. In Brazil, most volume of vinasse is destined for the fertigation of sugarcane fields. Vinasse contains high K, Ca, Mg, and N levels, but its indiscriminate use can lead to negative environmental impacts. One of the research projects aimed to obtain solid particles based on biopolymers, using sugarcane vinasse as a solvent, for application as a slow-release fertilizer. Citrus pectin and chitosan are hydrophilic biopolymers that hinder the release of nutrients into the soil and can also enhance water retention properties. Besides, they undergo biodegradation by the soil microbiota, avoiding the accumulation of toxic residues. The low pH and composition of vinasse make it an appealing solvent for producing pectin and chitosan gels to obtain particles enriched with vinasse. Solid particles containing vinasse enable the distribution in the field as solid fertilizers, delaying the release of nutrients and expanding the use of vinasse in agricultural crops other than sugarcane. Also, biodegradable films enriched with vinasse are being produced aiming at replacing synthetic plastic materials widely used in agriculture as mulching, seedling bags, plant containers, and seed tape. These biodegradable materials can mitigate the environmental impacts generated by the accumulation and disposal of fossil-based materials. Films of pectin and vinasse with adequate mechanical and barrier properties were obtained with excellent prospects for agriculture applications, representing another alternative to the use of vinasse. This chapter intends to promote our research in biodegradable materials and the use of bioproducts and their perspectives for use in agriculture.

Keywords: Biopolymers; ethanol; wastewater; slow-release fertilizer; mulching.

1. INTRODUÇÃO

A vinhaça é a principal água residuária do setor sucroenergético gerada no processo de fermentação/destilação do caldo de cana, melaços e suas misturas. As tecnologias atuais resultam na proporção de 10 -14 L de vinhaça para cada L de etanol produzido, totalizando a geração de mais de 320 bilhões de litros de vinhaça por safra no Brasil. Como

a disposição direta dessa água residuária em corpos hídricos é proibida e a fertirrigação é limitada pelas características químicas da vinhaça e do solo, bem como a distância considerada econômica para seu transporte, novas tecnologias visando a um aproveitamento mais sustentável da vinhaça se tornam necessárias e têm sido tema de diversas pesquisas. Considerando que o uso mais comum da vinha-

ça seja na fertirrigação na cultura da cana-de-açúcar próximas a usinas, a obtenção de partículas fertilizantes de liberação lenta à base de biopolímeros e vinhaça pode tornar essa aplicação mais viável, permitindo o seu transporte para além da distância econômica e minimizar a lixiviação de íons que pode levar à contaminação, dentre outros impactos ambientais. Além disso, filmes biodegradáveis enriquecidos com vinhaça para cobertura de solo e outras aplicações na agricultura representam uma alternativa ao uso e aproveitamento da vinhaça. Este capítulo tem como objetivo trazer uma revisão de aspectos relacionados à aplicação de biopolímeros no aproveitamento e na valorização da vinhaça e divulgar as pesquisas da área realizadas no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de São Carlos (CCA/UFSCar).

2. PRODUÇÃO DE ETANOL

A demanda crescente por fontes alternativas e mais limpas de energia tem impulsionado o interesse pelo etanol, que vem sendo utilizado por mais de 50 anos e é considerado um dos mais importantes e sustentáveis biocombustíveis no mundo (BERGMANN et al., 2018; FITO; TEFERA; VAN HULLE, 2019; FUESS; RODRIGUES; GARCIA, 2017). Diversas biomassas podem ser usadas para a produção de etanol, incluindo aquelas à base de sacarose (cana-de-açúcar, beterraba e sorgo), amido (milho, mandioca, arroz e trigo) e material lignocelulósico (bagaço, palha

e madeira) (BAJPAI, 2021). No entanto, devido à disponibilidade da matéria-prima e aos avanços tecnológicos, grande parte do etanol produzido no mundo deriva do milho e da cana-de-açúcar, sendo 59 e 22%, respectivamente (ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT, 2022). A Figura 1 ilustra os principais países produtores e as matérias-primas utilizadas para produção de etanol. Os Estados Unidos e o Brasil lideram a produção mundial, respondendo por 73% da produção total média de 2019-2021 (124,7 bilhões de L), seguidos da China (8,4%), Índia (2,9%), Canadá (1,6%) e Tailândia (1,4%).

Apesar de o etanol de milho representar a maior produção em termos globais, o etanol da cana-de-açúcar tem atraído muita atenção e é usado em diversos países, incluindo o Brasil. A cana-de-açúcar exibe maior produtividade em etanol comparativamente ao milho, rendendo de 5 - 10,8 m³/ha, em relação a 2 - 4,6 m³/ha do milho, além de apresentar menor emissão de gases do efeito estufa (GEE) (MANOCHIO et al., 2017). O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, sendo que na safra de 2020/2021 foram colhidas 654 milhões de toneladas de cana-de-açúcar cultivadas em aproximadamente 8,6 milhões de hectares de área plantada (BRASIL, 2022). A energia proveniente de biomassa é a principal fonte de energia renovável no Brasil, representando 19,1% da matriz energética nacional (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2021). Nos próximos anos, é esperado um crescimento na demanda por etanol no país devido aos acordos estabeleci-

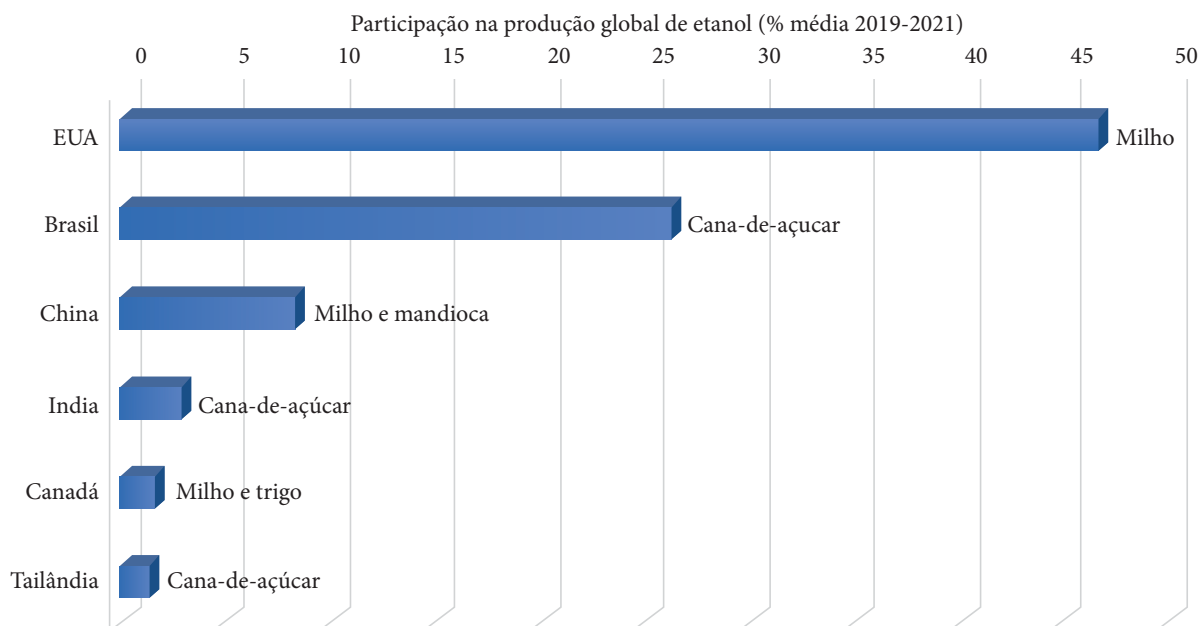


FIGURA 1 - Participação dos principais países produtores na produção global de etanol (% média 2019-2021) e as matérias-primas utilizadas (ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT 2022).

dos na Conferência das Nações Unidas sobre as Mudanças Climáticas (COP21). O recém lançado Programa Renova-Bio prevê uma redução de mais de 10% da emissão de GEE na matriz energética de transporte até 2028. No Brasil, as unidades de processamento de cana-de-açúcar trabalham tipicamente em sistemas integrados de produção de álcool e açúcar, as chamadas destilarias anexas (BASTOS et al., 2022; DIAS et al., 2015). Um diagrama esquemático típico de uma unidade produtora de açúcar e etanol de primeira geração é apresentado na Figura 2. O processo industrial de produção de etanol e açúcar começa com a recepção da cana-de-açúcar colhida mecanicamente, a limpeza e a extração do caldo. A extração do caldo se dá em moendas, geralmente com adição de água para máxima recuperação da sacarose. O caldo é então tratado para remoção de impurezas e redução da contaminação em peneiras, seguido de ajuste do pH a 5,6 - 5,8, aquecimento, floculação, concentração a 50 - 60° Brix e resfriamento. Após a cristalização para a produção do açúcar, é obtida uma solução residual concentrada, ou melaço. O melaço e o caldo de cana são misturados e usados como substrato para fermentação, que leva em torno de 6 - 12h em fermentadores em sistema de batelada alimentada, usando a levedura *Saccharomyces cerevisiae* recuperada do ciclo anterior. O produto alcoólico resultante (7 - 12°GL), chamado de vinho, segue para a etapa de destilação e desidratação para produção do etanol anidro (LOPES et al., 2016), resultando em vinhaça como subproduto (BERGMANN et al., 2018). O vapor e a eletricidade

utilizadas no processo são provenientes da queima do bagaço e da palha, e a energia excedente é vendida para a concessionária de energia elétrica. Nos últimos anos, o bagaço e palha têm atraído atenção para a produção de etanol de segunda geração.

3. VINHAÇA DE CANA-DE-AÇÚCAR

A vinhaça da cana-de-açúcar, também chamada de vinhoto, é um líquido altamente poluente resultante do processo de fermentação/destilação do caldo, melaço ou da mistura de ambos (FITO; TEFERA; VAN HULLE, 2019). A vinhaça representa a água residuária mais expressiva do setor sucroenergético, em termos tanto qualitativos como quantitativos. As tecnologias atuais de produção resultam na geração de 10 - 14 L de vinhaça para cada litro de etanol produzido (SILVA et al., 2017; FITO; TEFERA; VAN HULLE, 2019; TREVISAN et al., 2020). Assim, considerando que a produção brasileira de etanol na safra 2021/2022 foi de aproximadamente 32 bilhões de litros (BRASIL, 2022), foram gerados mais de 320 bilhões de litros de vinhaça.

Essa água residuária se caracteriza por odor forte, coloração marrom escuro, pH na faixa de 3,7 a 4,5 e elevados valores de compostos inorgânicos e matéria orgânica em termos de demanda química de oxigênio (DQO) e demanda bioquímica de oxigênio (DBO) (BASTOS et al., 2022; BRASIL; SILVA; SIQUEIRA, 2017).

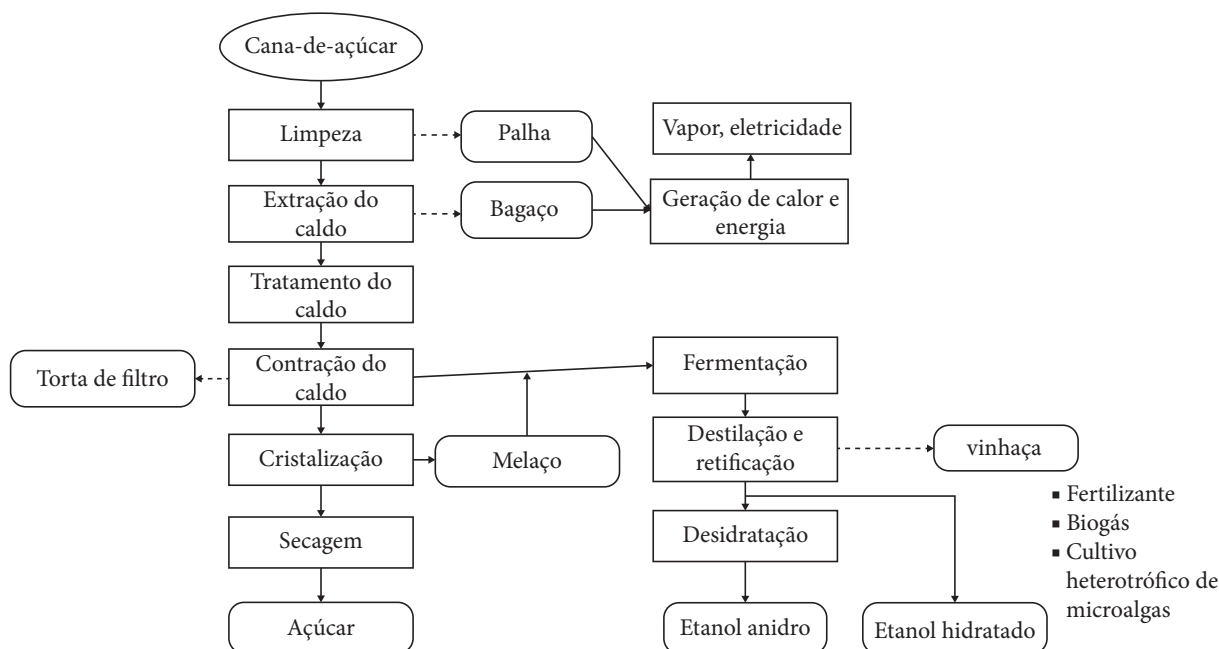


FIGURA 2 - Fluxograma simplificado do processo de produção de etanol e açúcar. Fonte: Adaptado de Dias et al. (2015)

Atualmente, não existe um tratamento convencional para a vinhaça que seja capaz de alcançar os limites legais permitidos para seu descarte direto em corpos d'água. No Brasil, o descarte direto era uma prática comum até sua proibição em 1980 (BRASIL, 1980). Desde então, a fertirrigação de lavouras de cana-de-açúcar, a qual consiste na aplicação da vinhaça *in natura* no solo, é considerada a principal solução para o descarte da vinhaça e tem sido a alternativa do setor sucroenergético para neutralizar parcialmente o potencial poluidor da vinhaça (CHRISTOFOLETTI et al., 2013).

Quando aplicada no solo, a vinhaça pode promover uma melhoria da fertilidade e das características do solo, conseqüentemente reduzindo a quantidade de fertilizantes inorgânicos e beneficiando as culturas agrícolas. No entanto, as taxas de aplicação da vinhaça dependem das características químicas da vinhaça, bem como do solo e da cultura, e não devem exceder a capacidade de retenção de íons na zona de absorção efetiva de raiz (até 0,8 m do perfil do solo). Doses superestimadas podem levar à lixiviação de íons, especialmente o nitrato (NO_3^-) e potássio (K^+), que, por sua vez, podem afetar áreas adjacentes e águas subterrâneas, causando impactos sanitários e ambientais. Outros impactos associados à fertirrigação incluem a salinização e acidificação do solo e a carga orgânica excedente (FUESS; RODRIGUES; GARCIA, 2017). No Brasil, as dosagens legais permitidas para a fertirrigação são reguladas pela Normativa Técnica P4.231 (COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2015), estabelecendo em média $150 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. O cálculo depende do conteúdo de potássio e da capacidade de troca catiônica (CTC) do solo (até 0,8 m de profundidade), além do conteúdo de potássio (em K_2O) da vinhaça. Apesar de ser considerada um grande avanço em termos de legislação ambiental, a normativa vigente tem sido alvo de críticas, pois as dosagens de outros compostos, como nitratos, sulfatos e matéria orgânica, não são consideradas no cálculo, conseqüentemente podendo desencadear efeitos ambientais negativos (FUESS; RODRIGUES; GARCIA, 2017).

Por ser uma água residuária, a vinhaça é gerada em grandes volumes, com aproximadamente 93% de água, portanto, sua aplicação em áreas mais afastadas das destilarias pode ser limitada por custos de transporte. O transporte da vinhaça para o campo por caminhão ou dutos é estritamente dependente do balanço entre os custos de transporte e fertilização inorgânica, havendo uma distância econômica acima da qual a fertirrigação se torna inviável. Assim, as áreas de plantio de cana-de-açúcar próximas à usina podem se tornar insuficientes para absorver os atuais volumes de vinhaça e atender aos padrões da legislação vigente. A aplicação repetitiva de vinhaça pode aumentar o risco de saturação do solo e gerar impactos negativos, como desbalanço

nutricional do solo, contaminação de lençóis freáticos, intensificação de odor desagradável e proliferação de insetos e vetores urbanos (PARSAEE; DEH KIANI; KARIMI, 2019). Por essas razões, a disposição da vinhaça tem se tornado um dos grandes desafios do setor sucroenergético. Conseqüentemente, tecnologias alternativas para o uso desses resíduos têm sido propostas, incluindo a biodigestão para produção de biogás, tratamentos aeróbio e anaeróbio, aplicação como meio de cultivo para produção de proteína unicelular, uso em ração animal e concentração por evaporação (CHRISTOFOLETTI et al., 2013; PARSAEE; DEH KIANI; KARIMI, 2019).

O uso da vinhaça concentrada vem sendo considerado uma alternativa viável de aplicação para além da máxima distância econômica. Além da redução dos custos de transporte, a vinhaça concentrada dispensa a aspersão e, dependendo da concentração, a aplicação pode ser feita por meio da distribuição na linha, como ocorre na aplicação convencional de fertilizantes sólidos. No entanto, essa concentração demanda alto custo energético, dessa maneira, métodos alternativos de concentração vêm sendo estudados, tais como os métodos de separação por membranas. Nataraj, Hosamani e Aminabhavi (2006) descreveram um processo híbrido de nanofiltração e osmose reversa para concentrar e remover contaminantes da vinhaça.

Os processos de digestão anaeróbia têm demonstrado sucesso na redução dos níveis de matéria orgânica com produção de biogás (PARSAEE; DEH KIANI; KARIMI, 2019). No entanto, outros processos são necessários para reduzir ainda mais os níveis de componentes orgânicos e inorgânicos da vinhaça remanescente. Estes podem se tratar de processos físico-químicos comuns, como floculação e/ou adsorção, embora tecnologias mais avançadas, tais como eletrocoagulação, ultrafiltração e tratamento com ozônio, também venham sendo propostas (FUESS; RODRIGUES; GARCIA, 2017; MONTAÑO et al., 2019; MORAES; ZAIAT; BONOMI, 2015; REIS et al., 2019).

A fermentação da vinhaça seguida de biodigestão anaeróbia pode representar uma alternativa inovadora visando à obtenção de produtos de alto valor agregado de interesse por parte de diversas indústrias, como a de alimentos, cosmética, farmacêutica e têxtil. A vinhaça é rica em fontes de carbono, tais como açúcares, ácidos e álcoois, além de aminoácidos e proteínas. Portanto, uma ampla variedade de produtos pode ser obtida por meio de rotas biotecnológicas a partir dos componentes da vinhaça, como carotenoides, ácidos graxos poli-insaturados, vitaminas, enzimas, biosurfactantes e metano (FERNANDES et al., 2017).

O uso da vinhaça também tem sido considerado para a função de substrato no cultivo heterotrófico de microalgas e produção de biodiesel, proteína, pigmentos, biopolímeros, dentre outros compostos (SILVA et al., 2017; JE-

SUS; BASTOS; SILVA, 2019; MATTOS; BASTOS, 2016; MARQUES et al., 2013; NASPOLINI et al., 2017; REIS; HU, 2017; SANTANA et al., 2017). O cultivo de microalgas em vinhaça promove a remoção de matéria orgânica, cor e nutrientes, melhorando as características do efluente para fertirrigação (DE MATTOS; BASTOS, 2016).

4. COMPOSIÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA VINHAÇA DE CANA-DE-AÇÚCAR

A determinação da composição dos componentes orgânicos e inorgânicos da vinhaça e suas variações é de grande interesse para a indústria e a academia como forma propor e viabilizar alternativas inovadoras para o uso, tratamento e disposição da vinhaça (GODOI et al., 2019).

As características físico-químicas da vinhaça são variáveis e dependem da matéria-prima (variedade e grau de maturação da cana-de-açúcar), preparação do mosto (caldo, melaço ou suas misturas), métodos de fermentação e destilação (ESPAÑA-GAMBOA et al., 2011). O sistema de plantio, manejo do solo e uso de fertilizantes também podem afetar a composição da vinhaça. Os processos de tratamento do caldo, tais como a sulfitação, podem aumentar a concentração de compostos sulfurados, especialmente dos sulfatos (DELLA-BIANCA et al., 2013). Godoi et al. (2019) avaliaram a variação sazonal da vinhaça de cana-de-açúcar nas safras e em três diferentes safras (2015-2017) de uma refinaria brasileira. Os autores concluíram que o cultivo da cana-de-açúcar e os parâmetros de processamento foram os principais fatores que influenciaram a composição da vinhaça.

A Quadro 1 mostra a composição média da vinhaça *in natura* (BETTANI et al., 2019; CANDIDO; BERNARDO; LOMBARDI, 2021; GODOI et al., 2019; MATTOS; BASTOS, 2016; FUESS; GARCIA; ZAIAT, 2018; FUESS; RODRIGUES; GARCIA, 2017; MORAIS; BASTOS, 2019; NASPOLINI et al., 2017; REIS et al., 2019). A vinhaça apresenta uma elevada carga de matéria orgânica e, conseqüentemente, altos níveis de Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO (14,4 – 27,0 g L⁻¹) e Demanda Química de Oxigênio – DQO (22,9 – 51,8 g L⁻¹), as quais demonstram o alto poder poluidor desse efluente. A vinhaça também contém macronutrientes primários (N-NO₃⁻, N-NH₄⁺ e, principalmente, potássio K⁺) e secundários (Ca²⁺, Mg²⁺ e SO₄²⁻), além de micronutrientes (Cu²⁺, Fe²⁺, Mn²⁺ e Zn²⁺) (MORAIS; BASTOS, 2019).

A natureza ácida da vinhaça está relacionada à etapa de fermentação, visto que a transformação do açúcar em etanol ocorre em condições ácidas para inibir a contaminação microbiana. Esta também pode ser atribuída a leveduras selvagens não-*Saccharomyces* e bactérias que produzem ácidos orgânicos como metabólitos (LOPES et al., 2016).

QUADRO 1 - Características físico-químicas da vinhaça de cana-de-açúcar.

Parâmetro	Faixa de valores*
pH	3,9 - 4,9
Temperatura no fundo da coluna de destilação (°C)	80 - 100
DBO (g L ⁻¹ O ₂)	14,4 - 27,0
DQO (g L ⁻¹ O ₂)	22,9 - 51,8
Sólidos totais (g L ⁻¹)	23,7 - 45,9
Carbono orgânico total (g L ⁻¹ C)	5,7 - 17,4
Nitrogênio (mg L ⁻¹ N)	119 - 1.404
Fósforo (mg L ⁻¹ P)	25,6 - 232,0
Potássio (mg L ⁻¹ K)	1.330 - 4.340
Cálcio (mg L ⁻¹ Ca)	292 - 2.240
Magnésio (mg L ⁻¹ Mg)	102 - 669
Sulfato (mg L ⁻¹ SO ₄ ²⁻)	918 - 3.800
Ferro (mg L ⁻¹ Fe)	5,7 - 18,7
Cobre (mg L ⁻¹ Cu)	0,13 - 1,16
Zinco (mg L ⁻¹ Zn)	0,25 - 1,29
Manganês (mg L ⁻¹ Mn)	1,01 - 4,62

*Bettani et al. (2019); Candido, Bernardo e Lombardi (2021); Godoi et al. (2019); Mattos e Bastos (2016); Fuess, Garcia e Zaiat (2018); Fuess, Rodrigues e Garcia (2017); Morais e Bastos (2019); Naspolini et al. (2017); Reis et al. (2019).

Potássio, cálcio e magnésio são os principais íons presentes na vinhaça de cana-de-açúcar (FUESS; GARCIA; ZAIAT, 2018). O potássio é o nutriente mais absorvido durante o crescimento da cana-de-açúcar, destacando-se assim a importância do uso da vinhaça como fertilizante e forma de reciclo da água e nutrientes. No entanto, os cátions sódio e potássio podem promover a dispersão de partículas de argila acarretando em uma diminuição da porosidade e permeabilidade do solo e perda da atividade microbiana (MUTTON; ROSSETTO; MUTTON, 2014).

Uma ampla variedade de compostos orgânicos tem sido identificada em amostras de vinhaça, tais como álcoois, aldeídos, cetonas, ésteres, ácidos e açúcares. Esses compostos podem ser oriundos da matéria-prima ou produzidos por degradação térmica durante a destilação. Glicerol, ácido láctico e sorbitol também estão presentes na vinhaça e, devido ao alto valor de mercado, podem impulsionar o desenvolvimento de rotas de extração visando à valorização desse resíduo (CARRILHO; LABUTO; KAMOGAWA, 2016; REIS; HU, 2017).

Compostos coloridos encontrados na vinhaça podem reduzir a penetração de luz e, conseqüentemente, a atividade fotossintética em ambientes aquáticos (PRASAD; RAM KUMAR; SRIVASTAVA, 2008). Alguns compostos fitotóxicos, antibacterianos e recalcitrantes, tais como fenóis, polifenóis, melanoidinas, furfural e metais pesados, também podem estar presentes (JOHNSON et al., 2019).

5. USO DE BIOPOLÍMEROS PARA TRATAMENTO E VALORIZAÇÃO DA VINHAÇA DE CANA-DE-AÇÚCAR

Partículas fertilizantes de liberação lenta à base de biopolímeros e vinhaça

Sem dúvida, o aumento da demanda global por água, alimentos e energia requer esforços urgentes por parte de órgãos governamentais, da academia e do setor produtivo para que se desenvolvam sistemas de produção mais sustentáveis que ofereçam segurança ambiental e de alimentos (CALABI-FLOODY et al., 2018). Assim, tecnologias alternativas inovadoras para a agricultura estão no centro dessa questão como elemento-chave para prevenir problemas futuros. Estas incluem o uso mais eficiente e menos agressivo de fertilizantes e pesticidas, tratamento e reuso de resíduos agroindustriais, fontes alternativas de energia, além de um melhor gerenciamento da água.

Duhan et al. (2017) relatam que cerca de 40–70% do nitrogênio (N), 80–90% do fósforo (P), e 50–70% do potássio (K) de fertilizantes são perdidos para o ambiente, causando assim enormes impactos econômicos e ambientais. Nesse sentido, uma das estratégias mais promissoras para contornar esse problema é o desenvolvimento de fertilizantes de liberação lenta/controlada, os quais podem ser combinados a outros agentes ativos, como enzimas e micro-organismos (RASHID et al., 2021). Esses sistemas, também conhecidos como fertilizantes de eficiência aprimorada, permitem reduzir a quantidade aplicada por exibirem padrões de liberação mais compatíveis com o ciclo das culturas. Os mecanismos mais utilizados para alcançar a liberação controlada ou lenta de fertilizantes são o uso de materiais que retardam a solubilidade do nutriente, o recobrimento do fertilizante mineral para evitar a liberação rápida e a restrição da razão superfície/volume do material. Diversos polímeros sintéticos e semissintéticos não biodegradáveis tem sido propostos e utilizados para o recobrimento de fertilizantes minerais, tais como poli(acrilamida), poli(acrilamida/acrilato de sódio), poli(acrilonitrila) e poliestireno (CERRI et al., 2020; ZHONG et al., 2013). No entanto, esses materiais geralmente necessitam do uso de solventes tóxicos, sendo que a maioria resulta em acúmulos de resíduos plásticos no solo, estimados em até 50 kg por hectare por ano (FERTAHİ et al., 2021; ROZO; BOHORQUES; SANTAMARÍA, 2019). Para

contornar essas limitações, tem se observado um interesse crescente no uso de materiais naturais, os quais geralmente envolvem baixo custo, são biodegradáveis, não tóxicos e podem melhorar as propriedades e a capacidade de retenção de água do solo (BETTANI et al., 2019; FERTAHİ et al., 2021; ZHONG et al., 2013).

Os biopolímeros mais utilizados para aplicações em fertilizantes de liberação lenta/controlada são amido, alginato, pectina, carragena, celulose, quitosana e goma guar. Os biopolímeros são geralmente hidrofílicos e apresentam resistência mecânica limitada comparativamente aos polímeros sintéticos. Assim, modificações físicas e químicas podem ser necessárias, como o uso de plastificantes e reticulantes, a mistura com outros biopolímeros e adição de nanomateriais de reforço (FERTAHİ et al., 2021).

As pectinas são polissacarídeos aniônicos complexos derivados principalmente de resíduos agroindustriais, tais como bagaço de maçã e citrus. As cadeias de pectina são formadas por resíduos dos ácido galacturônico unidos por ligação do tipo α -(1,4), as quais são parcialmente metil esterificadas, dependendo da fonte e do método de extração da pectina. O grau de esterificação (DE) determina o mecanismo de gelificação e as propriedades dos géis de pectina, sendo classificadas como pectinas de baixo teor de metoxilação (BTM, DE<50%) ou alto teor de metoxilação (ATM, DE> 50%). Pectinas BTM tendem a formar géis fortes pela interação com cátions divalentes, como o Ca^{2+} , descrito pelo modelo de caixa de ovos, semelhantemente aos alginatos (FANG et al., 2008). Por outro lado, nas pectinas ATM predominam ligações de hidrogênio e forças hidrofóbicas, sendo que a formação do gel ocorre em condições ácidas (pH < 3,5) e alto conteúdo de sólidos solúveis (GAWKOWSKA; CYBULSKA; ZDUNEK, 2018).

A quitosana também é um biopolímero promissor, obtida a partir do processo de desacetilação da quitina. A quitosana é um copolímero que consiste em unidades de D-glucosamina e N-acetil-glucosamina, unidas por ligações β -(1,4) (MICHALIK; WANDZIK, 2020). A massa molar e o grau de acetilação (DA) são as principais características que afetam as propriedades dos géis de quitosana. A quitosana é insolúvel em água, sendo solúvel em soluções diluídas de ácidos fracos devido à protonação dos grupos amínicos. A quitosana pode apresentar atividade antimicrobiana inerente, o que, por sua vez, pode representar um benefício adicional em relação ao seu uso na agricultura.

Algumas características da vinhaça, tais como baixo pH, alto conteúdo em sólidos solúveis e presença de íons cálcio (GODOI et al., 2019; NAVARRO; DEL; RUBIO, 2000), fazem do efluente um meio líquido interessante para a formação dos géis de pectina e quitosana, expandindo

assim as alternativas de disposição da vinhaça e seu uso como fertilizante de liberação lenta. Bettani et al. (2019) investigaram o processo de formação de fertilizantes particulados à base de pectina e vinhaça de cana-de-açúcar por meio de técnica de gotejamento. A vinhaça *in natura* teve a função de solvente para o biopolímero (pectina), promovendo a formação e estabilidade do gel, além de agir como fonte de nutrientes. A composição química das partículas secas indicou altas concentrações de N, K, Ca, Mg e micronutrientes. Além disso, foi testada a incorporação de biomassa desengordurada da microalga *Desmodesmus subspicatus* em partículas de pectina e vinhaça, obtendo-se um aumento nas concentrações de nutrientes. A biomassa microalgal desengordurada é o subproduto do processo de extração da fração lipídica das microalgas para a produção de biodiesel. Sendo a microalga cultivada em sistema heterotrófico utilizando vinhaça como meio de cultura, os processos integrados de produção de biodiesel e aproveitamento de efluentes seguem o conceito sustentável de biorrefinaria. Comparada à fertirrigação, as partículas sólidas enriquecidas com vinhaça oferecem uma forma eficiente e inovadora de fertilização e disposição dessa água residuária. As partículas secas podem ser facilmente transportadas e, conseqüentemente, podem ser aplicadas em outras culturas além da cana-de-açúcar.

Em um outro estudo do grupo de pesquisa, Cerri et al. (2020) caracterizaram e avaliaram as propriedades de retenção de água de partículas à base de pectina e vinhaça e quitosana e vinhaça (Figura 3). Semelhantemente ao indicado no trabalho anterior, foram obtidas partículas sólidas estáveis com alta retenção dos nutrientes da vinhaça. As partículas de quitosana/vinhaça exibiram melhor resistência mecânica e umidade em relação às partículas de pectina/vinhaça. Ambas foram capazes de retardar as taxas de evaporação de água em solos arenosos, indicando assim uma funcionalidade adicional desses fertilizantes.

Coberturas de solo biodegradáveis enriquecidas com vinhaça

A versatilidade e o relativo baixo custo dos plásticos sintéticos refletem o seu amplo uso para as mais diversas aplicações, incluindo na agricultura, em que são usados como cobertura de estufas, cobertura de solo (*mulching*), sistemas de irrigação, recipientes para plantas e mudas, redes, sacos e bandejas (ADHIKARI et al., 2016; GAMAGE et al., 2022). Em 2020, o setor da agricultura apresentou uma demanda global de 11,7 milhões de toneladas de plásticos, representando em torno de 3,3% da produção total de plásticos (PLASTIC EUROPE, 2021). Os polímeros sintéticos derivados de petróleo dominam o mercado atual. No entanto, a escassez de recursos fósseis e os impactos ambientais negativos, tais como a contaminação do solo e acúmulo de resíduos plásticos, vêm impulsionando a procura por materiais alternativos. Assim, o uso de biopolímeros é de grande interesse para o desenvolvimento de alternativas mais sustentáveis, econômicas e favoráveis ao meio ambiente a serem aplicadas na agricultura.

Materiais de fonte natural demonstraram uma capacidade de mercado global de 2,4 milhões de toneladas, com uma estimativa de crescimento para 7,6 milhões de toneladas até 2026 (EUROPEAN BIOPLASTICS, 2021). Polímeros de fonte natural, tais como amido, celulose, quitosana, glucomanana e alginato, têm sido propostos para aplicações como cobertura de solo (*mulching*), recipientes de plantas e revestimento de sementes, devido à sua natureza biodegradável e capacidade de melhoria das propriedades do solo (SANTOS et al., 2020). Subprodutos e resíduos agroindustriais geralmente são fontes ricas em biopolímeros e podem contribuir para uma economia circular visando a tais aplicações (GEORGE et al., 2020).

As coberturas de solo (*mulching*) apresentam vantagens do ponto de vista tanto agrônômico quanto fitossanitário. Elas podem prevenir o crescimento de plantas

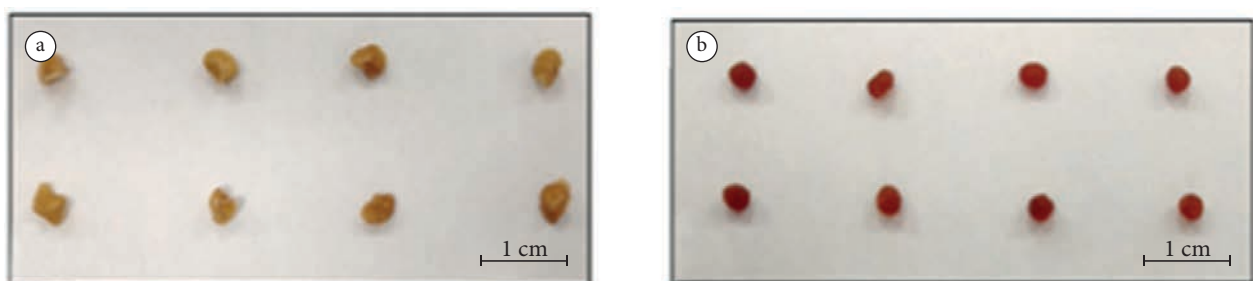


FIGURA 3 - Aspecto visual de partículas fertilizantes de pectina/vinhaça (A) e quitosana/vinhaça (B).
Fonte: Próprios autores

daninhas e reduzir a necessidade de agroquímicos, além de favorecerem a cultura pela manutenção da umidade e da temperatura e evitarem o contato direto do produto com o solo e sujidades. O polietileno de baixa densidade é o material mais utilizado para tal fim, garantindo uma adequada resistência mecânica e barreira à luz e umidade. Apesar disso, as coberturas devem ser removidas do campo após cada ciclo, demandando muito trabalho manual ou maquinário específico. Os resíduos plásticos são geralmente descartados em uma vala ou queimados, resultando em emissões tóxicas no ambiente (IMMIRZI et al., 2009). Nesse sentido, alternativas biodegradáveis podem minimizar esses efeitos.

Biopolímeros podem ser processados por extrusão, *casting* ou *spray* para formar filmes e coberturas (ADHIKARI et al., 2016). Em relação aos materiais sintéticos, o alto custo e as propriedades mecânicas e de barreira inferiores ainda impõem os maiores desafios para o uso de coberturas de solo à base de biopolímeros. Idealmente, o material precisa se manter intacto no solo até o fim do ciclo da cultura para, então, ser biodegradado dentro de alguns meses. Estratégias para melhorar as propriedades dos materiais incluem modificação química, reticulação, misturas com outros biopolímeros, além de adição de plastificantes e de materiais de reforço. Fibras de celulose, farelo de trigo, microalga seca e outros componentes naturais têm sido adicionados para melhorar as propriedades de filmes de biopolímeros para aplicação em cobertura de solo (ADHIKARI et al., 2016).

As matrizes dos biopolímeros também podem carregar agentes ativos, como nutrientes, pigmentos e promotores de crescimento. Filmes compostos de amido e quitosana com adição de ácido cítrico e pigmento preto demonstraram potencial para aplicação como cobertura biodegradável para vegetais de ciclo curto e cultivo de flores (BRANDELERO et al., 2019).

A glucomanana é um polissacarídeo neutro pertencente à família das mananas e à classe hemicelulose (ALONSO-SANDE et al., 2009). É extraída principalmente de tubérculos da espécie *Amorphophallus konjac*, uma planta perene pertencente à família Araceae e de origem asiática. Independentemente da origem de extração da glucomanana, sua estrutura é constituída por monômeros de D-manose e D-glicose, unidos por ligações $\beta(1 - 4)$, entretanto, as proporções destes monômeros, a massa molecular e o teor de acetilação variam de acordo com a fonte do polímero. A glucomanana konjac (KGM) possui uma relação de manose/glicose de aproximadamente 1,6:1 (CHAMBI; GROSSO, 2011; GENEVRO et al., 2019; KURT; KAHYAOGU, 2014).

Sua utilização mais comum é na alimentação e como ingrediente em aplicações da medicina tradicional chinesa. Porém, devido à sua habilidade de formação de filme

e boas propriedades de barreira à umidade, aliadas a características de biocompatibilidade, biodegradabilidade e não toxicidade, alguns estudos têm indicado sua aplicação nas indústrias de alimentos e farmacêutica, no preparo de filmes, coberturas e sistemas de liberação controlada (BEHERA; RAY, 2017; XIAO; GAO; ZHANG, 2000; ZHANG; CHEN; YANG, 2014). A formação de géis estáveis de KGM se dá na presença de um coagulante alcalino, como o $\text{Ca}(\text{OH})_2$, pois reage com os grupos carbonila ($\text{C}=\text{O}$) pertencentes aos grupamentos acetila, facilitando a desacetilação e proporcionando a junção das cadeias poliméricas por meio de ligações de hidrogênio e interações hidrofóbicas (HUANG et al., 2015). A KGM possui uma alta capacidade de retenção de água, sendo capaz de aumentar até 100 vezes seu volume. Em solução aquosa forma um gel altamente viscoso, mesmo em baixíssimas concentrações (ZHANG et al., 2017).

O alginato é um polissacarídeo aniônico extraído principalmente da parede celular de diversas espécies de algas pardas (classe Phaeophyceae), podendo representar até 40% da matéria seca. Quimicamente, é um copolímero linear composto de resíduos dos ácidos β -D-manurônico (M) e α -L-gulurônico (G), que são unidos por ligações glicosídicas do tipo (1-4). Esses monômeros podem ser organizados em blocos de resíduos G consecutivos (blocos GG), de resíduos M consecutivos (blocos MM) ou resíduos alternados de M e G (blocos MG) (HAN; WANG, 2017; LEE; MOONEY, 2012).

Apesar de serem fortes, os filmes formados pelo alginato exibem pouca resistência à água devido à sua natureza hidrofílica. No entanto, a habilidade do alginato de formar géis fortes e insolúveis com cátions divalentes, como o cálcio, pode ser utilizada para melhorar tais propriedades dos filmes de alginato (LIU et al., 2016). O mecanismo que melhor descreve a formação de géis de alginato na presença de íons cálcio é chamado de modelo “caixa de ovos”, descrevendo zonas de junção em alginatos como consequência da interação entre os grupos carboxílicos de cadeias adjacentes (COSTA et al., 2018; LEE; MOONEY, 2012).

Com o objetivo de proporcionar outro uso alternativo para a vinhaça da cana-de-açúcar, filmes à base de alginato e glucomanana do *konjac* enriquecidos com vinhaça (usada como meio solvente para os biopolímeros) foram produzidos por meio do método de *casting*, que consiste em aplicar a solução polimérica em um suporte, seguida de evaporação do solvente. Para melhorar a propriedade de barreira à umidade, os filmes foram reticulados com solução de cloreto de cálcio, resultando em estruturas flexíveis, fortes e com baixa solubilidade em água (Figura 4). A adição da vinhaça nos filmes melhorou a flexibilidade e reduziu a transmitância em 450 nm, comparativamente aos filmes sem vinhaça (SANTOS et al., 2020).

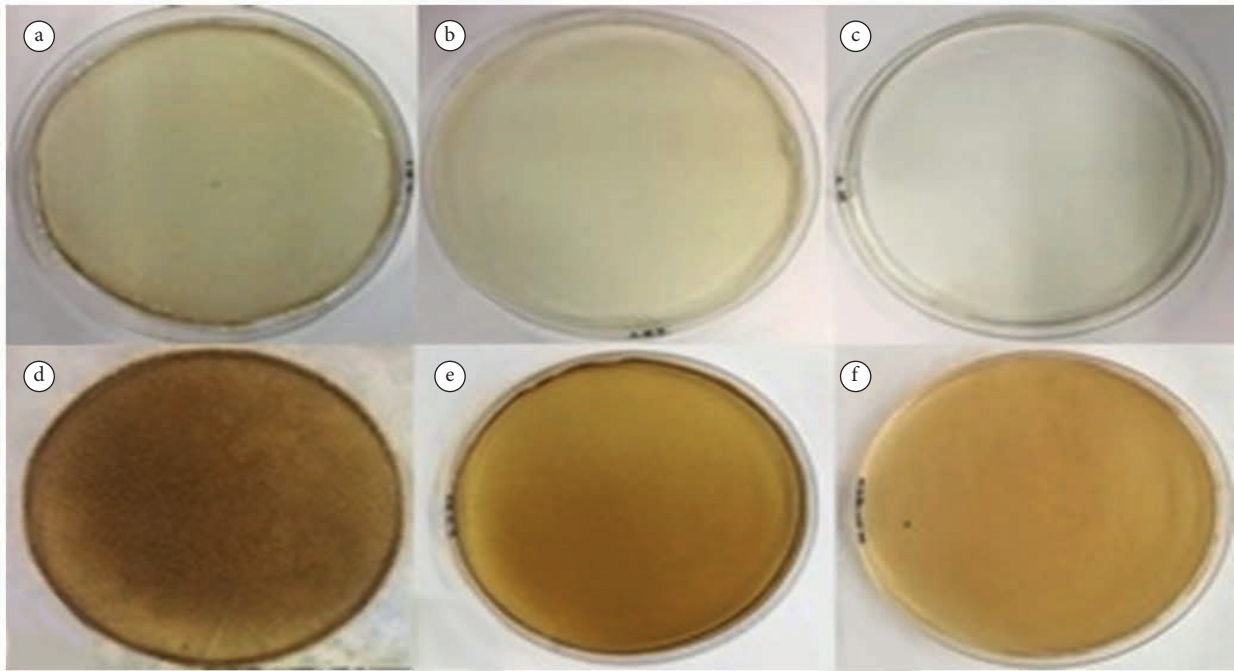


FIGURA 4 - Aspecto visual dos filmes de alginato (ALG) e glucomanana (KGM), com e sem vinhaça (VIN): KGM 1,5% (A), KGM:ALG (1:1) 1,5% (B), ALG 1,5% (C), KGM/VIN 1,5% (D), KGM:ALG/VIN (1:1) 1,5% (E), ALG/VIN 1,5% (F).

Fonte: Próprios autores

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O destino dos grandes volumes de vinhaça provenientes da produção de etanol é uma preocupação. Apesar da fertilização ser capaz de neutralizar o potencial poluidor desse resíduo, tal prática é limitada pelas características do solo e da distância economicamente viável para seu transporte, aspectos que acabam gerando altos volumes excedentes dessa água residuária. Dessa forma, desenvolver estratégias inovadoras e novas oportunidades para lidar com esse problema é a chave para alcançar sustentabilidade e os objetivos da economia circular. Biopolímeros e seus derivados se apresentam como alternativas indispensáveis para muitas aplicações. Esses materiais podem não somente atender aos aspectos ambientais, mas também satisfazer as futuras necessidades envolvidas em inovações tecnológicas. Assim, a associação de biopolímeros com a vinhaça visa a alternativas para a disposição e valoração desse importante resíduo. O desenvolvimento de fertilizantes de liberação lenta à base de biopolímeros e vinhaça e a produção de filmes enriquecidos com vinhaça representam novas oportunidades a serem exploradas. O aprisionamento dos nutrientes da vinhaça em materiais sólidos pode aumentar a eficiência e expandir o uso agrícola dessa água residuária. Os aspectos multidisciplinares envolvidos no desenvolvimento dessas pesquisas, abordando soluções biotecnológicas alternativas para resíduos agroindustriais, podem inspirar estudos futuros tanto no CCA/UFSCar como fora do ambiente acadêmico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADHIKARI, R. et al. Preformed and sprayable polymeric mulch film to improve agricultural water use efficiency. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 169, p. 1-13, 2016. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2016.02.006>.
- ALONSO-SANDE, M. et al. Glucomannan, a promising polysaccharide for biopharmaceutical purposes. **European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics**, New York, v. 72, n. 2, p. 453-462, 2009. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejpb.2008.02.005>. PMID:18511246.
- BAJPAI, P. **Developments in bioethanol**. 1. ed. Singapore: Springer Singapore, 2021. E-book. <http://dx.doi.org/10.1007/978-981-15-8779-5>.
- BASTOS, R. G. et al. Challenges for microalgae cultivation in sugarcane processing wastewater (vinasse) for biodiesel production: from the bench to pilot scale. In: JACOB-LOPES, E.; ZEPKA, L. Q.; MARONEZE, M. M. (Ed.). **3rd generation biofuels disruptive technologies to enable commercial production**. Cambridge: Woodhead Publishing, 2022. p. 1001-1018.
- BEHERA, S. S.; RAY, R. C. Nutritional and potential health benefits of konjac glucomannan, a promising polysaccharide of elephant foot yam, *Amorphophallus konjac* K. Koch: a review. **Food Reviews International**, New York, v. 33, n. 1, p. 22-43, 2017. <http://dx.doi.org/10.1080/87559129.2015.1137310>.
- BERGMANN, J. C. et al. Technological advancements in 1G ethanol production and recovery of by-products based on the




- biorefinery concept. In: CHANDEL, A. K.; SILVEIRA, M. H. L. (Ed.). **Advances in sugarcane biorefinery**: technologies, commercialization, policy issues and paradigm shift for bioethanol and by-products. Amsterdam: Elsevier, 2018. p. 73-95.
- BETTANI, S. R. et al. Sugarcane vinasse and microalgal biomass in the production of pectin particles as an alternative soil fertilizer. **Carbohydrate Polymers**, New York, v. 203, p. 322-330, 2019. <http://dx.doi.org/10.1016/j.carbpol.2018.09.041>. PMID:30318219.
- BRANDELERO, R. et al. New approach of starch and chitosan films as biodegradable mulching. **Revista Virtual de Química**, Dois Vizinhos, v. 11, n. 3, p. 686-698, 2019. <http://dx.doi.org/10.21577/1984-6835.20190051>.
- BRASIL, B. S. A. F.; SILVA, F. C. P.; SIQUEIRA, F. G. Microalgae biorefineries: the Brazilian scenario in perspective. **New Biotechnology**, Amsterdam, v. 39, n. Pt A, p. 90-98, 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.nbt.2016.04.007>. PMID:27343427.
- BRASIL. Portaria nº 158, de 3 de novembro de 1980. Dispõe sobre o lançamento de vinhoto em coleções hídricas, provenientes de destilarias de álcool, de bebidas alcoólicas e usinas de açúcar. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 6 nov. 1980. Disponível em: <<https://www.ibama.gov.br/component/legislacao/?view=legislacao&legislacao=91653>>. Acesso em: 27 jun. 2022.
- BRASIL. Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB. **Safra brasileira de cana-de-açúcar**: safra 2021/22 - 2º levantamento. Brasília, 2022. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cana>>. Acesso em: 23 nov. 2022.
- CALABI-FLOODY, M. et al. Smart fertilizers as a strategy for sustainable agriculture. **Advances in Agronomy**, Amsterdam, v. 147, p. 119-157, 2018. <http://dx.doi.org/10.1016/bs.agron.2017.10.003>.
- CANDIDO, C.; BERNARDO, A.; LOMBARDI, A. T. Optimization and qualitative comparison of two vinasse pre-treatments aiming at microalgae cultivation. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 26, n. 2, p. 359-367, 2021. <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-415220190306>.
- CARRILHO, E. N. V. M.; LABUTO, G.; KAMOGAWA, M. Y. Destination of vinasse, a residue from alcohol industry: resource recovery and prevention of pollution. In: PRASAD, M. N. V.; SHIH, K. (Ed.). **Environmental materials and waste**: resource recovery and pollution prevention. Local: editora, 2016. p. 21-43.
- CERRI, B. C. et al. Evaluation of new environmental friendly particulate soil fertilizers based on agroindustry wastes biopolymers and sugarcane vinasse. **Waste Management**, New York, v. 108, p. 144-153, 2020. <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2020.04.038>. PMID:32353779.
- CHAMBI, H. N. M.; GROSSO, C. R. F. Mechanical and water vapor permeability properties of biodegradable films based on methylcellulose, glucomannan, pectin and gelatin. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 31, n. 3, p. 739-746, 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612011000300029>.
- CHRISTOFOLETTI, C. A. et al. Sugarcane vinasse: Environmental implications of its use. **Waste Management**, New York, v. 33, n. 12, p. 2752-2761, 2013. <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2013.09.005>. PMID:24084103.
- COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO – CETESB. **Vinhaça**: critérios e procedimentos para aplicação no solo agrícola. Norma Técnica P4.231. São Paulo, 2015. Disponível em: <<https://sistemasinter.cetesb.sp.gov.br/%0Anormas/11/2013/11/P4231.pdf%0A>>. Acesso em: 23 nov. 2022.
- COSTA, M. J. et al. Physicochemical properties of alginate-based films: effect of ionic crosslinking and mannuronic and guluronic acid ratio. **Food Hydrocolloids**, New York, v. 81, p. 442-448, 2018. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.03.014>.
- DELLA-BIANCA, B. E. et al. What do we know about the yeast strains from the Brazilian fuel ethanol industry? **Applied Microbiology and Biotechnology**, Berlin, v. 97, n. 3, p. 979-991, 2013. <http://dx.doi.org/10.1007/s00253-012-4631-x>. PMID:23271669.
- DIAS, M. O. S. et al. Sugarcane processing for ethanol and sugar in Brazil. **Environmental Development**, Netherlands, v. 15, p. 35-51, 2015. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envdev.2015.03.004>.
- DUHAN, J. S. et al. Nanotechnology: The new perspective in precision agriculture. **Biotechnology Reports**, Amsterdam, v. 15, p. 11-23, 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.btre.2017.03.002>. PMID:28603692.
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE. **Brazilian Energy Balance 2021**. Brasília, 2021. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/sites-en/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Paginas/Brazilian-Energy-Balance-2021.aspx>>. Acesso em: 7 ago. 2022.
- ESPAÑA-GAMBOA, E. et al. Vinasses: characterization and treatments. **Waste Management & Research**, London, v. 29, n. 12, p. 1235-1250, 2011. <http://dx.doi.org/10.1177/0734242X10387313>. PMID:21242176.
- EUROPEAN BIOPLASTICS. **BIOPLASTICS facts and figures**. Berlin: European Bioplastics e.V., 2021. Disponível em: <<https://www.european-bioplastics.org/news/publications/>>. Acesso em: 23 nov. 2022.
- FANG, Y. et al. Binding behavior of calcium to polyuronates: comparison of pectin with alginate. **Carbohydrate Polymers**, New York, v. 72, n. 2, p. 334-341, 2008. <http://dx.doi.org/10.1016/j.carbpol.2007.08.021>.
- FERNANDES, B. S. et al. High value added lipids produced by microorganisms: a potential use of sugarcane vinasse. **Critical Reviews in Biotechnology**, London, v. 37, n. 8, p. 1048-1061, 2017. <http://dx.doi.org/10.1080/07388551.2017.1304356>. PMID:28423943.
- FERTAHI, S. et al. Recent trends in organic coating based on biopolymers and biomass for controlled and slow release fertilizers. **Journal of Controlled Release**, Amsterdam, v. 330, p. 341-361, 2021. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jconrel.2020.12.026>. PMID:33352245.
- FITO, J.; TEFERA, N.; VAN HULLE, S. W. H. Sugarcane biorefineries wastewater: bioremediation technologies for environmental

- sustainability. **Chemical and Biological Technologies in Agriculture**, Heidelberg, v. 6, n. 1, p. 6, 2019. <http://dx.doi.org/10.1186/s40538-019-0144-5>.
- FUESS, L. T.; GARCIA, M. L.; ZAIAT, M. Seasonal characterization of sugarcane vinasse: assessing environmental impacts from fertirrigation and the bioenergy recovery potential through biodigestion. **The Science of the Total Environment**, Amsterdam, v. 634, p. 29-40, 2018. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.03.326>. PMID:29626768.
- FUESS, L. T.; RODRIGUES, I. J.; GARCIA, M. L. Fertirrigation with sugarcane vinasse: foreseeing potential impacts on soil and water resources through vinasse characterization. **Journal of Environmental Science and Health. Part A, Toxic/Hazardous Substances & Environmental Engineering**, New York, v. 52, n. 11, p. 1063-1072, 2017. <http://dx.doi.org/10.1080/10934529.2017.1338892>. PMID:28737443.
- GAMAGE, A. et al. Applications of starch biopolymers for a sustainable modern agriculture. **Sustainability**, Basel, v. 14, n. 10, p. 6085, 2022. <http://dx.doi.org/10.3390/su14106085>.
- GAWKOWSKA, D.; CYBULSKA, J.; ZDUNEK, A. Structure-related gelling of pectins and linking with other natural compounds: a review. **Polymers**, Basel, v. 10, n. 7, p. 762, 2018. <http://dx.doi.org/10.3390/polym10070762>. PMID:30960687.
- GENEVRO, G. M. et al. Glucosaminoglycan asymmetric membranes for wound dressing. **Journal of Materials Research**, Pittsburgh, v. 34, n. 4, p. 481-489, 2019. <http://dx.doi.org/10.1557/jmr.2018.463>.
- GEORGE, A. et al. A comprehensive review on chemical properties and applications of biopolymers and their composites. **International Journal of Biological Macromolecules**, Amsterdam, v. 154, p. 329-338, 2020. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.03.120>. PMID:32179114.
- GODOI, L. A. G. et al. Seasonal variation of the organic and inorganic composition of sugarcane vinasse: main implications for its environmental uses. **Environmental Science and Pollution Research International**, Landsberg, v. 26, n. 28, p. 29267-29282, 2019. <http://dx.doi.org/10.1007/s11356-019-06019-8>. PMID:31396875.
- HAN, Y.; WANG, L. Sodium alginate/carboxymethyl cellulose films containing pyrogallol acid: physical and antibacterial properties. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 97, n. 4, p. 1295-1301, 2017. <http://dx.doi.org/10.1002/jsfa.7863>. PMID:27328858.
- HUANG, Y. C. et al. Alkali-treated konjac glucosaminoglycan film as a novel wound dressing. **Carbohydrate Polymers**, New York, v. 117, p. 778-787, 2015. <http://dx.doi.org/10.1016/j.carbpol.2014.10.047>. PMID:25498700.
- IMMIRZI, B. et al. Preparation, characterisation and field-testing of a biodegradable sodium alginate-based spray mulch. **Biosystems Engineering**, New York, v. 102, n. 4, p. 461-472, 2009. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2008.12.008>.
- JESUS, G. C.; BASTOS, R. G.; SILVA, M. A. Production and characterization of alginate beads for growth of immobilized *Desmodesmus subspicatus* and its potential to remove potassium, carbon and nitrogen from sugarcane vinasse. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, Amsterdam, v. 22, p. 101438, 2019. <http://dx.doi.org/10.1016/j.bcab.2019.101438>.
- JOHNSON, I. et al. Cyanobacteria/microalgae for distillery wastewater treatment: past, present and the future. In: SHAH, M. P.; RODRIGUEZ-COUTO, S. (Ed.). **Microbial wastewater treatment**. Amsterdam: Elsevier, 2019. p. 195-236.
- KURT, A.; KAHYAOGU, T. Characterization of a new biodegradable edible film made from salep glucomannan. **Carbohydrate Polymers**, New York, v. 104, p. 50-58, 2014. <http://dx.doi.org/10.1016/j.carbpol.2014.01.003>. PMID:24607159.
- LEE, K. Y.; MOONEY, D. J. Alginate: properties and biomedical applications. **Progress in Polymer Science**, Oxford, v. 37, n. 1, p. 106-126, 2012. <http://dx.doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2011.06.003>. PMID:22125349.
- LIU, G. et al. Preparation of alginate hydrogels through solution extrusion and the release behavior of different drugs. **Journal of Biomaterials Science. Polymer Edition**, Utrecht, v. 27, n. 18, p. 1808-1823, 2016. <http://dx.doi.org/10.1080/09205063.2016.1237452>. PMID:27647540.
- LOPES, M. L. et al. Ethanol production in Brazil: a bridge between science and industry. **Brazilian Journal of Microbiology**, Rio de Janeiro, v. 47, p. 64-76, 2016. <http://dx.doi.org/10.1016/j.bjm.2016.10.003>. Supplement 1. PMID:27818090.
- MANOCHIO, C. et al. Ethanol from biomass: a comparative overview. **Renewable & Sustainable Energy Reviews**, Amsterdam, v. 80, p. 743-755, 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2017.05.063>.
- MARQUES, S. S. I. et al. Growth of *Chlorella vulgaris* on sugarcane vinasse: the effect of anaerobic digestion pretreatment. **Applied Biochemistry and Biotechnology**, Clifton, v. 171, n. 8, p. 1933-1943, 2013. <http://dx.doi.org/10.1007/s12010-013-0481-y>. PMID:24013860.
- MATTOS, L. F. A.; BASTOS, R. G. COD and nitrogen removal from sugarcane vinasse by heterotrophic green algae *Desmodesmus* sp. **Desalination and Water Treatment**, Hopkinton, v. 57, n. 20, p. 9465-9473, 2016. <http://dx.doi.org/10.1080/19443994.2015.1028454>.
- MICHALIK, R.; WANDZIK, I. A mini-review on Chitosan-based hydrogels with potential for sustainable agricultural applications. **Polymers**, Basel, v. 12, n. 10, p. 2425, 2020. <http://dx.doi.org/10.3390/polym12102425>. PMID:33096639.
- MONTAÑO, M. D. S. et al. Growth of *Desmodesmus subspicatus* green microalgae and nutrient removal from sugarcane vinasse clarified by electrocoagulation using aluminum or iron electrodes. **Dyna**, Medellín, v. 86, n. 211, p. 225-232, 2019. <http://dx.doi.org/10.15446/dyna.v86n211.72379>.
- MORAES, B. S.; ZAIAT, M.; BONOMI, A. Anaerobic digestion of vinasse from sugarcane ethanol production in Brazil: challenges and perspectives. **Renewable & Sustainable Energy Reviews**, Amsterdam, v. 44, n. C, p. 888-903, 2015. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2015.01.023>.
- MORAIS, D. V.; BASTOS, R. G. Phycocyanin production by *Aphanothece microscopica* Nägeli in synthetic medium

- supplemented with sugarcane vinasse. **Applied Biochemistry and Biotechnology**, Clifton, v. 187, n. 1, p. 129-139, 2019. <http://dx.doi.org/10.1007/s12010-018-2811-6>. PMID:29911264.
- MUTTON, M. A.; ROSSETTO, R.; MUTTON, M. J. R. Agricultural use of stillage. In: CORTEZ, L. A. B. (Ed.). **Sugarcane bioethanol: R&D for productivity and sustainability**. São Paulo: Blucher, 2014. p. 423-440.
- NASPOLINI, B. F. et al. Bioconversion of sugarcane vinasse into high-Added value products and energy. **BioMed Research International**, New York, v. 2017, p. 8986165, 2017. <http://dx.doi.org/10.1155/2017/8986165>. PMID:29250551.
- NATARAJ, S. K.; HOSAMANI, K. M.; AMINABHAVI, T. M. Distillery wastewater treatment by the membrane-based nanofiltration and reverse osmosis processes. **Water Research**, Oxford, v. 40, n. 12, p. 2349-2356, 2006. <http://dx.doi.org/10.1016/j.watres.2006.04.022>. PMID:16757012.
- NAVARRO, A. R.; DEL, M.; RUBIO, M. C. Bio-concentration of vinasse from the alcoholic fermentation of sugar cane molasses. **Waste Management**, New York, v. 20, n. 7, p. 581-585, 2000. [http://dx.doi.org/10.1016/S0956-053X\(00\)00026-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0956-053X(00)00026-X).
- ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT – OECD. Food and Agriculture Organization – FAO. **OECD/FAO Agricultural Outlook 2022-2031**. Paris: OECD/FAO, 2022.
- PARSAEE, M.; DEH KIANI, M. K.; KARIMI, K. A review of biogas production from sugarcane vinasse. **Biomass and Bioenergy**, Oxford, v. 122, p. 117-125, 2019. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biombioe.2019.01.034>.
- PLASTIC EUROPE. **Plastics: the facts 2021: an analysis of European plastics production, demand and waste data**. Brussels, 2021. Disponível em: <<https://plasticseurope.org/knowledge-hub/plastics-the-facts-2021/>>. Acesso em: 23 nov. 2022.
- PRASAD, R. K.; RAM KUMAR, R.; SRIVASTAVA, S. N. Design of optimum response surface experiments for electro-coagulation of distillery spent wash. **Water, Air, and Soil Pollution**, Dordrecht, v. 191, n. 1-4, p. 5-13, 2008. <http://dx.doi.org/10.1007/s11270-007-9603-x>.
- RASHID, M. et al. Carbon-based slow-release fertilizers for efficient nutrient management: synthesis, applications, and future research needs. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, Temuco, v. 21, n. 2, p. 1144-1169, 2021. <http://dx.doi.org/10.1007/s42729-021-00429-9>.
- REIS, C. E. R. et al. Vinasse treatment within the sugarcane-ethanol industry using ozone combined with anaerobic and aerobic microbial processes. **Environments**, Basel, v. 6, n. 1, p. 5, 2019. <http://dx.doi.org/10.3390/environments6010005>.
- REIS, C. E. R.; HU, B. Vinasse from sugarcane ethanol production: better treatment or better utilization? **Frontiers in Energy Research**, Lausanne, v. 5, p. 7, 2017. <http://dx.doi.org/10.3389/ferng.2017.00007>.
- ROZO, G.; BOHORQUES, L.; SANTAMARÍA, J. Controlled release fertilizer encapsulated by a κ -carrageenan hydrogel. **Polímeros**, São Carlos, v. 29, n. 3, p. e2019033, 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/0104-1428.02719>.
- SANTANA, H. et al. Microalgae cultivation in sugarcane vinasse: Selection, growth and biochemical characterization. **Bioresource Technology**, Barking, v. 228, p. 133-140, 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2016.12.075>. PMID:28061395.
- SANTOS, N. L. et al. Physicochemical properties of konjac glucomannan/alginate films enriched with sugarcane vinasse intended for mulching applications. **International Journal of Biological Macromolecules**, Amsterdam, v. 165, n. Pt B, p. 1717-1726, 2020. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.10.049>. PMID:33069823.
- SILVA, M. A. et al. Heterotrophic growth of green microalgae *Desmodesmus subspicatus* in ethanol distillation wastewater (vinasse) and lipid extraction with supercritical CO₂. **Journal of Chemical Technology and Biotechnology**, Oxford, v. 92, n. 3, p. 573-579, 2017. <http://dx.doi.org/10.1002/jctb.5035>.
- TREVISAN, E. et al. *Chlorella vulgaris* growth in different biodigested vinasse concentrations: biomass, pigments and final composition. **Water Science and Technology**, Oxford, v. 82, n. 6, p. 1111-1119, 2020. <http://dx.doi.org/10.2166/wst.2020.192>. PMID:33055401.
- XIAO, C.; GAO, S.; ZHANG, L. Blend films from konjac glucomannan and sodium alginate solutions and their preservative effect. **Journal of Applied Polymer Science**, New York, v. 77, n. 3, p. 617-626, 2000. [http://dx.doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-4628\(20000718\)77:3<617::AID-APP17>3.0.CO;2-1](http://dx.doi.org/10.1002/(SICI)1097-4628(20000718)77:3<617::AID-APP17>3.0.CO;2-1).
- ZHANG, C.; CHEN, J. D.; YANG, F. Q. Konjac glucomannan, a promising polysaccharide for OCDDS. **Carbohydrate Polymers**, New York, v. 104, n. 1, p. 175-181, 2014. <http://dx.doi.org/10.1016/j.carbpol.2013.12.081>. PMID:24607175.
- ZHANG, K. et al. Effect of konjac glucomannan on sodium alginate membrane. **Wuhan University Journal of Natural Sciences**, Wuhan, v. 22, n. 3, p. 197-200, 2017. <http://dx.doi.org/10.1007/s11859-017-1235-4>.
- ZHONG, K. et al. Starch derivative-based superabsorbent with integration of water-retaining and controlled-release fertilizers. **Carbohydrate Polymers**, New York, v. 92, n. 2, p. 1367-1376, 2013. <http://dx.doi.org/10.1016/j.carbpol.2012.10.030>. PMID:23399166.

GEAgro: trilhando a extensão e a pesquisa ao longo dos últimos 10 anos (2011-2021)

GEAgro: trailing extension and research over the last 10 years (2011-2021)

Marta Cristina Marjotta-Maistro¹ 
 Adriana Estela Sanjuan Montebello² 
 Jeronimo Alves dos Santos³ 

¹Universidade Federal de São Carlos, Araras, SP, Brasil. marjotta@ufscar.br

²Universidade Federal de São Carlos, Araras, SP, Brasil. adrianaesm@ufscar.br

³Universidade Federal de São Carlos, Araras, SP, Brasil. jeronimo@ufscar.br

RESUMO Neste capítulo será apresentada a trajetória do Grupo de Estudos do Agronegócio (GEAgro), focando e detalhando os principais projetos extensionistas desenvolvidos pelo grupo, bem como os resultados alcançados. Os objetivos do GEAgro, dentre outros, são: oferecer ao aluno participante oportunidade de ampliar conhecimentos na área de Economia, estimulando a realização de estudos na área de Economia Aplicada voltada para o agronegócio, bem como a aplicação do método científico pela elaboração, realização e divulgação de seus estudos e trabalhos, utilizando de ferramental computacional, matemático e estatístico no processo. Dentre os temas de estudo no grupo podem-se citar: pesquisas de mercado de produtos agroindustriais; mercados internacionais de *commodities*; análise de cadeias e complexos agroindustriais; estudos de logística e marketing do agronegócio; análise de processos de comercialização de produtos agrícolas; levantamento de sistemas de armazenamento de produtos agrícolas; levantamento de dados socioeconômicos do município de Araras. Entre os anos de 2011 e 2014, o grupo pautou-se na discussão de temas, pertinentes às áreas de pesquisa dos docentes, trazidos pelos discentes participantes do grupo; logo, esses temas deram origem a artigos, trabalhos de iniciação científica e monografias; a partir de 2012, começaram a ser realizados os Encontros do GEAgro; a partir de 2015 iniciou o primeiro projeto de extensão, o Boletim Informativo, seguido dos projetos “Carreiras” e Cálculo da Cesta Básica no Município de Araras. Como forma de consolidar e estimular os discentes a realizarem suas pesquisas, foi constituído, em 2017, um grupo de pesquisa validado pelo CNPq, ou seja, o Grupo de Pesquisa em Economia Aplicada e Administração (GEA), no qual todos os docentes e discentes do GEAgro que desenvolvem pesquisas também fazem parte. Conclui-se que o GEAgro cumpre o seu propósito, tanto em termos de produção científica/acadêmica como de engajamento dos discentes nos projetos desenvolvidos pelo grupo e por eles próprios individualmente.

Palavras-chave: Agronegócio; economia aplicada; grupo de estudos.

ABSTRACT This chapter will present the trajectory of the Agribusiness Study Group (GEAgro) focusing and detailing the main extensionist



Este é um capítulo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença [Creative Commons Attribution](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

projects developed by the Group, as well as the results achieved. The objectives of GEAgro, among others, are: to offer the participating students the opportunity to broaden their knowledge in the field of Economics, stimulating the development of studies in the area of Applied Economics focused on agribusiness, as well as the application of the scientific method through the elaboration, execution and dissemination of their studies and papers, using computational, mathematical and statistical tools in the process. Among the Group's study topics are market research of agro-industrial products; international commodity markets; analysis of agro-industrial chains and complexes; logistics and marketing studies of agribusiness; analysis of commercialization processes of agricultural products; survey of storage systems of agricultural products; survey of socio-economic data of the municipality of Araras. Between the years 2011 and 2014, the Group was based on the discussion of themes, pertinent to the faculty research areas, brought by the students participating in the Group; then, these themes gave rise to articles, Scientific Initiation papers and Monographs; from 2012 on, GEAgro's Meetings began to be held; from 2015 on, the first extension project started, the Newsletter, followed by the Project Careers and Calculation of the Basic Food Basket in the Municipality of Araras. To consolidate and stimulate students to conduct their research, it was constituted, in 2017, a Research Group validated by CNPq, namely, the Research Group in Applied Economics and Administration (GEA), where all faculty and students of GEAgro, who develop research, are also part. It is concluded that GEAgro has fulfilled its purpose, both in terms of scientific/academic production and the engagement of students in the projects developed by the Group and by themselves individually.

Keywords: Agribusiness; applied economics; study group.

1. HISTÓRICO DO GRUPO

Neste capítulo será apresentada a trajetória do Grupo de Estudos do Agronegócio (GEAgro), ao longo dos dez anos de sua existência, focando e detalhando os principais projetos extensionistas desenvolvidos pelos discentes e equipe de docentes que fazem parte do grupo, bem como os resultados alcançados com tais projetos.

Os cursos de graduação da UFSCar no Centro de Ciências Agrárias têm, na área de Socioeconomia, um conteúdo obrigatório mínimo e algumas disciplinas optativas que abrangem um conteúdo razoável na área. Porém, sempre ocorre o fato de alguns discentes demonstrarem interesse em avançar mais na área voltada para os aspectos econômicos do agronegócio, combinando autodidatismo e orientação de professores.

Reuniões iniciais com um grupo desses discentes indicaram a possibilidade de criar um grupo de estudos com objetivos específicos, sendo que a atuação nesse grupo pudesse permitir que o aluno participante avançasse no conhecimento e na prática de análise econômica, tendo, assim, a oportunidade de desenvolver-se e de angariar créditos complementares para efeitos de colação de grau. Os resultados desses estudos, a serem desenvolvidos, também apresentariam um bom potencial para serem divulgados na comunidade, como evoluir para apresentação em congressos e seminários e para publicação em periódicos de divulgação científica.

Assim, a partir de abril de 2011, o Grupo de Estudos do Agronegócio (GEAgro) foi oficializado como um Programa de Extensão junto à Pró-Reitoria de Extensão (ProEx), vinculado ao Departamento de Tecnologia Agroindustrial e Socioeconomia Rural (DTAiSeR-Ar). Os fundadores do GEAgro foram: Prof. Dr. Caetano Brugnaro (*in memoriam*), Prof. Dr. Davi Guilherme Gaspar Ruas e Profa. Dra. Marta Cristina Marjotta Maistro. Quando a Profa. Dra. Adriana Estela Sanjuan Montebello chegou ao departamento, entrou para o grupo em 2012, e o Prof. Dr. Jeronimo Alves dos Santos passou a integrar o grupo a partir de 2016. Hoje, além da equipe docente, contamos com discentes, pertencentes aos três cursos de graduação do CCA, a saber: Engenharia Agrônoma, Agroecologia e Biotecnologia.

Os principais objetivos do grupo são: oferecer ao aluno participante oportunidade de ampliar conhecimentos na área de Economia; estimular a realização de estudos na área de Economia Aplicada voltada para o agronegócio; desenvolver no aluno participante a aplicação do método científico pela elaboração, realização e divulgação de seus estudos e trabalhos, bem como a utilização de ferramental computacional, matemático e estatístico no processo; ampliar a possibilidade de cumprimento de créditos extraclasses pelos discentes de graduação participantes do grupo.

Dentre os temas de estudo abordados no grupo podem-se citar: pesquisas de mercado de produtos agroin-

dustriais; mercados internacionais de *commodities*; análise de cadeias e complexos agroindustriais; estudos de logística do agronegócio; marketing agroindustrial; análise de processos de comercialização de produtos agrícolas; levantamento de sistemas de armazenamento de produtos agrícolas; levantamento de dados socioeconômicos do município de Araras, entre outros.

Como projetos ou atividades de referência do grupo têm-se: estudos de caso sobre economia do agronegócio; encontros periódicos dos membros do grupo; elaboração de artigos para divulgação; realização de seminários sobre os temas de estudo; organização de atividades para a comunidade externa, como os encontros, que serão detalhados mais à frente.

Entre os anos de 2011 e 2014, o grupo pautou-se na discussão de temas pertinentes às áreas de pesquisa dos docentes, trazidos pelos discentes participantes do grupo. Logo, esses temas deram origem a artigos, trabalhos de iniciação científica e monografias. Acrescenta-se que, depois de 2012, começaram a ser realizados os Encontros do GEAgro.

A partir de 2015 iniciou o primeiro projeto de extensão, o Boletim Informativo, seguido dos projetos “Carreiras” e Cálculo da Cesta Básica no Município de Araras. A seguir serão apresentados os projetos/atividades de extensão desenvolvidos pela equipe do GEAgro, cada uma com a coordenação de um dos docentes pertencentes ao grupo.

Como forma de consolidar e estimular os discentes a realizarem suas pesquisas, foi constituído, em 2017, um grupo de pesquisa validado pelo CNPq, ou seja, o Grupo de Pesquisa em Economia Aplicada e Administração (GEA), onde todos os docentes e discentes do GEAgro que desenvolvem pesquisas também fazem parte. A líder do GEA é a Profa. Dra. Adriana Estela Sanjuan Montebello.

2. PROJETOS DE EXTENSÃO DESENVOLVIDOS PELA EQUIPE DO GEAGRO

Boletim informativo GEAgro

Esse projeto está sob a coordenação da Profa. Dra. Marta Cristina Marjotta-Maistro.

A proposta desse projeto tem a finalidade de buscar, analisar e divulgar informações econômicas relativas ao setor agropecuário. Os agentes econômicos envolvidos nesse setor produzem informações e, ao mesmo tempo, necessitam desse conhecimento para a tomada de decisão. Nesse sentido, vários órgãos, sejam eles de caráter público ou privado, têm compilado e divulgado tais informações. Devido à amplitude desse universo investigativo, torna-se importante ter um olhar crítico sobre o

que é divulgado, começando, primeiramente, por saber onde procurar.

O objetivo principal do projeto consiste na criação de um informativo, composto pela compilação e a análise qualitativa de dados econômicos coletados de fontes secundárias. A apresentação desses dados se dá por meio de tabelas e gráficos, havendo a perspectiva da divulgação tanto para a comunidade interna e externa à universidade.

A metodologia adotada é a de encontros com periodicidade a ser agendada, mas com o intuito de ter-se ao menos um Boletim por mês.

Este projeto tende a ser a consolidação de ações que já foram desenvolvidas nessa direção, ou seja: em 2015, no 1º semestre foi ofertada uma Atividade Curricular de Integração entre Ensino, Pesquisa e Extensão (Aciepe)¹ intitulada de “Busca, análise e divulgação de informações econômicas do setor agropecuário”; e realizado, no 2º semestre do mesmo ano, o evento “V Encontro de Estudos do Agronegócio – Informações econômicas: do campo à mesa”.

A relevância acadêmica dessa proposta se verifica no fato de que a coordenadora tem como objeto de pesquisa o agronegócio, em específico as estratégias voltadas à logística e ao marketing nas cadeias de produção. Nesse sentido, informações econômicas são de suma importância para diagnosticar os gargalos nas áreas citadas e, se possível, propor soluções.

Em termos de relevância social, o fato de saber onde buscar, divulgar e realizar uma análise crítica das informações econômicas propicia melhores subsídios para os tomadores de decisões no setor agropecuário. Além disso, os leitores, em geral, terão a oportunidade de aprender sobre questões que, de alguma forma, permeiam seu dia a dia.

O projeto foi realizado por meio de oito ofertas, iniciando em 2016, totalizando a produção de 61 Boletins. No entanto, já em 2015 foram publicados cinco Boletins produzidos na Aciepe citada anteriormente. Logo, até 2021, foram produzidos 66 Boletins.

O Quadro 1, a seguir, traz o período compreendido pelo projeto e os temas de cada Boletim.

Ao longo do ano de 2022 (junho a setembro), foi realizada a nona oferta do projeto, com a perspectiva de que fossem produzidos mais nove Boletins Informativos.

Os Boletins são divulgados nas redes sociais e no blog do GEAgro nos seguintes endereços:

- na página do Facebook (2023)
- no Instagram (2023a)
- no blog GEAgro (GRUPO DE ESTUDOS DO AGRONEGÓCIO, 2020)

¹ Para maiores informações sobre Aciepe consultar Pró-Reitoria de Extensão (2023).

QUADRO 1 - Temas dos Boletins Informativos publicados no período de 2015 a 2021

Período/quantidade*	Temas
2015 (5)**	- O desempenho do agronegócio brasileiro no mercado internacional nos anos 2000
Aciepe: “Busca, análise e divulgação de informações econômicas do setor agropecuário”	- Balança comercial do agronegócio e os parceiros comerciais do Brasil, no primeiro semestre de 2014 e 2015
	- As vantagens e desvantagens do produtor nos mercados físico e futuro do milho
	- O mercado de máquinas agrícolas e rodoviárias no período de janeiro-agosto de 2014 e 2015
	- A importância das variáveis econômicas para a tomada de decisões de armazenamento de soja
	- Dinâmica no mercado de fertilizantes
2016 (7)	- Apólices de Seguro Rural
	- Incubadoras de empresas
	- Produção de bioeletricidade proveniente da cana-de-açúcar
	- PIB do agronegócio brasileiro
	- Balança comercial e comércio exterior do agronegócio
2017 (10)	- Mercado de máquinas agrícolas
	- Exportação brasileira do complexo de carnes
	- Exportação do café no Brasil e as oscilações do valor do dólar
	- Mercado de biodiesel no Brasil e no mundo
	- Panorama do mercado de grãos no Brasil
	- Mercado de trabalho no setor agropecuário (1ª e 2ª edição)
	- Mercado de defensivos agrícolas no Brasil e no mundo
- Relação entre a área de pastagem, produção de gado e valor gerado pela cadeia produtiva de corte	
2018 (6)	- Análise dos dados das publicações dos Boletins nas redes sociais (1ª e 2ª edição)
	- Panorama geral do mercado de café
	- Logística agropecuária no Brasil
	- Startups do Brasil
	- O mercado de orgânicos no Brasil
	- Mercado de créditos de carbono
2019 (8)	- As estatísticas sobre o alcance dos boletins informativos ao longo do 2º semestre de 2018
	- Panorama do mercado de laranja
	- Mercado de papel e celulose
	- Canais de comercialização
	- Panorama geral da cultura do milho no Brasil e no mundo
	- Explanação dos aspectos da comercialização e armazenagem do mercado de soja
	- A dinâmica do mercado de fertilizantes
	- Panorama do mercado de grãos no Brasil
2020 – 1º semestre (7)	- Panorama do complexo brasileiro de carne
	- Relação entre área de pastagem, produção de gado e valor gerado pela cadeia produtiva de corte
	- Logística agropecuária: setor de grãos no Brasil
	- Ações no agro frente à pandemia de Covid-19
	- Panorama da balança comercial do agronegócio brasileiro em meio à pandemia de Covid-19
	- Agricultura familiar e medida provisória durante a pandemia
	- Mercado de celulose frente à pandemia de Covid-19

*Até 2019 o projeto era ofertado sempre no segundo semestre de cada ano **Entre parênteses está a quantidade de edições publicadas de cada Boletim

Fonte: Dados do projeto

QUADRO 1 - Continuação...

Período/quantidade*	Temas
2020 – 2º semestre (7)	- Panorama do mercado de leite no Brasil
	- Panorama do mercado exportador de frutas brasileiro
	- Panorama do mercado interno do setor agropecuário em 2020
	- Mercado de trabalho (partes I e II)
	- Panorama do mercado de suinocultura brasileiro
2021 – 1º semestre (8)	- Panorama do mercado interno e externo de aves
	- Consumo de produtos orgânicos durante a pandemia
	- O panorama do mercado sucroalcooleiro no Brasil
	- Panorama geral do mercado de floricultura no Brasil
	- Caracterização da sojicultura nacional
	- Comércio exterior de lácteos no Brasil
2021 – 2º semestre (8)	- Panorama do mercado de carne bovina brasileira
	- Panorama do mercado de algodão no Brasil
	- Agricultura de precisão nas propriedades agrícolas
	- Edição Retrospectiva do 1º semestre de 2021
	- Edição Retrospectiva do 1º semestre de 2021 (continuação da Retrospectiva)
	- Mercado de adubação verde e suas vantagens econômicas
	- Os insumos agrícolas e o mercado de gado de corte
	- Panorama do mercado da citricultura no Brasil
- Mercado brasileiro de agrotóxicos 2020/2021	
- Panorama da agricultura brasileira	
- Oferta e demanda brasileira de grãos em 2021	

*Até 2019 o projeto era ofertado sempre no segundo semestre de cada ano **Entre parênteses está a quantidade de edições publicadas de cada Boletim

Fonte: Dados do projeto

Encontros do GEAgro

A cada edição do encontro, um docente, acompanhado de uma equipe de discentes, se responsabilizou pela organização. O Quadro 2 traz o período e os assuntos de cada encontro, sendo realizados 10 encontros. Até o IV Encontro foram apresentados assuntos variados, que permeassem as discussões no agronegócio; a partir do V Encontro, o seminário passou a ser temático. Em 2020 não foi realizado o evento, cancelado em função da pandemia, retornando em 2021, no formato *on-line*.

Existe a perspectiva de que novos encontros sejam realizados com periodicidade anual.

Projeto “Carreiras”

Essa atividade de extensão está sob a coordenação do Prof. Dr. Jeronimo Alves dos Santos.

O projeto “Carreiras” tem como objetivo promover, desenvolver e preparar o aluno dos cursos de graduação do CCA e UFSCar para o mercado de trabalho.

Levando-se em conta essa perspectiva, a criação desse projeto possibilita a cooperação entre os cursos, coordenação, professores, alunos, e em consequência a interação da universidade com o mercado de trabalho. Tem como estratégia buscar oportunidades por meio de orientação (elegendo tutores) dos alunos do início ao término do curso; criar uma base de informações do mercado de trabalho para a comunidade discente; desenvolver o *networking* com organizações (empresas, instituições, ONGs etc.) e alunos egressos; e captar e alinhar as reais necessidades das organizações com o que é produzido em termos de formação acadêmica na UFSCar.

Especificamente pretende-se:

- Fortalecer os cursos de graduação e aumentar o interesse, entendimento e a motivação dos alunos por suas áreas de atuação, reduzindo as evasões;
- Criar um ambiente de sinergia entre a universidade e as organizações;
- Aumentar as oportunidades de inserção dos alunos da UFSCar no mercado;

QUADRO 2 - Encontros realizados pelo GEAgro

Ano/Encontro	Tema(s) apresentado(s)
Abril 2012/I Encontro	Logística do mercado de grãos
	Análise do comportamento de preços do café
	O mercado de celulose e seu papel na economia brasileira
	Logística: transporte de etanol
Outubro 2012/II Encontro	Indicadores de sustentabilidade de serviços ecossistêmicos
	Análise das relações de preços no mercado de soja
	Mercado brasileiro de carne bovina
	Análise do mercado brasileiro de frutas
Outubro 2013/III Encontro	Consultoria no agronegócio: desafios e oportunidades
	Avaliação do comportamento de preços de hortaliças orgânicas minimamente processadas no município de Araras-SP
	Comparação entre custos de engorda de bovinos a pasto e confinados
	Marketing e o papel da sustentabilidade no agronegócio
Outubro 2014/IV Encontro	Minicurso: banco de dados e ferramentas do IBGE
Outubro 2015/V Encontro*	Informações econômicas do agronegócio – do campo à mesa
Outubro 2016/VI Encontro	Comércio exterior e produtos agropecuários
Outubro 2017/VII Encontro	Mercado de trabalho no setor agropecuário
Outubro 2018/VIII Encontro	Empreendedorismo na agropecuária
Outubro 2019/IX Encontro	Canais de escoamento agroindustriais
Outubro 2021/X Encontro	Inovação, empreendedorismo e sustentabilidade no agronegócio brasileiro

*Encontros temáticos

Fonte: Dados do projeto

d) Promover o espírito do trabalho associativo entre universidade e empresa, bem como entre as próprias empresas; e

e) Ser uma fonte de estágio e profissionalização dos alunos da UFSCar.

A metodologia adotada é de reuniões periódicas para discutir os objetivos da atividade e preparar e dividir os grupos em equipes para atuarem na divulgação em redes sociais, quando necessário, fazerem a manutenção do site (UFSCARREIRAS, 2019), entrar em contato com empresas e, na medida do possível, organizar eventos que promovam a interação universidade/empresas.

A relevância dessa atividade de extensão é colocar o aluno em destaque no mercado de trabalho e prepará-lo para os desafios que ele encontrará durante e pós-formação acadêmica.

O Quadro 3, a seguir, traz brevemente o que já foi realizado em cada edição dessa atividade.

Ao longo do ano de 2022, uma nova oferta do projeto aconteceu, com a perspectiva de divulgação da atividade nas redes sociais, manutenção do site e da realização do evento *on-line*, em que serão contatados setores de recursos humanos das empresas convidadas para palestrar sobre o tema de empregabilidade das áreas dos cursos do CCA.

Cálculo da cesta básica no município de Araras

Coordenação da Profa. Dra. Adriana Estela Sanjuan Montebello.

O projeto de extensão Cálculo da Cesta Básica do Município de Araras-SP, vinculado ao Programa de Extensão Socioeconomia e Estatística Aplicada, com início no ano de 2017, aplica conceitos de economia, por meio da coleta e análise de preços dos produtos da cesta básica no município de Araras e realiza a compilação e análise dessas informações por meio da elaboração de informativos sobre a Cesta Básica do Município supracitado. Os alunos produzem os Informativos da Cesta Básica utilizando a lista de produtos divulgados pelo Procon-SP e Dieese. Esses informativos são produzidos com o intuito de entender as variações de preços dos produtos e os impactos que isso pode gerar na vida do trabalhador ao demonstrar o custo de vida em uma localidade específica. Além disso, esses informativos são divulgados por meio do site da Cesta Básica e das redes sociais (Facebook e Instagram) como veículo de divulgação.

As principais metas desse projeto de extensão são:

a) Quantificar a variação média dos preços de produtos básicos para alimentação, higiene e limpeza por meio da pesquisa em supermercados da cidade. Isso justifica ser útil para o auxílio de políticas públicas como, por exem-

QUADRO 3 - Objetivos alcançados do projeto “Carreiras”

Ano	Objetivos alcançados
1ª edição 2019	Os alunos participaram de diversas formas, como em organização de eventos, atividades diárias que incluem pesquisas e gerenciamento das redes sociais do projeto [Facebook, Instagram e website (UFSCARREIRAS, 2019)].
	Em 3 de junho de 2019 foi realizado o evento “UFSCARREIRAS TALK: edição Raízen”, que contou com a presença de quatro integrantes da empresa contando um pouco sobre os processos seletivos e área de atuação da empresa. O evento contou com aproximadamente 25 ouvintes dentre alunos de diversos cursos e funcionários do campus.
	Em 10 de outubro de 2019 foi realizada a segunda edição do evento, chamada de “UFSCARREIRAS TALK: edição Bayer”, trazendo novamente integrantes da empresa para falar sobre os processos seletivos, as áreas de atuação da empresa e esclarecer possíveis dúvidas dos alunos de graduação. Essa edição contou com 53 ouvintes, dentre alunos e funcionários.
2ª edição 2020	Durante a extensão do projeto em 2020, de agosto de 2020 a fevereiro de 2021, os alunos participaram na organização de diversas atividades diárias, incluindo gerenciamento de redes sociais do projeto “Carreiras” (website, Facebook e Instagram), participaram de buscas e divulgações de vagas de estágio e trabalho que atenderiam o público de estudantes da UFSCar. Dentre as funções do projeto os alunos participantes foram divididos em 3 equipes: 5 alunos ficaram responsáveis pelo gerenciamento do site e sua atualização de dados, assim como a postagem de vagas de estágio sempre que possível; 6 alunos ficaram responsáveis pela parte de busca de possíveis palestrantes para o evento “UFSCAR CARREIRAS TALKS” e também busca de alunos, para identificar quais seriam as necessidades dos mesmos onde o projeto poderia auxiliá-los, e ex-alunos da UFSCar que poderiam agregar de alguma forma no projeto; por último, 4 alunos ficaram responsáveis pelo gerenciamento das redes sociais Instagram e Facebook.
	No site do UFSCarreiras foram desenvolvidas atividades de atualização dos documentos necessários para estágio, foram adicionados contatos de empresas de diversos estados, foram removidos os contatos de membros que não fazem mais parte do projeto e adicionado o contato dos membros novos, além de que foram criadas separações na aba Estágios com o intuito de organizar as vagas para cada um dos cursos.
	A equipe responsável pela parte de contatos confeccionou e divulgou questionários para alunos e ex-alunos, e obteve como resposta o que os alunos da faculdade gostariam de ver no próximo evento organizado e também a área que eles possuem mais interesse no mercado de trabalho e a necessidade de palestras sobre elas (os alunos gostariam de ver no próximo evento ex-alunos falando sobre as suas experiências no ingresso ao mercado de trabalho, dicas de comportamento para uma entrevista e palestras específicas sobre o mercado de trabalho em agricultura de precisão, biotecnologia de plantas, entre outros).
	O evento “UFSCAR CARREIRAS TALKS” não aconteceu devido à pandemia e à inviabilidade de termos um evento na modalidade presencial. Ainda assim, os alunos ligados ao projeto projetaram como seria o próximo evento, buscando contatos de possíveis palestrantes, temas e alunos que possivelmente se inscreveriam no evento.
	Ainda durante o decorrer do projeto, em 2020, conseguiu-se a parceria da Comissão Organizadora de Estágios (Comestag), da Unicamp, grupo este que possui valores e objetivos muito parecidos com os do projeto “Carreiras”. Nessa parceria o grupo participou de alguns eventos que a Comestag realizou e conversou-se sobre possíveis futuros eventos realizados em conjunto.
	A rotina programada do projeto “Carreiras” 2020 foi cumprida em todos os tópicos, exceto no tópico eventos; devido às circunstâncias o evento TALKS não poderia acontecer de forma presencial e na modalidade <i>on-line</i> pensou-se que não conseguiria a mesma quantidade de inscritos e a mesma eficácia das apresentações presenciais. Mas, ainda sim, foram buscados possíveis palestrantes futuros para quando fosse possível a realização do próximo evento.

Fonte: Dados do projeto

Ano	Objetivos alcançados
3ª edição 2021	Foram propostas divisões em 7 equipes, sendo elas: fluxograma, LinkedIn, ponte, redes sociais, site, comunicação, eventos. Na equipe fluxograma foram elaborados fluxogramas com os temas em biotecnologia vegetal e produção vegetal, posteriormente ambos foram divulgados. Com relação à equipe LinkedIn foi realizada a criação de uma conta no LinkedIn representando o UFSCarreiras, onde nela houve a realização de coleta de informações e descrições sobre a página, primeiros contatos com empresas ligadas à biotecnologia, agroecologia e agronomia, elaboração e aprimoramento das descrições e conexão com outros membros da comunidade da UFSCar. Já na equipe da ponte, foi elaborado um formulário para obtenção de informações diárias sobre as outras equipes, além do relatório semanal de cada uma e a comunicação entre equipes. A equipe das redes sociais ficou responsável por publicações semanais sobre divulgação de vagas de empregos e estágios, onde foram realizadas 24 postagens (INSTAGRAM, 2023b), atingindo um total de 266 pessoas. Em relação à equipe site, foram adicionadas as informações dos novos membros e das novas empresas parceiras do UFSCarreiras. A equipe de comunicação ficou responsável pelas parcerias com empresas, onde foram feitas parcerias com as empresas Aegro, UNEM, LONGPING-HIGH-TECH, Ihara e FMC. Por fim, a equipe eventos foi responsável pela elaboração de um evento transmitido no YouTube, intitulado de “Foco no Mercado” (YOUTUBE, 2022), que contou com a participação de três palestrantes, sendo eles pertencentes à Universidade Federal de Viçosa, Pecege e UFSCar; além disso, contou com 137 visualizações e 68 inscritos.

Fonte: Dados do projeto

plo, qual a participação do custo da cesta básica na população de baixa renda (custo da cesta básica/salário mínimo em reais);

- b) Elaborar e ampliar a divulgação dos informativos (produtos) gerados nessa atividade através de um site específico e em redes sociais (Facebook e Instagram). O intuito é que o público externo conheça como o custo da cesta básica interfere em sua renda e como isso influencia na tomada de decisão dos agentes econômicos. Além disso, pode acompanhar os motivos das oscilações de preços dos produtos, principalmente do componente alimentação. Destaca-se que o trabalho de divulgação nas redes sociais, além do site, que está sendo aperfeiçoado, conta, desde 2020, com a parceria do Grupo de Estudos do Agronegócio – GEAgro, que vem ampliando a visibilidade e divulgação dos informativos gerados;
- c) Elaborar artigos de extensão para divulgação de trabalhos em revistas e congressos mencionando o apoio da Proex;
- d) Criar, se possível, vídeos curtos no YouTube, podcasts com os alunos da atividade de extensão comentando as variações de preços dos produtos da cesta básica quinzenalmente e mensalmente (criação do Minuto Cesta Araras). Isso reforça os veículos de divulgação e interação com a sociedade e promove o aperfeiçoamento dos ganhos acadêmicos alcançados.

A metodologia desse projeto consiste em realizar a coleta de preços nos supermercados da cidade de Araras-SP (ou nos sites dos supermercados), três vezes por semana e de acordo com cada período especificado no edital do projeto

de extensão. Importante destacar que o intuito é trabalhar com os preços médios dos produtos pesquisados, os quais são calculados e analisados ao longo da realização do projeto de extensão. Com essa coleta, são realizadas análises, por meio dos informativos, gráficas e tabulares comentando e explicando o comportamento dos itens da cesta básica no município. Além disso, a metodologia segue a estabelecida pelo Procon-SP e Dieese em suas tabelas de divulgação. Os resultados são analisados e compilados em diferentes periodicidades: semanal e mensal.

A relevância acadêmica desse projeto de extensão está vinculada não somente à área de pesquisa e extensão da coordenadora bem como de sua equipe de docentes e alunos que fazem parte nessa parceria de trabalho com foco em Economia Aplicada. Estudos como esse têm relevância social, tendo como foco tanto a comunidade interna como a externa e servem de subsídio para o fornecimento de informações e análises que contribuam para a formação de políticas públicas para o município. Assim, os gestores tanto da iniciativa pública como privada podem tomar decisões com base nas análises de preços geradas nesse projeto de extensão. O cidadão ararense também pode acompanhar qual o custo da cesta básica, principalmente no contexto vivenciado na pandemia de Covid, e qual a participação dos componentes da cesta básica em seu salário mínimo.

O Quadro 4 apresenta brevemente o que já foi realizado sobre essa atividade em parceria com o GEAgro, desde 2020.

Ao longo do ano de 2022, uma nova oferta do projeto aconteceu, com a perspectiva de divulgação dos resultados do projeto nas redes sociais e manutenção do site da Ces-

QUADRO 4 - Objetivos alcançados do projeto Cálculo da Cesta Básica do Município de Araras-SP em parceria com o GEAgro desde 2020

Ano	Objetivos alcançados
Edição 2020 (início da parceria com o GEAgro)	Além do bolsista de extensão, o projeto contou com 16 alunos de graduação em 2020. Os alunos foram de diferentes cursos de graduação: Engenharia Agrônômica, Biotecnologia e Agroecologia. Esse projeto foi bastante intenso, sendo realizado três vezes por semana por meio remoto nos sites dos supermercados da cidade de Araras-SP. Os ganhos acadêmicos foram: 1) os alunos puderam vivenciar uma coleta e análise de preços; entenderam como sistematizar esses dados em uma planilha de preços e como realizar análises mensais sobre esses dados; 2) os alunos puderam enxergar a importância social dessa análise, ou seja, o quanto o valor da cesta básica pesa na remuneração mensal das famílias; 3) Além disso, o ganho foi muito satisfatório ao elaborar informativos mensais por meio desses preços pesquisados, pois puderam perceber que as análises dependem não somente da observação desses preços, mas sim do entendimento do mercado dos produtos que compõem a cesta básica. Nesse projeto, em especial de 2020, dois tipos de informativo foram gerados: informativo ampliado (com os produtos da coleta do Procon- SP) e informativo reduzido (que segue a tabela de alimentos da metodologia do Dieese). Os informativos tiveram início em setembro e outubro de 2020. Assim, os alunos participantes vivenciaram a interligação entre o conhecimento sobre a dinâmica de funcionamento da produção e do mercado de cada item pesquisado, principalmente no item alimentação. Entender essa ligação proporciona uma visão multidisciplinar para os alunos.
Edição 2021	<p>Nessa oferta de 2021 foram confeccionados 8 Informativos considerando as duas metodologias propostas, Procon e Dieese. A importância desses informativos se justifica, principalmente, no contexto de pandemia e aumento do custo de vida das famílias pela alta de preços, principalmente no componente alimentação. Pela leitura dos informativos, que pode ser feita tanto no website do projeto como nas redes sociais, é possível acompanhar as alterações do valor da cesta básica tanto pela metodologia do Procon-SP quanto do Dieese. Isso permitiu à população acompanhar as alterações nos itens, principalmente dos alimentos que compõem a cesta básica, bem como o impacto do valor da cesta básica no salário-mínimo. Esse contexto conecta esse projeto com a extensão por meio da divulgação dos trabalhos realizados.</p> <p>Os informativos foram divulgados nas redes sociais (Facebook e Instagram) e no website do projeto de extensão possibilitando maior conexão entre o projeto e o público externo. Assim, por meio dos informativos produzidos e a divulgação nos veículos de comunicação supracitados é possível a interação com o público externo e interno. Esta edição de 2021 contou com 26 alunos de graduação envolvidos além dos docentes que constam na equipe de trabalho registrados na Pró Reitoria de Extensão - Proex.</p>

Fonte: Dados do projeto

ta Básica, além da busca por estratégias que aperfeiçoem o desenvolvimento do projeto de extensão.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os objetivos do GEAgro têm sido alcançados e trazendo resultados bastante satisfatórios, tanto em termos de produção científica/acadêmica como de engajamento dos discentes nos projetos desenvolvidos pelo grupo e por eles próprios individualmente.

Tal engajamento, por parte dos discentes, tem propiciado uma contribuição para a formação dos alunos, diferenciando-os no mercado de trabalho. Relatos de egressos res-

saltam que se valeram dos conhecimentos adquiridos junto ao grupo para serem contratados em empresas do agronegócio e seguirem atuando em áreas, por exemplo, voltadas para inteligência de mercado.

Ressalta-se também que esses projetos têm proporcionado visibilidade para o trabalho desenvolvido na universidade, ao passo que leva para a sociedade o conhecimento gerado. Por outro lado, também propicia que a sociedade se manifeste, apontando as suas próprias demandas para atender necessidades específicas.






Espera-se, portanto, que os projetos tenham continuidade e, cada vez mais, com a participação da comunidade interna e externa à universidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- FACEBOOK. Araras, 2023. Disponível em: <<https://www.facebook.com/GEAgro/>>. Acesso em: 13 mar. 2023.
- GRUPO DE ESTUDOS DO AGRONEGÓCIO – GEAgro. Araras, 2020. Disponível em: <<https://geagroufscar.wixsite.com/geagro>>. Acesso em: 13 mar. 2023.
- INSTAGRAM. Araras, 2023a. Disponível em: <www.instagram.com/geagro.cca/>. Acesso em: 13 mar. 2023.
- INSTAGRAM. Araras, 2023b. Disponível em: <<https://www.instagram.com/ufscarreiras/>>. Acesso em: 13 mar. 2023.
- PRÓ-REITORIA DE EXTENSÃO – PROEX. São Carlos, 2023. Disponível em: <<https://www.proex.ufscar.br/aciepes>>. Acesso em: 13 mar. 2023.
- UFSCARREIRAS. Araras, 2019. Disponível em: <<http://www.ufscarreiras.ufscar.br/>>. Acesso em: 13 mar. 2023.
- YOUTUBE. Araras, 2022. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=n6cDY___I-0>. Acesso em: 13 mar. 2023.

Contribuição à caracterização do açúcar mascavo quanto aos aspectos microbiológicos, físico-químicos e sensoriais

Contribution to the characterization for the aspects too brown sugar in microbiological, physical-chemical and sensory

Marta Regina Verruma-Bernardi¹ 
 Emile Manoele Armange² 
 Sandra Regina Ceccato-Antonini³ 
 Silvia Raquel Bettani⁴ 
 Maria Teresa Mendes Ribeiro Borges⁵ 

¹Universidade Federal de São Carlos, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Tecnologia Agroindustrial e Socioeconomia Rural, Araras, SP, Brasil. verruma@ufscar.br

²Universidade Federal de São Carlos, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Tecnologia Agroindustrial e Socioeconomia Rural, Araras, SP, Brasil. emile@estudante.ufscar.br

³Universidade Federal de São Carlos, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Tecnologia Agroindustrial e Socioeconomia Rural, Araras, SP, Brasil. antonini@ufscar.br

⁴Universidade Federal de São Carlos, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Tecnologia Agroindustrial e Socioeconomia Rural, Araras, SP, Brasil. silviarb@ufscar.br

⁵Universidade Federal de São Carlos, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Tecnologia Agroindustrial e Socioeconomia Rural, Araras, SP, Brasil. mtmrborg@ufscar.br

RESUMO A busca crescente por alimentos naturais e artesanais elevou o potencial de mercado do açúcar mascavo, contudo a falta de padronização dos produtos comercializados impede que este alimento seja consolidado na visão do consumidor. Diversos aspectos são responsáveis por interferir na qualidade do produto obtido, desde características e composição da matéria-prima utilizada até técnicas aplicadas durante a fabricação do açúcar mascavo. Foram compilados, neste capítulo, dados da literatura acerca das características microbiológicas, físico-químicas e sensoriais do açúcar mascavo. Considera-se relevante esta compilação para que sirva como base para futuros estudos com açúcar mascavo.

Palavras-chave: Qualidade; cor; consumidor.

ABSTRACT The growing search for natural and artisanal foods has increased the market potential of brown sugar, however, the lack of standardization of commercialized products prevents this food from being consolidated in the consumer's view. Several aspects are responsible for interfering with the quality of the product obtained, from characteristics and composition of the raw material used, to techniques applied during the manufacture of brown sugar. In this chapter, data from the literature about the microbiological, physico-chemical, and sensory characteristics of brown sugar were compiled. This compilation is considered relevant, to serve as a basis for future studies with brown sugar.

Keywords: Quality; color; consumer.



Este é um capítulo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença [Creative Commons Attribution](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

1. APRESENTAÇÃO E HISTÓRICO

Com foco voltado para o desenvolvimento de pequenas propriedades rurais, um grupo de pesquisadores que estudam o açúcar mascavo começou a ser formado com a criação do Departamento de Tecnologia Agroindustrial e Socioeconomia Rural (DTAiSeR) em 1991. Tratava-se de um departamento do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de São Carlos (CCA-UFSCar), criado na época com duas seções de pesquisa e extensão (Economia e Estatística, e Industrial) do Instituto do Açúcar e Alcool - Planalsucar (Araras), extinto pelo Governo Federal em 1990 e incorporado pela UFSCar.

Durante os primeiros anos, o Centro se voltou para a criação de um curso de graduação, e, em 1993, foi iniciado o curso de Engenharia Agrônoma com duas ênfases, Agroecologia e Agroindústria, originadas neste departamento. Da antiga Seção de Economia e Estatística, os pesquisadores Prof. Dr. Luiz Antônio Correia Margarido, Prof. Dr. Clóvis Parazzi e Prof. Dr. Davi Guilherme Gaspar Ruas iniciaram estudos voltados para a produção de açúcar mascavo, cachaça e outros alimentos orgânicos em pequenas propriedades, um projeto multidisciplinar que buscava alternativas para a agricultura familiar dentro do contexto da sustentabilidade pelas abordagens ecológica, social e econômica. Por outro lado, oriundos da então antiga Seção Industrial, os pesquisadores Prof. Ms. Cláudio Hartkopf Lopes (*in memoriam*) e Profa. Dra. Maria Teresa Mendes Ribeiro Borges propuseram um programa de pesquisa e extensão voltado para a qualidade dos produtos do setor sucroalcooleiro que envolvia, entre outros, açúcar, álcool e produtos artesanais da cana-de-açúcar.

Em 2004, o Prof. Dr. Luiz Antônio Correia Margarido, com a colaboração de outros pesquisadores, coordenou a criação do Programa de Pós-Graduação em Agroecologia e Desenvolvimento Rural (PPGADR), um programa com característica multidisciplinar que pretendia gerar conhecimento tecnológico e melhoria da qualidade dos produtos do campo, com baixo impacto ambiental, e promovesse o desenvolvimento socioeconômico dos pequenos produtores.

Com a entrada da pesquisadora Profa. Dra. Marta Regina Verruma-Bernardi, que trazia consigo a experiência em análise sensorial, o grupo teve uma lacuna importante preenchida, a que tratava da qualidade sensorial dos alimentos, principalmente na vertente dos produtos artesanais da cana-de-açúcar. Hoje, o grupo de pesquisa “Qualidade de produtos agroindustriais *in natura* e processados” se completa e tem atuado sistematicamente, desde então, orientando alunos de graduação em trabalho final de curso, iniciação científica e projetos de mestrado em âmbito de pós-graduação.

2. DESENVOLVIMENTO

Processo de produção de açúcar mascavo

A fabricação de açúcar, de forma geral, refere-se à recuperação da sacarose que foi produzida pela natureza. Ao longo dos anos, o aperfeiçoamento das técnicas rudimentares de extração do caldo, evaporação da água e separação dos cristais da massa de açúcar, que precipitam quando se obtém a solução supersaturada, levou ao que temos hoje como indústria açucareira.

Especificamente para o açúcar mascavo, as técnicas de processamento dos pequenos engenhos ainda permanecem quase as mesmas, no entanto existe sempre a possibilidade de que esses produtores familiares migrem para situações de indústria, buscando substituir equipamentos e fontes de energia com menos tecnologias por aquelas que tragam maior economia, acelerem e garantam a produção com melhoria da qualidade do produto, substituindo o trabalho manual, típico do processo artesanal. Por outro lado, nas últimas décadas no Brasil, as usinas de açúcar, que tradicionalmente produziam açúcar cristal, vêm adaptando seus processos para explorar um nicho de mercado de produtos tipo *gourmet*, incluindo um açúcar bruto semelhante ao açúcar mascavo produzido artesanalmente.

Um dos principais aspectos que devem ser considerados é a matéria-prima a ser utilizada. Deve-se escolher variedades de cana-de-açúcar com características adequadas para as diferentes épocas do ano (variedades precoces, médias e tardias), que sejam adaptadas às diferentes condições edafoclimáticas, resistentes a pragas e doenças específicas, de fácil despalha e com baixo teor de fibras, principalmente considerando a matéria-prima empregada no processo artesanal.

Características do açúcar mascavo

Características microbiológicas

Os microrganismos desempenham papel relevante nos alimentos, podendo acarretar alterações benéficas ou prejudiciais. Entre elas, a deterioração microbiana de um produto decorre das atividades metabólicas do microrganismo, provocando modificações no sabor, odor, aspecto e textura do alimento, além de, no caso de espécies patogênicas, causarem doenças (FRANCO, 2008a). Os aspectos que favorecem a ocorrência de contaminação no açúcar mascavo resultam, de forma geral, da falta de observação e cumprimento de normas básicas, como ausência de boas práticas de fabricação (BPF) e análise de perigos e pontos críticos de controle (APPCC), essenciais para produzir alimentos microbiologicamente seguros (PARAZZI et al., 2009).

O grupo de pesquisa em açúcar mascavo também tem contribuído para a caracterização microbiológica desse alimento em estudos realizados por Verruma-Bernardi et al. (2007), Generoso et al. (2009), Araújo et al. (2011) e Silva et al. (2018), contando com a expertise em microbiologia da Profa. Dra. Sandra Regina Ceccato-Antonini, também pertencente ao quadro de docentes do DTAiSeR.

A seguir, serão apresentados os principais grupos microbianos estudados em amostras de açúcar mascavo, bem como os resultados relevantes obtidos pelos trabalhos do grupo de pesquisa da UFSCar e de outros grupos.

Os coliformes a 45°C são definidos pela RDC nº 12, estabelecida pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), em 2 de janeiro de 2001, como o grupo de coliformes de origem fecal e os termotolerantes, preconizando valores limites de 10^2 NMP/g (NMP refere-se ao resultado obtido pela técnica do Número Mais Provável) para a categoria açúcar cristal não refinado, açúcar mascavo e demerara, melado, melaço, rapadura e similares (BRASIL, 2001).

Este grupo de microrganismos é considerado indicador, pois sua presença alerta para as más condições sanitárias da planta de fabricação do alimento e falhas no processamento, visto que são facilmente inativados por produtos sanitizantes e não sobrevivem ao tratamento térmico (SILVA, 2017).

Souza et al. (2018) constataram a presença de coliformes totais em 100% das amostras de açúcar mascavo estudadas. Na quantificação dos coliformes a 45 °C, das 10 amostras de mascavo analisadas, 2 amostras apresentaram altos valores de contaminação, atingindo 240 e 460 NMP/g. Em contrapartida, estudos de Silva et al. (2018) demonstraram que, para as marcas comerciais estudadas de açúcar mascavo, as análises microbiológicas não indicaram contaminação por coliformes acima de 0,3 NMP/g, também observado no trabalho de Jesus (2010). Generoso et al. (2009) verificaram a ausência de coliformes para lotes comerciais de açúcar mascavo, resultado análogo ao observado por Araújo et al. (2011) e Parazzi et al. (2009).

Outro grupo de contaminantes microbiológicos que geram preocupação ao setor alimentício é o das bactérias do gênero *Salmonella* em virtude de causarem potenciais problemas gastrointestinais e, em determinados casos, serem fatais aos seres humanos, sendo sua presença comumente resultante da manipulação inadequada e da matéria-prima utilizada na fabricação do produto (MACHADO, 2012). No Brasil, a RDC nº 12 da ANVISA, de 2 de janeiro de 2001, estabelece que os açúcares mascavo, demerara, cristal não refinado e similares devem apresentar ausência de *Salmonella* sp. para cada 25 g de produto (BRASIL, 2001).

Araújo et al. (2011), Generoso et al. (2009), Jesus (2010) e Silva et al. (2018) verificaram ausência de *Salmonella* sp. em amostras de açúcar mascavo testadas, indicando boas práticas de fabricação. Porém, nem sempre nos estudos consultados foi possível identificar se o processo era indus-

trial ou artesanal, bem como informações sobre o tempo de prateleira do produto.

Quanto às bactérias mesófilas, Franco (2008b) definiu como um grupo de espécies cuja temperatura ótima de desenvolvimento se encontra na faixa de 25 a 40 °C, abrangendo a maior parte dos microrganismos de interesse em alimentos. Elevadas concentrações desses microrganismos em açúcar apontam deficiência nas condições de higiene do local de produção e no processo de fabricação, reduzindo, conseqüentemente, a vida de prateleira (PARAZZI et al., 2009). Embora a legislação brasileira não estabeleça limites toleráveis para o grupo de microrganismos para açúcar mascavo, estudos têm apontado a presença dessas bactérias nesse produto. Araújo et al. (2011) detectaram a presença de bactérias mesófilas em todas as amostras de açúcar mascavo avaliadas, com valores que variaram de 4 a 37 UFC/g, enquanto Verruma-Bernardi et al. (2007) encontraram contaminações de até 600 UFC/g. Já Silva et al. (2018) constataram valores de até 72 UFC/g, enquanto Generoso et al. (2009) verificaram números de bactérias mesófilas de até 1.632,5 UFC/g.

Em relação aos bolores e leveduras, estes apresentam grande resistência a condições como baixa atividade de água e baixo pH, sendo os bolores muito eficientes em utilizar pequenas quantidades de oxigênio, e as leveduras capazes de crescer na ausência total desse elemento (SILVA et al., 2017). A presença de bolores e leveduras em alimentos pode trazer risco à saúde por causa da habilidade dos bolores na produção de micotoxinas. Mesmo que o fungo não seja detectado no alimento, as toxinas podem estar presentes, porque são compostos estáveis que não são destruídos durante o processamento ou cozimento do alimento. Apesar disso, os limites para a presença de bolores e leveduras no açúcar mascavo também não são estabelecidos pela legislação brasileira, assim como para bactérias mesófilas. Valores máximos são definidos somente para a categoria 'açúcares, edulcorantes e adoçantes de mesas sólidos' por meio da Instrução Normativa (IN) nº 60, de 23 de dezembro de 2019, da ANVISA (BRASIL, 2019), que estabelece limite máximo de 10^2 UFC/g. Dessa forma, os estudos que têm sido realizados com açúcar mascavo adotam esse limite para aferir a qualidade microbiológica desse açúcar.

Estudo de Generoso et al. (2009) mostrou que os valores de bolores e leveduras das amostras avaliadas se mantiveram dentro do recomendado, de 0,5 a 32,5 UFC/g, assim como os resultados identificados por Araújo et al. (2011), que variaram entre a ausência desses organismos até valores de 5 UFC/g. Verruma-Bernardi et al. (2007) mostraram contaminação máxima de 45 UFC/g em amostras de açúcar mascavo, entrando em conformidade com o padrão de 10^2 UFC/g.

Em contrapartida, o trabalho de Souza et al. (2018) verificou contaminação por bolores e leveduras em 84% das amostras de açúcar de coco, mascavo e demerara, consta-

tando-se que apenas uma das amostras de açúcar mascavo estava em conformidade com a recomendação da ANVISA de 2019. Por sua vez, Silva et al. (2018) mostraram que 2 das 15 amostras de açúcar mascavo analisadas ultrapassaram os limites recomendados para bolores e leveduras, com valores de 210 e 930 UFC/g.

Parazzi et al. (2009) verificaram contaminação por bolores e leveduras em todas as marcas de açúcar mascavo coletadas para análise no primeiro ano do estudo, atingindo até 119 UFC/g. No segundo ano de pesquisa, foram coletadas amostras de açúcar mascavo, cristal e refinado, sendo que os dois últimos tipos apresentaram contaminação por bolores e leveduras inferior à encontrada para o açúcar mascavo. Os autores justificaram esse resultado como sendo consequência dos teores de umidade mais elevados no açúcar mascavo, o que permite a maior multiplicação de microrganismos.

Sendo o açúcar mascavo um produto consumido diretamente na mesa do consumidor ou utilizado na fabricação de outros alimentos, é importante garantir qualidade microbiológica no sentido de evitar riscos à saúde do consumidor e deterioração do alimento, resultando em perda econômica. Nesse sentido, os trabalhos desenvolvidos no grupo de pesquisa da UFSCar sempre procuraram avaliar também esses parâmetros microbiológicos como ferramenta para a melhoria da qualidade, visando especialmente os pequenos produtores.

Características físico-químicas do açúcar mascavo no Brasil

Umidade e atividade de água

Para qualquer tipo de açúcar, a umidade pode trazer problemas de qualidade se, após sua produção, este for embalado úmido ou adquirir umidade durante a estocagem. De maneira geral, os problemas são: crescimento e desenvolvimento de microrganismos, empedramento e alterações sensoriais de cor, aroma e sabor. Silva (2017) apresenta valores de umidade entre 0,68 e 4,36% e valores de atividade de água de 0,55 a 0,72, sendo que um índice maior que 0,60 de atividade de água pode comprometer a estabilidade microbiológica, diminuindo o tempo de vida útil do produto.

As avaliações de umidade em mascavo têm mostrado uma grande faixa de variação. Lopes e Borges (1998) apontaram que valores inferiores a 2,4% são desejáveis para o mascavo. No entanto, avaliações conduzidas ao longo dos anos pelo grupo de pesquisadores do DTAiSeR mostraram que valores maiores são bem frequentes. Já Verruma-Bernardi et al. (2007) obtiveram valores entre 1,35 e 4,44% para 9 marcas comerciais analisadas, enquanto Generoso et al. (2009) analisaram 31 amostras de marcas comerciais e obtiveram valores entre 2,13 e 6,02%. Parazzi et al. (2009) examinaram diferentes tipos de açúcar quanto à contaminação micro-

biológica e umidade durante três anos e observaram que os produtores promoveram melhoria no processo e passaram o teor de umidade do mascavo, em valores médios, de 3,7% no primeiro ano para 2,1% no terceiro ano. Por sua vez, Araújo et al. (2011) avaliaram a qualidade de 10 amostras de açúcar mascavo oriundas de produção em assentamento de reforma agrária e encontraram valores de umidade que variaram entre 1,1 e 3,7%. Bettani et al. (2014), avaliando amostras de diferentes tipos de açúcar, obtiveram valor de 2,9% para o açúcar mascavo.

A influência da matéria-prima e do processo de produção também foi estudada pelo grupo. Minguetti (2012) testou diferentes sistemas de produção no cultivo da cana-de-açúcar e constatou que os diferentes sistemas de adubação influenciavam a matéria-prima e proporcionavam açúcares com diferentes umidades, variando de 4,6 até 6,8%.

A questão que se coloca é: qual seria a umidade recomendada para este tipo de açúcar? Verruma-Bernardi et al. (2007) recomendaram que fosse inferior a 2,4%. Delgado e Delgado (1999) apresentaram valores de 5% e citaram redução para até 1% de umidade com o uso de secador. No entanto, a medida da atividade de água é a que retrata melhor a estabilidade do alimento frente às reações químicas e crescimento de microrganismos, mas depende da constituição do produto.

A ampla variação de resultados de umidade de mascavo é reflexo de diferentes fatores, como: agrônômicos (variedades e idade da cana, condições edafoclimáticas, condições de cultivo e tratamentos culturais), variáveis de processamento (pH de evaporação do caldo, tempo de evaporação, temperatura de finalização, secagem do produto) e condições de embalagem e armazenamento. E, por ser um parâmetro possível de ser ajustado por meio da secagem e do acondicionamento hermético, a prática de secar deve fazer parte do processo e acontecer de forma que a atividade de água esteja em níveis seguros para dificultar, principalmente, o crescimento dos microrganismos. Desta forma, é necessário haver estudos de correlação entre atividade de água e umidade.

Carboidratos

Em função de sua constituição, pode-se dizer que o caldo de cana é praticamente uma solução de água com açúcar (sacarose). O teor de carboidratos do caldo de cana é a soma dos teores de sacarose, glicose e frutose, que variam entre 10 e 12% na cana verde e entre 18 e 22% na cana madura. A sacarose é o principal carboidrato solúvel da cana, sendo estimada pela medida de polarização da solução de açúcar (pol).

Conhecer a polarização de açúcar cristal branco é importante, pois indica quanto de açúcar (sacarose) está sendo comercializado, por isso a legislação estabelece valores limites mínimos para esse parâmetro. No entanto, sugere-se que, para o açúcar mascavo, esse valor não deva ser legislado, já que a presença de outros constituintes neste tipo de açúcar

é até desejada. A exigência para pol de mascavo deve apenas ser controlada na matéria-prima e no processo, sendo, assim, uma variável tecnológica. De forma geral, a sacarose que for produzida no campo deve ser mantida durante a produção do açúcar mascavo.

Bettani et al. (2014) verificaram valores de 85,9% e salientaram que, embora, para o açúcar cristal, a polarização elevada seja aspecto importante, no açúcar mascavo os valores baixos podem ocorrer pela maior presença de constituintes minerais e orgânicos, que podem ser bons para a saúde humana (MINGUETTI, 2012; BETTANI et al., 2014). Araújo et al. (2011) investigaram a polarização de açúcares de marcas comerciais e encontraram valores variando, respectivamente, entre 84,5 e 93,3%.

Generoso et al. (2009) estudaram também a polarização de açúcar mascavo e encontraram amostras com valores inferiores aos citados, sendo 74,9% o menor resultado encontrado. Já Verruma-Bernardi et al. (2007) obtiveram valores de polarização que variaram de 81,2 a 93,2%. Por sua vez, Minguetti (2012), analisando amostras de açúcar mascavo fabricado a partir da mesma matéria-prima cultivada em seis diferentes sistemas de produção, orgânico e convencional, encontrou valores de polarização estatisticamente diferentes e variando entre 81,6 e 84,5%.

Bettani et al. (2014) consideraram a polarização alta como fator de estabilidade do açúcar, uma vez que a baixa quantidade de açúcares redutores (AR) diminui a higroscopicidade do produto (baixa atividade de água), bem como a polarização baixa, enquanto a alta umidade, somada à grande concentração de nutrientes, propicia ambiente favorável ao emboloramento. Portanto, nessas condições, a vida de prateleira é menor.

No açúcar não devem ser encontrados teores de fibra, carboidrato insolúvel da cana. Já outros carboidratos, como glicose e frutose, chamados de AR, e quantidade muito pequena de amido (0,05%), são esperados no mascavo e são fonte de energia. No entanto, os ARs, apesar de serem fonte de energia e estarem presentes no caldo em pequenas concentrações, podem ser formados durante a evaporação e apresentam características prejudiciais ao processo de cristalização da sacarose.

O AR é originado na matéria-prima quando está fora do período útil de industrialização (PUI). Geralmente, isso ocorre na entressafra, época de chuvas e calor. É possível também obter altos teores de AR em canas queimadas ou que sofreram geadas e ainda se encontram em pé no campo; logo, nessas condições a cana também retoma o estado de crescimento vegetativo. O uso de canas com pontas pode levar a um maior teor de AR para o produto (JERONIMO et al., 2020).

O caldo é uma solução ácida com pH variando em torno de 5,6. A reação de hidrólise da sacarose, chamada de inversão, é bem conhecida e acontece em meio ácido e com o

aumento da temperatura. No caso da fabricação do mascavo, geralmente o aquecimento se dá sob pressão atmosférica, e não a vácuo, o que permite atingir temperaturas de até 130°C na solução açucarada ao final da evaporação. Isso pode levar à geração de uma quantidade grande de AR em decorrência da inversão. O principal problema da presença de AR é a dificuldade de cristalização. A partir de uma concentração de moléculas de AR em solução, a aproximação das moléculas de sacarose fica prejudicada, dificultando sua nucleação e o crescimento do cristal. As moléculas de glicose e frutose aumentam a quantidade de água imobilizada, que, como dito, prejudicam a mobilidade das moléculas de sacarose. Aliado à dificuldade de cristalização, o alto teor de AR favorece as reações de escurecimento.

Generoso et al. (2009) apresentaram valores entre 1,17 e 8,51% de AR. Lopes e Borges (1998) sugeriram valores de AR abaixo de 2,4%, enquanto Andrade, Medeiros e Borges (2018) não recomendaram fixar valores de AR e observaram que é possível obter relações factíveis entre AR e pol que ainda garantam a qualidade do alimento. Araújo et al. (2011) encontraram resultados de AR na ampla faixa de 2,8 a 7,2% nos diferentes lotes analisados de uma marca comercial de açúcar mascavo. Esse comportamento variável também foi observado por Verruma-Bernardi et al. (2007), que, analisando nove marcas comerciais de açúcar mascavo, obtiveram teores de AR na faixa de 1,43 a 7,25%. Por sua vez, Minguetti (2012) constatou, em seus estudos com açúcares obtidos de canas de cultivo orgânico e de cultivo convencional, valores de AR na faixa de 0,75 a 1,17%, sendo que o tipo de cultivo influenciou os teores de AR. Por fim, Bettani et al. (2014) encontraram, para o açúcar mascavo, teor de 5,6%. Assim, os estudos mostraram que é possível regular o teor de AR trabalhando com cana madura e corrigindo o pH do caldo antes da etapa de evaporação.

Sais minerais

A literatura sobre a constituição da cana apresenta teor de sais minerais variando de 0,3 a 1,8%. Sendo assim, um caldo de cana, que possui em torno de 25% de sólidos totais dissolvidos, ao ser concentrado, evaporando-se praticamente toda a água, deve fornecer um teor de até quatro vezes esse valor, o que acarretará um teor de minerais (cinzas) de 1,2 a 7,2%, podendo ser menor, sempre dependendo da quantidade presente no caldo original.

A matéria inorgânica recebe o nome de cinzas porque é o produto do processo de queima da matéria orgânica. Esse resíduo no açúcar mascavo é constituído, principalmente, de elevadas quantidades de potássio, sódio, cálcio e magnésio, e de menor quantidade de outros elementos, como ferro, manganês e zinco (ARAÚJO et al., 2011). Lopes e Borges (1998) sugeriram teores de cinzas não superiores a 2,2% para um açúcar mascavo de qualidade, entretanto esta recomendação pode e deve ser discutida. Andrade, Medeiros e Borges

(2018) sugeriram mais estudos sobre esse e outros parâmetros do mascavo. Bettani et al. (2014) e Araújo et al. (2011) encontraram valores que não excederam 1,5%. Em comparação, Generoso et al. (2009) obtiveram resultados que variaram em níveis superiores de 1,15 a 3,45%. Por sua vez, Silva (2017) observou valores de cinzas variando de 0,33 a 2,65%, enquanto Verruma-Bernardi et al. (2007) determinaram teores de cinzas na faixa de 1,21 a 5,88% e encontraram, na composição final do açúcar mascavo batido, um perfil de minerais e componentes orgânicos bastante similar ao caldo da cana-de-açúcar. Ainda, Minguetti (2012) apresentou teores médios de cinzas variando entre 3,75 e 4,35%, com diferenças significativas para as cinzas nos diferentes tratamentos.

Os constituintes das cinzas do mascavo foram avaliados, e seus valores foram apresentados por vários autores (NATALINO, 2006; WILWERTH et al., 2009; SILVA, 2017), sendo que os teores foram variados e possuíam as mesmas fontes de variação que os demais parâmetros já abordados. A síntese dos principais minerais encontrados nos mascavos e seus teores máximos e mínimos foram: cálcio, de 275 a 5.432 mg.kg⁻¹; potássio, de 137,4 a 4.558 mg.kg⁻¹; sódio, de 117 a 1.942 mg.kg⁻¹; magnésio, de 62 a 1.705,2 mg.kg⁻¹; fósforo, de 16,5 a 569,5 mg.kg⁻¹; ferro, de 23,5 a 488,4 mg.kg⁻¹; manganês, de 2,1 a 56,2 mg.kg⁻¹.

Entre os minerais indesejáveis possivelmente encontrados nos alimentos, Luchini et al. (2017) pesquisaram a presença de chumbo, com os teores variando entre 0,16 e 0,30 mg.kg⁻¹, mas não foi detectado o cádmio nos açúcares da pesquisa, sendo que o valor máximo recomendado pela Instrução Normativa (BRASIL, 2021) é de 0,10 mg.kg⁻¹ para o chumbo.

Outros compostos orgânicos não açúcares

A cana pode trazer do campo componentes vegetais, como folhas verdes e secas, palmitos e plantas daninhas, que poderão ser processados, alterando, assim, a composição do caldo e agregando outros compostos orgânicos que podem ou não ser nutrientes, como material proteico, lipídeos e compostos fenólicos, presentes em maior quantidade nas pontas e folhas da cana.

A Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (NÚCLEO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM ALIMENTAÇÃO, 2011) informa teores de 0,8 g e 0,10 g, respectivamente, para proteínas e lipídeos, a cada 100 g de açúcar mascavo. Bettani et al. (2014) encontraram 151,6 mg.kg⁻¹ de aminoácidos e 58,6 mg.kg⁻¹ de compostos fenólicos. Mais estudos devem ser realizados quanto aos compostos orgânicos não açúcares a fim de compreender melhor o potencial nutricional do açúcar mascavo.

pH

A medida do valor de pH do açúcar mascavo não é uma forma de avaliar sua qualidade nutricional e sensorial, no en-

tanto pode indicar algum tratamento que o caldo teve durante o processamento e auxilia na previsão da estabilidade durante o armazenamento. Apesar de o açúcar ser um produto de alta pressão osmótica, o que deveria estabilizá-lo diante da multiplicação de microrganismos, ele é higroscópico, rico em nutrientes e se encontra em um ambiente levemente ácido, mais apreciado pelos microrganismos do que ambientes alcalinos. Quando o pH do açúcar é superior a 6,5, indica que houve correção no caldo. Lopes e Borges (1998) recomendaram a neutralização do caldo em função dos inúmeros benefícios observados, mas ressaltaram que o uso excessivo de cal (uso de pH superior a 8,0) poderia provocar destruição da sacarose e escurecimento do produto. Como o mercado consumidor ao qual o açúcar mascavo se destina aceita colorações escuras e aspecto menos cristalino para o mascavo, é possível um pequeno excesso de hidróxido de cálcio (leite de cal) no processo de neutralização.

Generoso et al. (2009) observaram valores de pH variando de 5,22 a 7,85 em 31 marcas comerciais de açúcar mascavo. Já Silva (2017), analisando 87 amostras de açúcares comercializados em diferentes estados do Brasil, obteve pH de açúcar mascavo variando entre 6,5 e 7,2. Por sua vez, Bettani et al. (2014) apresentaram valor de pH 6,0 (solução a 10%) e cor ICUMSA 50.778 UI. Esses dados mostram que a prática de neutralização vem sendo utilizada na produção deste açúcar.

Características sensoriais

De acordo com Minim e Silva (2016), a análise sensorial é uma ciência que estuda o processo de percepção dos seres humanos diante dos estímulos visuais, olfativos, gustativos, auditivos e táteis produzidos pelos diferentes produtos. Com a utilização das técnicas sensoriais, é possível verificar os efeitos do processamento, a qualidade da matéria-prima e a estabilidade do armazenamento por meio de atributos como cor, aroma, sabor e textura.

As técnicas sensoriais são classificadas em três tipos de teste: os discriminativos, os descritivos e os afetivos, sendo que os testes discriminativos e descritivos exigem, na sua prática, a participação de avaliadores com algum grau de treinamento, como no caso de análises descritivas clássicas, que requerem a formação de equipes com elevado grau de treinamento. Em testes afetivos, os consumidores descrevem o grau de satisfação de determinado produto, relatando respostas quanto à preferência, aceitação ou decisão de compra (MINIM; SILVA, 2016).

Sobre os indicadores de qualidade para o mercado de açúcar mascavo, Rojas e Perez (2014) relataram que os principais são: preço, cor, confiabilidade na entrega e volume disponível.

Verruma-Bernardi et al. (2007) estudaram as características sensoriais de nove marcas comerciais de açúcar mascavo, e os atributos sensoriais que descreveram os açúcares

foram: cor marrom, uniformidade e umidade; aroma doce, caramelo e natural de cana; textura arenosa; sabor doce, natural de cana, caramelo e salgado. Os atributos de aparência, aroma, sabor e textura variaram significativamente entre os açúcares estudados. Quanto à preferência visual, verificou-se que os açúcares mascavos preferidos apresentaram um conjunto de atributos como cor marrom intermediária e pouca umidade visual.

Ainda, Verruma-Bernardi et al. (2011) avaliaram as características sensoriais de 29 marcas de açúcar mascavo comerciais e descreveram atributos de aparência (cor marrom, umidade, homogeneidade), aroma (doce, característico, rapadura), sabor (característico, rapadura, gosto doce e amargo) e textura arenosa. Os resultados mostraram que os açúcares diferiram em todos os atributos sensoriais estudados, demonstrando a heterogeneidade, principalmente em relação à aparência e textura. Quanto à preferência, utilizando escala de 7 pontos, os produtos que apresentaram cor intermediária, gosto mais adocicado e menos amargo foram os mais preferidos. Na avaliação da preferência, a maior variação ocorreu para aparência (3,1 a 5,3) e textura (3,2 a 6,3), sugerindo que esses parâmetros dirigiram a preferência do consumidor.

Araújo et al. (2011) estudaram sensorialmente a cor de 10 açúcares mascavos produzidos em um assentamento da reforma agrária. Os resultados mostraram uma variação na cor deles. Contudo, notou-se ainda variação na cor das amostras, o que pode ser explicado pela variedade da cana-de-açúcar utilizada, além de fatores tecnológicos de produção do açúcar, expondo a necessidade de um nível de padronização que independa da safra da cana.

Minguetti (2012), estudando amostras de açúcar mascavo fabricado a partir de matérias-primas cultivadas em seis diferentes sistemas produtivos, realizou análise quantitativa descritiva e verificou diferença na intensidade da cor dos açúcares. Nesse estudo, foi possível notar que os açúcares com cor mais escura apresentaram maiores teores de compostos fenólicos e AR advindos de matéria-prima cultivada em diferentes sistemas de produção. Esse autor concluiu que, apesar da diferença sensorial da cor, não houve diferença estatística quanto à preferência dos açúcares.

Por sua vez, Faria et al. (2013) estudaram as características sensoriais descritivas e preferência de oito açúcares: açúcar cristal orgânico (A, B), açúcar cristal convencional (C), açúcar demerara orgânico (D, E, F), açúcar mascavo (G) e açúcar refinado (H). Os atributos sensoriais que descreveram os oito açúcares estudados foram: cor, umidade, granulidade; aroma e sabor doce e natural de cana-de-açúcar; e textura crocante e arenosa. Todos os atributos diferiram, e as amostras de açúcares orgânicos (demerara e cristal) foram as mais aceitas pelos consumidores quando analisada a aparência global.

Bettani et al. (2014) avaliaram as características sensoriais descritivas de açúcares orgânico cristal, orgânico demerara,

cristal convencional, cristal refinado e açúcar mascavo. As amostras apresentaram-se significativamente diferentes quanto à aparência, aroma e textura. No que se refere à cor, os açúcares mascavo e demerara foram classificados como os mais escuros, demonstrando a influência das etapas do processamento na coloração do produto final.

Durán et al. (2012) analisaram a aceitação da cor de três açúcares mascavos (cores: escura, semiescura e clara), utilizando escala de 9 pontos, e não encontraram diferença significativa no teste de aceitação de cor nas amostras de açúcar mascavo.

Silva et al. (2018) estudaram as características sensoriais de cinco marcas de açúcar mascavo comerciais, utilizando teste discriminativo de ordenação para os atributos: cor marrom (mais claro e mais escuro), umidade (mais seco e mais úmido), gosto doce (menos doce e mais doce) e textura arenosa (menos arenoso e mais arenoso). Os açúcares apresentaram diferenças na cor, aparência úmida, gosto doce e textura granulosa, porém essas diferenças não afetaram a preferência para um grupo de 30 consumidores.

Rós (2019) avaliou a aceitação sensorial de 11 amostras de açúcar mascavo cultivado em sistemas orgânico e convencional e não encontrou diferença estatística significativa ($p > 0,05$) entre os atributos avaliados: cor, granulidade visual, sabor doce, aroma característico, solubilidade na boca e aceitação global, porém observou a preferência do consumidor pela cor mais clara e pela granulidade mais fina do produto.

Em estudo descrito por Lotumolo (2022), utilizando questionário on-line com 228 pessoas: 49,6% relataram que a principal forma de consumo do açúcar mascavo era em receitas; 23,2% relataram que o motivo que as levavam ao consumo era por ser um alimento menos processado; 34,2% relataram que o motivo de não o consumir era o preço alto. Os fatores relatados no momento da compra do açúcar mascavo foram: preço (40,8%), validade (25%) e coloração (24,6%).

Oliveira, Esquiaveto e Silva-Júnior (2007) definem granulometria como o conjunto dos aspectos 'tamanho médio do cristal' e 'uniformidade' que os grãos apresentam. Os autores pontuaram que o impacto mais significativo da granulometria do açúcar é visto nas misturas sólidas, coberturas e, em menor grau, quando o açúcar é utilizado de forma dissolvida, visto que menores cristais se dissolvem mais facilmente, acelerando e facilitando processos. Em contrapartida, cristais menores apresentam maior higroscopicidade e, portanto, são mais suscetíveis ao empedramento do produto. Os autores acrescentam ainda que cristais de açúcar que apresentam uniformidade e arestas bem formadas refletem mais a luz, acarretando um aspecto visual mais branco. Lopes (2008) relatou que o empedramento pode ser causado por problemas granulométricos, sendo os cristais muito pequenos ou desuniformes os mais suscetíveis a este pro-

blema, visto que possuem alto número de pontos de contato entre os grânulos. Estudo descrito por Orlandi et al. (2017) verificou que a escolha da variedade de cana-de-açúcar utilizada para a fabricação do açúcar mascavo desempenha um papel fundamental para a obtenção de um produto final de maior qualidade, uma vez que a preferência global se concentrou em um grupo de com textura de grânulos menores e alta solubilidade.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A experiência acumulada ao longo dos anos no Centro de Ciências Agrárias da UFSCar, advinda do contato com pequenos produtores artesanais, agricultores familiares, cooperativas, pequenas agroindústrias e indústrias, analisando seus produtos, bem como a experiência adquirida com a produção de açúcar mascavo em bancada de laboratório e respectivas avaliações tecnológicas para o desenvolvimento de aulas práticas e projetos de pesquisa de iniciação científica, trabalhos de conclusão de curso, mestrado e doutorado, permitiu obter informações sobre as alterações que o processo tecnológico vem sofrendo nas últimas décadas. O processo de produção, que partiu de uma fabricação artesanal, aos moldes do Brasil colônia, evoluiu com a implementação de equipamentos em busca de maior pureza em termos de sacarose para a usina de açúcar, e, atualmente, existem dois sistemas de produção: um artesanal e outro industrial.

Verificou-se que não existem parâmetros de identidade e qualidade para o açúcar mascavo. O grupo entende que existe uma dificuldade em identificar esses parâmetros, tendo em vista que são muitas as variedades de cana que podem ser utilizadas para produção, bem como não há definição dos processos de produção. O aumento na demanda do consumo de mascavo fez com que produtores adotassem práticas de produção visando produzir mascavo, inclusive, na entressafra da matéria-prima. Essas práticas, utilizadas para garantir a produção do açúcar mascavo, precisam ser apresentadas cientificamente, e seus efeitos devem ser esclarecidos a fim de auxiliar na resolução das deficiências e dificuldades encontradas para a normatização e legislação, que atualmente é inexistente e levam à fiscalização inadequada.

Assim, o grupo de pesquisa aqui apresentado continua gerando conhecimento (Anexo 1), visando não permitir que esse produto seja descaracterizado, tendo em vista sua importância econômica e cultural no Brasil, e buscando definir o que é o açúcar mascavo e proteger a agricultura familiar.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, L. A.; MEDEIROS, S. D. S.; BORGES, M. T. M. R. Avaliação das características físico-químicas do açúcar mascavo adicionado de açúcar bruto de alta polarização. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 21, n. 0, 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/1981-6723.19917>.
- ARAÚJO, E. R. et al. Qualidade de açúcares mascavo produzidos em um assentamento da reforma agrária. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 22, n. 4, p. 617-621, 2011.
- BETTANI, S. R. et al. Avaliação físico-química e sensorial de açúcares orgânicos e convencionais. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 16, n. 2, p. 155-162, 2014. <http://dx.doi.org/10.15871/1517-8595/rbpa.v16n2p155-162>.
- BRASIL. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Resolução-RDC nº. 12, de 2 de janeiro de 2001. Aprova o regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 02 jan. 2001. Seção 1, p. 229. Disponível em: <https://bvsm.sau.gov.br/bvs/sau/legis/anvisa/2001/res0012_02_01_2001.html>. Acesso em: 25 maio 2021.
- BRASIL. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Instrução normativa nº. 88, de 26 de março de 2021. Estabelece os limites máximos tolerados (LMT) de contaminantes em alimentos. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 26 mar. 2021. Seção 1, n. 61, p. 226. 2021. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/instrucao-normativa-in-n-88-de-26-de-marco-de-2021-311655598>>. Acesso em: 25 maio 2021.
- BRASIL. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Instrução normativa nº. 60, de 23 de dezembro de 2019. Estabelece as listas de padrões microbiológicos para alimentos. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 26 dez. 2019. Seção 1, n. 249, p. 133. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-vegetal/legislacao-1/biblioteca-de-normas-vinhos-e-bebidas/instrucao-normativa-ndeg-60-de-23-de-dezembro-de-2019.pdf/view>>. Acesso em: 25 set. 2021.
- DELGADO, A. A.; DELGADO, A. P. **Produção de açúcar mascavo, rapadura e melado**. Piracicaba: Editora Alves, 1999. 154 p.
- DURÁN, E. et al. Análise colorimétrica de açúcar mascavo e sua aceitação no mercado de Viçosa-MG, Brasil. **Temas Agrários**, Montería, v. 17, n. 2, p. 30-42, 2012. <http://dx.doi.org/10.21897/rta.v17i2.700>.
- FARIA, D. A. M.; SPOTO, M. H. F.; VERRUMA-BERNARDI, M. R. Sensory comparison between conventional and organic sugars. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 24, n. 2, p. 1-6, 2013.
- FRANCO, B. D. G. M. Fatores intrínsecos e extrínsecos que controlam o desenvolvimento microbiano nos alimentos. In: FRANCO, B. D. G. M.; LANDGRAF, M. (Ed.). **Microbiologia dos alimentos**. São Paulo: Atheneu, 2008b. p. 13-25.
- FRANCO, B. D. G. M. Importância dos microrganismos nos alimentos. In: FRANCO, B. D. G. M.; LANDGRAF, M. (Ed.). **Microbiologia dos alimentos**. São Paulo: Atheneu, 2008a. p. 1-12.
- GENEROSO, W. C. et al. Avaliação microbiológica e físico-química de açúcares mascavo comerciais. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 68, n. 2, p. 259-268, 2009.

- JERONIMO, E. M. et al. **Produção artesanal de derivados de cana-de-açúcar: açúcar mascavo-melado-rapadura**. Campinas: CDRS, 2020. 57 p.
- JESUS, D. A. **Qualidade microbiológica de amostras de açúcar mascavo**. 2010. 95 f. Dissertação (Mestrado em Ciências)-Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010. <http://dx.doi.org/10.11606/D.11.2010.tde-17092010-170504>.
- LOPES, C. H. Problemas de qualidade do açúcar na armazenagem. **Revista Alcoolbrás**, São Paulo, v. 105, 2008.
- LOPES, C. H.; BORGES, M. T. M. R. **Produção de açúcar mascavo, rapadura e melado de cana**. Rio Grande: CNA/SEBRAE/SENA, 1998. 44 p.
- LOTUMOLO, M. B. **Estudo do perfil do consumidor de açúcar mascavo**. 2022. 38 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agrônoma)-Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2022.
- LUCHINI, P. D. et al. Mineral and metal levels in brown sugar from organic and conventional production systems. **International Journal of Agricultural Sciences**, Richmond Hil, v. 9, n. 10, p. 226-233, 2017. <http://dx.doi.org/10.5539/jas.v9n10p226>.
- MACHADO, S. S. **Tecnologia da fabricação do açúcar**. Inhumas: IFG; Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2012. 56 p.
- MINGUETTI, F. F. **Influência do sistema de produção convencional e orgânico na qualidade da cana (*Saccharum spp*) e do açúcar mascavo**. 2012. 89 f. Dissertação (Mestrado em Agroecologia e Desenvolvimento Rural)-Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2012.
- MINIM, V. P. R.; SILVA, R. C. N. **Análise sensorial descritiva**. Viçosa: Editora UFV, 2016. 280 p.
- NATALINO, R. **Caracterização de açúcar mascavo aplicando análise das componentes principais a dados espectrométricos**. 2006. 52 f. Dissertação (Mestrado em Agroquímica)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.
- NÚCLEO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM ALIMENTAÇÃO – NEPA. **Tabela brasileira de composição de alimentos: TACO**. 4. ed. Campinas: NEPA, 2011. 164 p.
- OLIVEIRA, D. T.; ESQUIAVETO, M. M. M.; SILVA JÚNIOR, J. F. Impacto dos itens da especificação do açúcar na indústria alimentícia. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 27, p. 99-102, 2007. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612007000500018>.
- ORLANDI, R. D. M. et al. Physicochemical and sensory quality of brown sugar: variables of processing study. **Journal of Agricultural Science**, Richmond Hil, v. 9, n. 2, p. 115-121, 2017. <http://dx.doi.org/10.5539/jas.v9n2p115>.
- PARAZZI, C. et al. Análises microbiológicas do açúcar mascavo. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 25, n. 3, p. 32-40, 2009.
- ROJAS, E. D.; PEREZ, R. Canais de distribuição de açúcar mascavo numa associação de produtores. **Brazilian Journal of Marketing**, São Paulo, v. 13, n. 1, p. 17-30, 2014.
- RÓS, R. R. **Caracterização química, físico-química, higiênico-sanitária e sensorial de açúcar mascavo produzido por sistemas convencional e orgânico**. 2019. 72 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia em Alimentos)-Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2019.
- SILVA, A. F. S. **Caracterização e determinação de minerais em amostras de açúcares brasileiros**. 2017. 133 f. Dissertação (Mestrado em Ciências)-Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2017. <http://dx.doi.org/10.11606/D.11.2017.tde-15082017-144746>.
- SILVA, N. et al. Contagem de coliformes totais, coliformes termotolerantes e *Escherichia coli*. In: SILVA, N. et al. (Ed.). **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos e água**. 5. ed. São Paulo: Blucher, 2017. p. 117-137.
- SILVA, R. F. et al. Avaliação da qualidade de açúcares mascavado. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 41, n. 4, p. 1098-1106, 2018.
- SOUZA, E. C. et al. Condições sanitárias de açúcar mascavo, demerara e de coco comercializados a granel na cidade de Maceió, AL. **Higiene Alimentar**, São Paulo, v. 32, n. 284-285, p. 99-103, 2018.
- VERRUMA-BERNARDI, M. R. et al. Avaliação sensorial de açúcar mascavo. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 14, n. EE01, p. 29-38, 2011. <http://dx.doi.org/10.4260/BJFT201114E000104>.
- VERRUMA-BERNARDI, M. R. et al. Microbiological, physical-chemical and sensory evaluations of brown sugars commercialized in the city of São Carlos, Brazil. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 10, n. 3, p. 205-211, 2007.
- WILWERTH, M. W. et al. Determinação de minerais e metais pesados em açúcar mascavo. In: JORNADA CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA DA UFSCAR, 8., CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 17., 2009, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCar, 2009. p. 94.

ANEXO 1 - Produção de material relacionado com açúcar mascavo (1998-2022) no CCA-UFSCar.

- LOPES, C. H.; BORGES, M. T. M. R. **Produção de açúcar mascavo, rapadura e melado de cana**. Rio Grande do Sul: CNA; SEBRAE; SENAR, 1998. 44 p.
- LOPES, C. H.; MANIERI, J. M.; BORGES, M. T. M. R. Caracterização da composição de açúcares mascavos produzidos nas regiões sudeste e sul do Brasil. *In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIAS DE ALIMENTOS*, 3., 1998, Campinas. **Anais de resumos** [...]. Campinas: Unicamp, 1998.
- BORGES, R. C.; LOPES, C. H.; BORGES, M. T. M. R. Espectros de absorção e cor de amostras de açúcar mascavo de diferentes procedências. *In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFSCAR*, 7., 1999, São Carlos. **Resumos** [...]. São Carlos: PROPG/UFSCar, 1999. p.61
- MANIERI, J. M.; BORGES, M. T. M. R.; LOPES, C. H. Avaliação tecnológica de açúcar mascavo. *In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFSCAR*, 7., 1999, São Carlos. **Resumos** [...]. São Carlos: PROPG/UFSCar, 1999. p.61.
- MARGARIDO, L. A. C. Cana-de-açúcar orgânica para produção de açúcar mascavo. *In: AMBROZANO, E. (org.). Agricultura ecológica*. Bento Gonçalves: Editora Agropecuária, 1999. p. 303-310.
- BECARI, G. R. G.; FRANCESCHINI, J. L.; SCOBAR, P. A.; ROMEIRO, S.; LOPES, C. H.; BORGES, M. T. M. R. Estudo comparativo entre as determinações espectrofotométricas e sensorial de cor de açúcar mascavo. *In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFSCAR*, 9., 2001, São Carlos. **Anais de resumos** [...]. São Carlos: PROPG/UFSCar 2001. v. 1. p. 808.
- BERNARDI, M. R. V.; BORGES, M. T. M. R.; LOPES, C. H.; RODRIGUES, V. M. Influência da cor na preferência do açúcar mascavo. *In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIAS DE ALIMENTOS*, 6., 2005, Campinas. **Proceedings** [...]. Campinas: UNICAMP, 2005.
- CASTANHEIRA, B. D.; LOPES, C. H.; MORAES, M. I. M.; ALVES, F.; OLIVEIRA M. S.; BORGES, M. T. M. R. Estudo comparativo da composição de açúcar mascavo produzido com e sem o uso de cal. *In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFSCAR*, 13., 2005, São Carlos. **Anais** [...]. São Carlos: PROPG/UFSCar, 2005.
- MARGARIDO, L. A. C.; RUAS, D. G. G.; LAVORENTI, N. A.; BESKOW, P. R.; STOLF, R. Produção orgânica da cana, açúcar mascavo e rapadura: Uma experiência. **Extensão Rural e Desenvolvimento Sustentável**, Porto Alegre, v. 1, n. 4, 2005.
- MODESTA, R. C. D.; LOPES, C. H.; BORGES, M. T. M. R.; VERRUMA-BERNARDI, M. R. Análise instrumental de cor do açúcar mascavo. *In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIAS DE ALIMENTOS*, 6., 2005, Campinas. **Proceedings** [...]. Campinas: UNICAMP, 2005.
- RODRIGUES, V. M. BORGES, M. T. M. R.; LOPES, C. H.; BERNARDI, M. R. V.; RODRIGUES, V. M. Estudo da composição físico-química de açúcares mascavo. *In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIAS DE ALIMENTOS*, 6., 2005, Campinas. **Proceedings** [...]. Campinas: UNICAMP, 2005.
- RODRIGUES, V. M.; LOPES, C. H.; BORGES, M. T. M. R.; SILVA, A. G. Influência do teor de açúcares redutores nas isotermas de adsorção de açúcar mascavo. *In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFSCAR*, 13., 2005, São Carlos. **Anais** [...]. São Carlos: PROPG/UFSCar, 2005.
- VERRUMA-BERNARDI, M. R.; LOPES, C. H.; BORGES, M. T. M. R.; GABRIEL, A. V. M. D.; MODESTA, R. C. D. Análise sensorial descritiva de açúcares mascavo. *In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIAS DE ALIMENTOS*, 6., 2005, Campinas. **Proceedings** [...]. Campinas: UNICAMP, 2005.
- MORAES, M. I. M.; BORGES, M. T. M. R.; ALVES, F.; OLIVEIRA M. S.; CASTANHEIRA, B. D.; LOPES, C. H. Avaliação de metodologia para determinação de sólidos solúveis (Brix), açúcares redutores, sacarose (Pol), umidade e sais minerais (cinzas) em açúcar mascavo. *In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFSCAR*, 14., 2006, São Carlos. **Anais** [...]. São Carlos: PROPG/UFSCar, 2006. p. 282.
- CASTANHEIRA, B. D.; LOPES, C. H.; BORGES, M. T. M. R.; ALVES, F. V.; MORAES, M. I. M.; OLIVEIRA, M. S. Potencial de crescimento microbiano em açúcares mascavos comercializados na região de Araras. 2007. (Apresentação de Trabalho/Congresso). *In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFSCAR*, 15., 2007, São Carlos. **Anais** [...]. São Carlos: PROPG/UFSCar, 2007.
- VERRUMA-BERNARDI, M. R.; BORGES, M. T. M. R.; LOPES, C. H.; MODESTA, R. C. D.; ANTONINI, S. R.C. Avaliação microbiológica, físico-química e sensorial de açúcares mascavos comercializados na cidade de São Carlos - SP. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 10, n. 3, p. 205-211, 2007.
- GENEROSO, W. C.; BORGES, M. T. M. R.; CECCATO-ANTONINI, S. R. C.; MARINO, A. L.; SILVA, M. V. M. E.; NASSU, R. T.; VERRUMA-BERNARDI, M. R. Avaliação microbiológica e físico-química de açúcares mascavo comerciais. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 68, n. 2, p. 259-68, 2009.
- PARAZZI, C.; JESUS, D. A.; LOPES, J. J. C.; VALSECHI, O. A. Análises microbiológicas do açúcar mascavo. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 25, n. 3, p. 32-40, 2009.
- ROSA, M. W.; MELO, R. D.; GANEN, E. J.; LOPES, C. H.; BORGES, M. T. M. R.; VERRUMA-BERNARDI, M. R. Análise sensorial do açúcar mascavo produzido com e sem cal. *In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFSCAR*, 17., 2009, São Carlos. **Anais** [...]. São Carlos: PROPG/UFSCar, 2009. v. 5. p. 436-436.

ANEXO 1 - Continuação...

- VERRUMA-BERNARDI, M. R.; SILVA, T. G.; LOPES, CLAUDIO H.; BORGES, M. T. M. R.; DELIZA, R. Avaliação sensorial de açúcar mascavo. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, p. 29-38, 2010. Edição especial. Trabalho apresentado no 6º Simpósio Ibero-Americano de Análise Sensorial (SENSIBER), de 19 a 21 de agosto [de 2010], [São Paulo, SP].
- ARAÚJO, E. R.; BORGES, M. T. M. R.; CECCATO-ANTONINI, S. R.; VERRUMABERNARDI, M. R. Qualidade de açúcares mascavo produzidos em um assentamento da reforma agrária. **Revista Brasileira de Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 22, n. 4, p. 617-621, 2011.
- ARAÚJO, E. R. **Avaliação de impactos ambientais da agroindustrialização canavieira na Cooperativa de Produção Agropecuária Vitória (COPAVI): um estudo de caso da produção de açúcar mascavo**. 2011. Dissertação (Mestrado em Agroecologia e Desenvolvimento Rural) – Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2011.
- LOPES, C. H. **Tecnologia de produção de açúcar da cana**. São Carlos: EdUFSCar, 2011. 183 p.
- LOPES, C. H.; GABRIEL, A. V. M. D.; BORGES, M. T. M. R. **Produção de etanol a partir da cana-de-açúcar: tecnologia de produção de etanol**. São Carlos: EdUFSCar, 2011. 133 p.
- SILVA, M. M. P. **Caracterização da produção e avaliação de indicadores de qualidade tecnológica de amostras de melado do Estado de São Paulo**. 2012. Dissertação (Mestrado em Agroecologia e Desenvolvimento Rural) – Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2012.
- MINGUETTI, F. F. **Influência dos sistemas de produção, convencional e orgânico, na qualidade da cana-de-açúcar (*Saccharum spp*) e do açúcar mascavo**. 2012. Dissertação (Mestrado em Agroecologia e Desenvolvimento Rural) – Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2012.
- COSTA, L. M. Proposta de um protocolo de avaliação sensorial de açúcar mascavo. *In*: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFSCAR, 21., 2013, São Carlos. **Anais** [...]. São Carlos: PROPG/UFSCar, 2013.
- COSTA, M. L.; BORGES, M. T. M. R.; GARBATTI, R. C.; VERRUMA-BERNARDI, M. R. Perfil livre e preferência de açúcar mascavo. *In*: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFSCAR, 21., 2013, São Carlos. **Anais** [...]. São Carlos: PROPG/UFSCar, 2013.
- ORLANDI, R. D. M.; BORGES, M. T. M. R.; TREVISOLI, P. A.; VERRUMA-BERNARDI, M. R. Influência da temperatura de finalização do processo de cozimento do xarope, na qualidade físico-química do açúcar mascavo. *In*: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFSCAR, 21., 2013, São Carlos. **Anais** [...]. São Carlos: PROPG/UFSCar, 2013.
- TREVISOLI, P. A.; ORLANDI, R. D. M.; BORGES, M. T. M. R. Estudo da Influência do pH do caldo e da variedade de cana de açúcar na cor do açúcar mascavo. *In*: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFSCAR, 21., 2013, São Carlos. **Anais** [...]. São Carlos: PROPG/UFSCar, 2013.
- BETTANI, S. R.; LAGO, C. E.; FARIA, D. A. M.; BORGES, M. T. M. R.; VERRUMA-BERNARDI, M. R. Avaliação físico-química e sensorial de açúcares orgânicos e convencionais. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 16, n. 2, p. 155-162, 2014.
- CORRÊA, J. A. P.; BORGES, M. T. M. R.; ORLANDI, R. D. M.; SILVA, M. A.; SOUZA, C. C. Presença de sujidades em açúcar mascavo. *In*: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFSCAR, 22., 2014, São Carlos. **Anais** [...]. São Carlos: PROPG/UFSCar, 2014.
- LUCHINI, P. D. **Teores de nutrientes minerais e metais pesados em açúcar mascavo produzido por diferentes sistemas orgânicos e convencionais**. 2014. Dissertação (Mestrado em Agroecologia e Desenvolvimento Rural) – Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2014.
- ORLANDI, R. D. M.; LOPES, C. H.; BORGES, M. T. M. R.; VERRUMA-BERNARDI, M. R. Influência do processo de secagem e peneiragem na preferência do açúcar mascavo. *In*: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFSCAR, 22., 2014, São Carlos. **Anais** [...] São Carlos: PROPG/UFSCar, 2014.
- ORLANDI, R. D. M.; BORGES, M. T. M. R.; FONTANA, L. F.; EMÍDIO, J. E.; FURTADO, R. C.; LYUSUKA, S. S.; LUCHINI, P. D.; PARRA FILHO, A. C. M.; POSITO, E. C.; LIMA, M. A. S. S.; VERRUMA-BERNARDI, M. R. Influência da variedade de cana-de-açúcar e temperatura de produção no perfil sensorial do açúcar mascavo. *In*: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFSCAR, 22., 2014, São Carlos. **Anais** [...]. São Carlos: PROPG/UFSCar, 2014.
- BARRETO, P. A. F. A. P. P.; BETTANI, S. R.; BORGES, M. T. M. R.; VERRUMA-BERNARDI, M. R. Avaliação físico-química e sensorial em diferentes melados. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 90, p. 218-229, 2015.
- ORLANDI, R. D. M.; VERRUMA-BERNARDI, M. R.; LOPES, C. H.; SARTÓRIO, S. D.; BORGES, M. T. M. R. Influence of the processing in color sugar brown. *In*: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIAS DE ALIMENTOS, 11., 2015, Campinas. **Proceedings** [...]. Campinas: UNICAMP, 2015. v. 2.
- EMÍDIO, J. E. **Hidrólise enzimática na fabricação de melado de cana-de-açúcar**. 2016. Dissertação (Mestrado em Agroecologia e Desenvolvimento Rural) – Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2016.
- LUCHINI, P. D.; BETTANI, S. R.; VERRUMA-BERNARDI, M. R.; BORGES, M. T. M. R. Mineral and metal levels in brown sugar from organic and conventional production systems. **Journal of Agricultural Science**, Richmond Hil, v. 9, n.10, p. 226-233, 2017.
- SILVA, R. F. **Qualidade microbiológica, físico-química, instrumental e sensorial de marcas de açúcares mascavo**. 2017. Dissertação (Mestrado em Agroecologia e Desenvolvimento Rural) – Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2017.

ANEXO 1 - Continuação...

- ORLANDI, R. D. M.; VERRUMA-BERNARDI, M. R.; SARTORIO, S. D.; BORGES, M. T. M. R. Physicochemical and sensory quality of brown sugar: variables of processing study. **Journal of Agricultural Science**, Richmond Hil, v. 9, n. 2, p. 115-121, 2017.
- JOSEPH, D. **Agregação de valor nutricional e sensorial em rapaduras artesanais**. 2017. Dissertação (Mestrado em Agroecologia e Desenvolvimento Rural) - Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2017.
- ANDRADE, L. A. **Açúcar mascavo adicionado de açúcar bruto de alta polarização (Very High Polarization - VHP): uma avaliação tecnológica visando o desenvolvimento rural da agroindústria familiar**. 2017. Dissertação (Mestrado em Agroecologia e Desenvolvimento Rural) - Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2017.
- ANDRADE, L. A.; MEDEIROS, S. D. S.; BORGES, M. T. M. R. Avaliação das características físico-químicas do açúcar mascavo adicionado de açúcar bruto de alta polarização. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 21, p. 1-7, 2018.
- BORGES, M. T. M. R.; SOARES, E. A.; BERNARDI, M. R. V. Características físico-químicas e sensoriais de sumo de cana-de-açúcar. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 41, n. 4, p. 1107-111, 2018
- SILVA, R. F.; BUENO, A. C.; RAMOS, P. J. R. B.; ORLANDI, R. D. M.; BORGES, M. T. M. R.; MEDEIROS, S. D. S.; CECCATO-ANTONINI, S. R.; MARTIN, J. G. P.; SPOTO, M. H. F.; VERRUMA-BERNARDI, M. R. Avaliação da qualidade de açúcares mascavado. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 41, n. 4, p. 1098-1106, 2018.
- BELÉ, J. S. A. H. S. **Análise da qualidade microbiológica e sujidades em melado de cana-de-açúcar**. 2019. Dissertação (Mestrado em Agroecologia e Desenvolvimento Rural) - Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2019.
- VICENTINI-POLETTE, C. M. **Caracterização físico-química e sensorial de melados comerciais de cana-de-açúcar**. 2019. Dissertação (Mestrado em Agroecologia e Desenvolvimento Rural) - Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2019.
- LOTUMOLO, M. B. **Estudo do perfil do consumidor de açúcar mascavo**. 2022. Trabalho Final de Curso (Graduação em Engenharia Agrônoma) - Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2022.

Aproveitamento microbiano de subprodutos do processamento de cana-de-açúcar: avanços e perspectivas a partir de pesquisas no CCA/UFSCar

Microbial use of by-products from sugarcane processing: advances and perspectives from researches of CCA/UFSCar

Reinaldo Gaspar Bastos¹ 
Mariana Altenhofen da Silva² 

¹Universidade Federal de São Carlos (UFSCar),
Centro de Ciências Agrárias (CCA), Araras,
SP, Brasil. reinaldo.bastos@ufscar.br

²Universidade Federal de São Carlos (UFSCar),
Centro de Ciências Agrárias (CCA), Araras,
SP, Brasil. mariana.alt@ufscar.br

RESUMO O processamento industrial de cana-de-açúcar gera alguns subprodutos, com destaque para a vinhaça e o bagaço. A vinhaça é a água residuária oriunda do processo de destilação do vinho, ou seja, da solução alcoólica obtida posteriormente à fermentação. É considerada a principal água residuária do setor sucroenergético por causa de sua composição, impacto poluidor e elevados volumes gerados. Como a vinhaça apresenta nutrientes e minerais na sua composição, a disposição nos canaviais é a prática mais frequente, embora este uso indiscriminado possa comprometer a fertilidade do solo. Assim, diversas soluções tecnológicas têm sido propostas no sentido do aproveitamento e tratamento da vinhaça. O cultivo de microalgas vem se destacando, principalmente, para a geração de biomassa com valor comercial, aliada à remoção de poluentes dessa água residuária. Neste contexto, o grupo de pesquisa do Laboratório de Microbiologia Aplicada e Controle (LABMAC) do CCA/UFSCar vem avaliando diversos parâmetros tecnológicos com perspectivas de escalonamento da produção de biomassa microalgal. O *screening* de espécies, a separação de biomassa (*downstream*) e as diferentes condições de cultivo têm sido estudados com microalgas livres e imobilizadas em biopolímeros, com ênfase no consumo de carbono, nitrogênio, fósforo e potássio da vinhaça. A biomassa gerada nos diferentes sistemas vem sendo caracterizada em termos de proteínas, lipídios, carboidratos e do pigmento azul ficocianina, sugerindo diversas aplicações nas áreas de biocombustíveis e bioprodutos. Em paralelo a essas pesquisas, o aproveitamento de bagaço de cana-de-açúcar, subproduto sólido resultante da extração do caldo, também é objeto de estudos do LABMAC por meio do cultivo em estado sólido. Os resultados indicam aproveitamento do bagaço de cana-de-açúcar impregnado com vinhaça para



Este é um capítulo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença [Creative Commons Attribution](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

a produção de ácido cítrico, importante metabólito microbiano com diversas aplicações comerciais. As pesquisas do LABMAC/CCA/UFSCar sugerem a viabilidade técnica do aproveitamento microbiano desses subprodutos do setor sucroenergético, com diversas perspectivas em termos de bioprodutos e serviços.

Palavras-chave: Vinhaça; bagaço de cana-de-açúcar; microalgas; cultivo em estado sólido.

ABSTRACT The industrial processing of sugarcane generates some by-products, especially vinasse and bagasse. Vinasse is the wastewater from the ethanol distillation processes, that is, from the alcoholic solution obtained after fermentation. It is considered the main wastewater in the sugarcane processing due to its composition, polluting impact and high volumes generated. As vinasse has nutrients and minerals in its composition, disposal in sugarcane fields is the most frequent practice, although this indiscriminate use can compromise soil fertility. Thus, several technological solutions have been proposed for the use and treatment of vinasse. Among these, the cultivation of microalgae has been highlighted for the generation of biomass with commercial value, combined with the removal of pollutants from this wastewater. In this context, the research group of the Laboratory of Applied Microbiology and Control (LABMAC/CCA/UFSCar) has been evaluating several technological parameters with perspectives of scale-up the production of microalgal biomass. Species screening, biomass separation (downstream steps) and different cultivation conditions have been studied with free microalgae and immobilized in biopolymers, with emphasis on the consumption of carbon, nitrogen, phosphorus, and potassium from vinasse. The biomass generated in the different systems has been characterized in terms of proteins, lipids, carbohydrates, and the blue pigment phycocyanin, suggesting a range of applications in the areas of biofuels and bioproducts. In parallel with these research, the use of sugarcane bagasse, a solid by-product resulting from juice extraction, is also the object of studies by LABMAC through solid-state cultivation. The results indicate the use of sugarcane bagasse impregnated with vinasse to produce citric acid, an important microbial metabolite with several commercial applications. The research by LABMAC/CCA/UFSCar suggests the technical feasibility of the microbial use of these by-products of the sugarcane processing with different perspectives in terms of bioproducts and services.

Keywords: Vinasse; sugarcane bagasse; microalgae; solid-state cultivation.

1. INTRODUÇÃO

O processamento industrial de cana-de-açúcar no Brasil leva à obtenção de açúcar, etanol e energia elétrica. As operações unitárias envolvidas, tais como extração do caldo, cristalização, fermentação e destilação, geram alguns subprodutos, com destaque especial em termos quantitativos para a vinhaça e o bagaço.

A vinhaça é a água residuária oriunda do processo de destilação do chamado “vinho”, ou seja, do meio fermentado obtido posteriormente à conversão dos açúcares constituintes do mosto em etanol. É considerada a principal água residuária do setor sucroenergético por causa de sua composição, impacto poluidor e elevados volumes gerados, cerca de dez vezes superior ao volume de etanol produzido. Como a vinhaça é resultante da destilação, apresenta nutrientes, mi-

nerais e moléculas orgânicas de elevada massa molar (não voláteis) na sua composição. A disposição nos canaviais é a prática mais frequente, embora este uso de forma indiscriminada possa comprometer a fertilidade do solo. Nesse sentido, existem diversos relatos na literatura a respeito do aproveitamento da vinhaça, desde a sua biodigestão para obtenção de biogás até o seu aproveitamento como meio de cultivo para microrganismos envolvendo a produção de biomassa e metabólitos. A produção de microalgas vem sendo estudada com o aproveitamento de biomassa para alimentos, metabólitos, pigmentos e biocombustíveis, sendo que a viabilidade técnica desses processos passa normalmente pela utilização de meios de cultivo de baixo custo. Sendo assim, o aproveitamento de águas residuárias agroindustriais, como a vinhaça, vem ao encontro desta perspectiva, elevan-

do o potencial tecnológico para alguns bioprodutos gerados e estando aliado com a redução do impacto ambiental dos poluentes, seguindo o conceito de “biorrefinarias”.

O bagaço de cana-de-açúcar é o subproduto sólido resultante da extração do caldo na proporção de aproximadamente 25% da massa total de cana-de-açúcar processada. Em termos de composição química, apresenta em torno de 50% de umidade, com a fração de sólidos sendo constituída por celulose, hemicelulose e lignina, responsáveis pela estrutura rígida e complexa da matéria vegetal. É por isso que convencionalmente são utilizados tratamentos físicos e termoquímicos visando ao aproveitamento da biomassa com estas características. Alternativamente, processos biotecnológicos são propostos, sendo que o crescimento microbiano usando esse material como suporte em condições limitadas de água, conhecido como “cultivo em estado sólido”, leva à degradação gradual dos polissacarídeos estruturais, com liberação de hexoses e pentoses.

Neste contexto, o objetivo principal deste capítulo é divulgar, de forma clara e didática, dentro e fora do âmbito acadêmico, os fundamentos envolvidos nas linhas de pesquisa conduzidas no LABMAC/CCA/UFSCar em mais de uma década, assim como apresentar alguns resultados promissores. Em particular, serão discutidos os conceitos e estudos, assim como as perspectivas do aproveitamento microbiano destes subprodutos do setor sucroenergético.

2. SUBPRODUTOS DO SETOR SUCROENERGÉTICO

A Figura 1 apresenta um fluxograma simplificado do processo produtivo de etanol, açúcar e coprodutos a partir de cana-de-açúcar. Os sistemas industriais brasileiros tipicamente recebem a cana-de-açúcar colhida mecanicamente para limpeza e secagem, minimizando as perdas de açúcar. Após a remoção das impurezas vegetais e minerais, ocorre o processo de moagem com água aquecida, extrain-

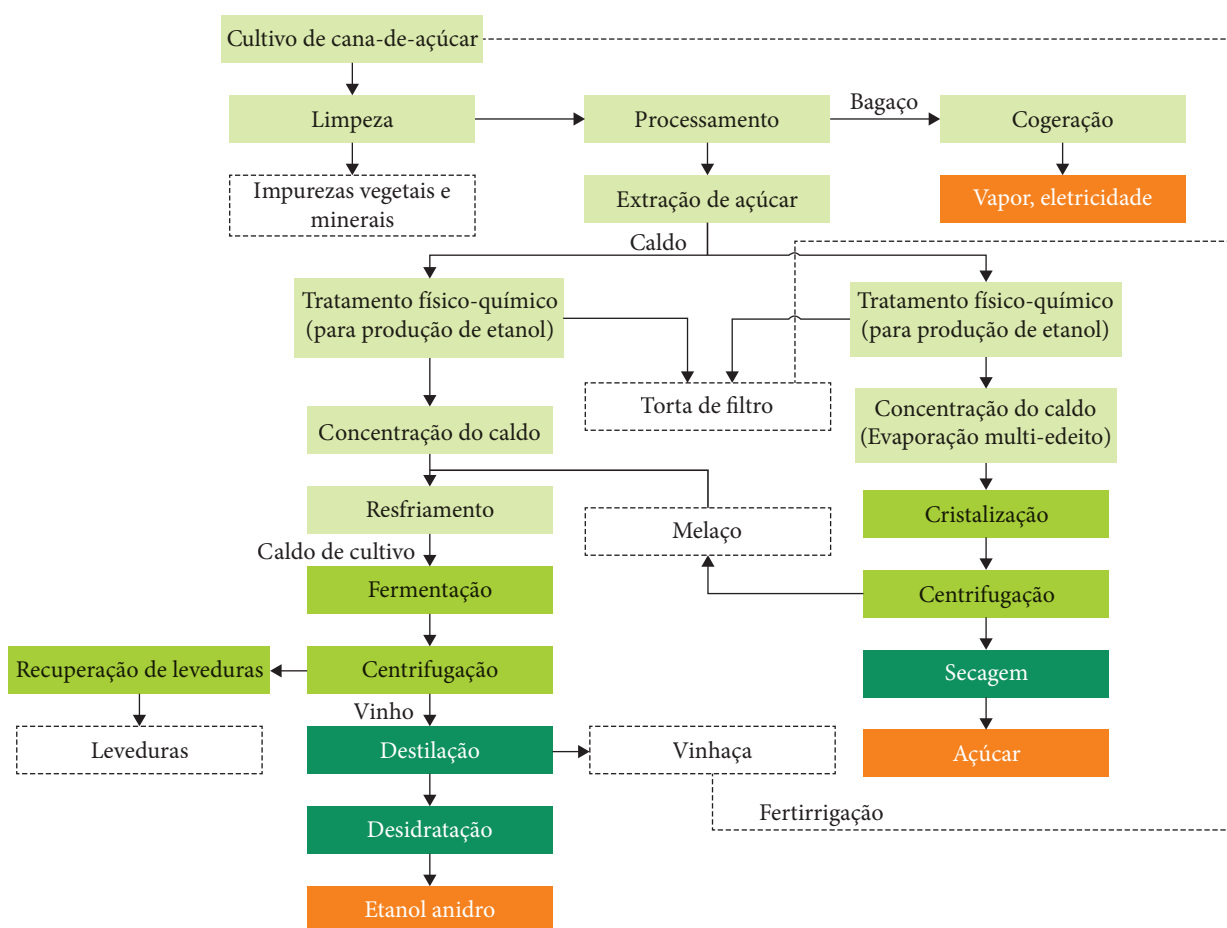


FIGURA 1 - Fluxograma do processamento de cana-de-açúcar para a obtenção de eletricidade, açúcar e etanol, com destaque para os subprodutos (quadros tracejados).

Fonte: adaptada de Fuess, Rodrigues e Garcia et al. (2017).

do um caldo rico em açúcar (DIAS et al., 2015). Usualmente, o caldo extraído nas primeiras etapas é destinado à produção de açúcar por sua maior pureza, enquanto o restante, assim como o melaço resultante, é encaminhado para a produção de etanol. O bagaço obtido após a etapa de extração é usado na geração de energia elétrica e vapor por meio da sua queima em sistemas de cogeração, sendo que, frequentemente, existe um excedente de geração de eletricidade, o que possibilita a venda à concessionária de energia elétrica.

O caldo encaminhado para a produção de etanol também passa por etapas de pré-tratamento com remoção de impurezas retiradas mediante gradeamento e etapas sucessivas de aquecimento, adição de cal e polímeros flocculantes. O caldo clarificado é então filtrado e, subsequentemente, concentrado para atingir o teor de açúcar necessário para a fermentação, sendo eventualmente misturado com melaço. Na maioria dos casos, o processo fermentativo ocorre em bateladas de 6 a 12 horas com reciclo celular (sistema conhecido como Melle-Boinót) utilizando leveduras *Saccharomyces cerevisiae* adaptadas e recuperadas dos ciclos anteriores. Ao final das bateladas, atingem-se em torno de 8 a 12% de leveduras e de 7 a 12% de teores alcoólicos, com rendimentos de açúcar em etanol próximos a 90% do máximo estequiométrico (LOPES et al., 2016). Na sequência, o meio fermentado (vinho) é encaminhado à centrifugação para separação das leveduras e, posteriormente, à destilação/retificação, com a obtenção do etanol hidratado (teor alcoólico de pelo menos 95°GL). O líquido resultante da destilação, conhecido como vinhaça, é pobre em etanol, porém gerado em grandes volumes. Por último, quando da obtenção de etanol anidro, o processo pode apresentar etapas de desidratação a partir dos métodos de destilação azeotrópica com ciclo-hexano, destilação extrativa com monoetilenoglicol (MEG) ou adsorção em peneiras moleculares (DIAS et al., 2015).

Entre os subprodutos gerados pelo processamento de cana-de-açúcar, tanto a vinhaça como bagaço apresentam uma importância considerável por causa das quantidades geradas e das suas perspectivas de aproveitamento na obtenção de outros produtos, os quais viabilizariam ainda mais o setor sucroalcooleiro conforme o conceito de “biorrefinarias”.

Vinhaça

A vinhaça é a principal água residuária do setor sucroenergético, sendo gerada na destilação do vinho, ou seja, é a solução alcoólica obtida na fermentação. Nos atuais métodos utilizados para produção, para cada litro de etanol produzido são gerados aproximadamente 10 litros de vinhaça. A Quadro 1 apresenta faixas de valores dos parâmetros mais importantes em termos de caracterização físico-química da vinhaça de cana-de-açúcar. Entre os principais constituintes, observam-se elevados teores de matéria orgânica,

QUADRO 1 - Parâmetros físico-químicos da vinhaça de cana-de-açúcar.

Parâmetro	Faixa
Carbono orgânico total (TOC), g L ⁻¹	5,8 – 14,1
Demanda química de oxigênio (DQO), g L ⁻¹	22,9 – 35,8
Demanda biológica de oxigênio (DBO), g L ⁻¹	14,4 – 21,9
Nitrogênio total (TN), mg L ⁻¹	500 – 1500
Fósforo total (TP), mg L ⁻¹	2,6 – 155
Potássio (K), mg L ⁻¹	1330 – 4010
Sódio (Na), mg L ⁻¹	10 – 65
Cálcio (Ca), mg L ⁻¹	460 – 2240
Magnésio (Mg), mg L ⁻¹	145 – 235
Sólidos suspensos (SS), g L ⁻¹	2,4 – 3,4
Sólidos dissolvidos (DS), g L ⁻¹	4,3 – 5,6
Condutividade elétrica (EC), mS cm ⁻¹	6,7 – 8,7
pH	4,3 – 4,6
Turbidez, NTU	1314 – 9550

Fonte: adaptada de Bastos et al. (2022).

na forma de carbono orgânico, nitrogênio e potássio, sendo que esse último provém especificamente da cana-de-açúcar. Além disso, valores consideráveis de cálcio, magnésio e sulfato da vinhaça resultam da adição de agentes químicos durante o processo produtivo para ajuste de pH e clarificação do caldo (CARRILHO; LABUTO; KAMOGAWA, 2016).

Estudos têm reportado também a presença significativa de compostos fenólicos na vinhaça, como taninos e ácidos húmicos derivados da degradação incompleta de material lignocelulósico, além de melanoidinas produzidas a partir da reação de Maillard e de caramelos a partir de açúcares sobreaquecidos, os quais apresentam características recalcitrantes (CHOWDHARY; RAJ, BHARAGAVA, 2018). Embora não muito estudados, também é reportada a presença de antibióticos neste efluente, os quais são aplicados eventualmente na etapa de fermentação alcoólica para controle da contaminação bacteriana (MORAES; ZAIAT; BANOMI, 2015).

Atualmente, o principal destino da vinhaça gerada na produção de álcool é sua aplicação *in natura* nos campos de cana-de-açúcar em forma de fertirrigação. Levando em conta que a disponibilidade natural de potássio é relativamente baixa, o fornecimento deste nutriente a partir de tal prática constitui-se em uma alternativa atraente (FUSS; RODRIGUES; GARCIA, 2017). Além disso, a fertirrigação pode acarretar benefícios agrônômicos, como aumento do rendimento da cultura de cana-de-açúcar, aumento do teor de matéria orgânica no solo, redução da demanda de água para irrigação e adubos minerais. No entanto, a fertirrigação apresenta limitações referentes aos custos de transporte do efluente desde o ponto de geração até os campos de

cana-de-açúcar. Embora existam iniciativas de redução do volume da vinhaça mediante evaporação, a fim de concentrar o efluente para viabilizar seu transporte a maiores distâncias, tal prática não é adotada comumente por causa do alto investimento e da alta demanda energética do processo (HOARAU et al., 2018). Outra limitação é referente aos problemas ambientais durante o transporte e a aplicação da vinhaça *in natura*, tais como poluição de corpos d'água superficiais e subterrâneos, processos erosivos, liberação de maus odores, proliferação de insetos e anaerobiose radicular pela biodegradação descontrolada da matéria orgânica (CHRISTOFOLETTI et al., 2013; FUESS; RODRIGUES; GARCIA, 2017).

Do ponto de vista bioquímico, a vinhaça pode ser considerada um caldo nutriente, podendo ser aproveitada como fertilizante, na extração de componentes, na secagem e utilização como suplemento de rações e em cultivos aeróbios e anaeróbios. Apesar do potencial da vinhaça em razão de sua composição em nutrientes, são poucos os estudos que abordam a utilização desta água residuária como meio de cultivo de microrganismos, sendo que quase a totalidade dos trabalhos de duas décadas atrás destacava o uso de leveduras e fungos filamentosos (MACEDO, 1991; NAVARRO; SEPÚLVEDA; RUBIO, 2000). Apesar do trabalho pioneiro de Oliveira (1988), a utilização de vinhaça para a produção de biomassa de microalgas é objeto de estudos mais recentes (BASTOS et al., 2009, 2012, 2022; MATTOS; BASTOS, 2016; SILVA et al., 2017; MORAIS; BASTOS, 2019; MONTAÑO et al., 2019).

Bagaço de cana-de-açúcar

O Brasil é o maior produtor mundial de açúcar e etanol a partir da cana-de-açúcar, com produção superior a 660 milhões toneladas por ano (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO, 2016). Como consequência deste processamento, há uma geração inevitável e abundante de bagaço após a moagem da cana-de-açúcar, o qual é geralmente utilizado como fonte de energia nas usinas pela queima em caldeiras (OLIVEIRA; CARVALHO; BASTOS, 2012). Sendo assim, o bagaço da cana-de-açúcar pode ser definido como subproduto resultante da extração do caldo que contém, principalmente, a sacarose a ser cristalizada (produção de açúcar) e/ou convertida em etanol (fermentação) nas indústrias sucroenergéticas.

Em termos de composição química, o bagaço de cana-de-açúcar apresenta 46-52% de água, 43-52% de fibras (incluindo celulose 50%, hemicelulose 25% e lignina 25%) e 2-4% de sólidos solúveis (PANDEY; SOCCOL; MITCHELL, 2000). As propriedades físico-químicas desta biomassa lignocelulósica são responsáveis pela estrutura rígida e complexa da matéria vegetal. Nesse sentido, o seu aproveitamento só é viável normalmente a partir de tratamentos físicos e

termoquímicos (JAIN; WEI; TIETJE, 2016). Além dos métodos físicos e químicos, microrganismos também têm sido utilizados para o pré-tratamento da biomassa lignocelulósica, com destaque para fungos filamentosos, os quais são capazes de produzir enzimas responsáveis por degradar a celulose, com liberação de glicose para manutenção do seu processo metabólico (PINTO et al., 2012). As vantagens do uso microbiano são a geração menor de resíduos e a menor presença de compostos inibidores gerados por reações paralelas, como hidrólises ácidas ou alcalinas. A presença desses inibidores pode ser importante a depender das etapas posteriores de aproveitamento da biomassa vegetal.

3. CULTIVO DE MICROALGAS EM VINHAÇA DE CANA-DE-AÇÚCAR

Microalgas

“Microalga” é um termo genérico, sem efeito taxonômico ou microbiológico, que envolve tanto organismos eucarióticos, como as algas microscópicas, quanto procarióticos, como as cianobactérias, formalmente conhecidas como cianofíceas. Por décadas, esses microrganismos têm sido estudados com o objetivo de produzir biomassa para diferentes aplicações. Em escala comercial, a produção de microalgas iniciou-se no Japão na década de 1960, principalmente com espécies de *Chlorella* sp. visando à utilização como suplemento alimentar. A partir dessa época, o cultivo de microalgas passou a ser gradativo no mundo inteiro para a produção de proteínas unicelulares, lipídios, clorofila, carotenoides, enzimas, agentes antioxidantes e vitaminas (RICHMOND, 2004). Mais recentemente, esses microrganismos passaram a ser vistos como agentes potencialmente úteis no tratamento de águas residuárias, uma vez que possuem habilidade de remover matéria orgânica e nutrientes dos efluentes, incorporando-os à biomassa. Esta aplicação, entretanto, encontra limitações, principalmente, em razão do custo e operação dos sistemas autotróficos, além do fato de as águas residuárias, de maneira geral, apresentarem turbidez elevada, dificultando a penetração de luz solar.

No entanto, a literatura reporta há algumas décadas que, embora sejam organismos naturalmente fotossintetizantes, algumas linhagens de microalgas apresentam a distinta capacidade de desenvolverem-se na ausência de luz a partir do consumo de moléculas orgânicas solúveis (FAY, 1983). Nesses tipos de cultivos, denominados mixotróficos e heterotróficos, substitui-se a fixação do CO₂ atmosférico, que ocorre nas culturas autotróficas, por uma fonte de carbono orgânico dissolvido adequadamente no meio de cultivo. Glicose, acetato e glicerol são as formas de carbono orgânico mais frequentemente utilizadas, havendo também a possibilidade do aproveitamento de águas residuárias. Con-

tudo, vários aspectos ainda precisam ser mais bem elucidados, como a faixa de concentração ideal das moléculas orgânicas que permitem o desenvolvimento satisfatório desses microrganismos sem efeito inibitório.

Uma das vertentes dos estudos com microalgas refere-se ao seu cultivo visando à alimentação animal e humana, além da extração de compostos de elevado valor agregado, como ácidos graxos poli-insaturados, carotenoides, ficobilinas, polissacarídeos, vitaminas, esteróis, compostos bioativos naturais e toxinas com atividade biológica (HARUN et al., 2010). Neste sentido, a produção de microalgas em escala comercial teve início na década de 1960, com o cultivo de diversas espécies visando à produção de suplementos alimentares (*Spirulina* sp. e *Chlorella* sp.) e à obtenção de β -caroteno (*Dunaliella salina*), além de várias espécies para aplicação na aquicultura.

Em outro campo de pesquisas, as microalgas passaram a ser estudadas com relação ao seu potencial para produção de biocombustíveis, tais como gás hidrogênio, metano e bioetanol. Mais recentemente, um dos principais focos das pesquisas refere-se à otimização do acúmulo de lipídios na forma de triglicerídeos, os quais poderiam ser convertidos em biodiesel (CHISTI, 2007; HARUN et al., 2010). As células das microalgas possuem uma composição bioquímica diversificada em termos de carboidratos, proteínas e lipídios, os quais estão relacionados à natureza da espécie, fatores ambientais e meio de cultivo. Com relação à produção de biodiesel, o teor lipídico das microalgas é o fator mais importante e pode apresentar uma ampla variação, dependendo da espécie. *Botryococcus braunii*, por exemplo, pode atingir 75% da sua massa seca em lipídios, embora esse acúmulo esteja associado à baixa produtividade em biomassa. Outras espécies, como *Chlorella*, *Dunaliella* e *Nannochloropsis*, atingem níveis entre 20 e 60% com produtividades mais elevadas (CHISTI, 2007; MATA; MARTINS; CAETANO, 2010).

Como o cultivo de microalgas em escala comercial para biocombustíveis ainda é uma perspectiva que exige esforços visando à redução dos custos de produção, uma alternativa interessante seria aliar a produção de biomassa com o tratamento de águas residuárias, as quais podem servir como meio de cultivo. Neste contexto, microalgas e cianobactérias têm se mostrado agentes potencialmente úteis no tratamento de águas residuárias, uma vez que possuem a habilidade de remover matéria orgânica e nutrientes, incorporando-os à biomassa (BASTOS et al., 2004; QUEIROZ et al., 2007; DE-BASHAN; BASHAN, 2010). A utilização destes microrganismos na remoção da matéria orgânica e nutrientes de águas residuárias industriais vem sendo estudada em razão dos baixos custos envolvidos, eficiência, valoração dos resíduos e obtenção de uma biomassa passível de ser utilizada, seja na fertilização dos solos, na forma de proteínas unicelulares ou na obtenção de biocombustíveis.

Produção de biomassa a partir de águas residuárias

O método mais comum para cultivo de microalgas é o crescimento autotrófico, uma vez que microalgas são seres fotossintetizantes, com algumas espécies especialmente eficientes em converter a energia solar. Em cultivos autotróficos, as células das microalgas utilizam energia solar e CO_2 como fonte de carbono para a realização da fotossíntese (PEREZ-GARCIA et al., 2011).

Os sistemas utilizados para cultivo de microalgas são os tanques abertos e os fotobiorreatores. Os tanques abertos, ou lagoas abertas, são os sistemas de cultivo mais simples e antigos, em que as microalgas se desenvolvem sob condições idênticas às do ambiente externo. Nestes casos, são utilizadas lagoas construídas artificialmente com plástico, vidro ou concreto, dotadas de um sistema de agitação/circulação e aeração. Esse sistema apresenta como vantagens os baixos custos de instalação e operação e a possibilidade de se trabalhar em grande escala, podendo até mesmo ser construído em áreas degradadas não utilizadas pela agricultura. Como inconvenientes, são dependentes das condições ambientais, como radiação solar e temperatura, e suscetíveis às contaminações. Além disso, usualmente apresentam um custo elevado das operações de recuperação da biomassa por causa da limitada quantidade de células.

Justamente objetivando minimizar as limitações inerentes aos sistemas abertos de cultivo de microalgas, surgiram os fotobiorreatores fechados, os quais possibilitam um melhor controle de temperatura, pH e difusão de gases, além da manutenção de condições assépticas, reduzindo a possibilidade de contaminações e contribuindo para maior produtividade. Por outro lado, há um elevado custo inicial e limitação de volume (50 a 100 L), uma vez que a escala dificulta a dispersão da luz no seu interior. Assim, as células próximas às paredes do reator ficam expostas a altas intensidades de luz, enquanto as localizadas no centro ficam sob escuridão, afetando a produtividade final dos cultivos (HARUN et al., 2010; PEREZ-GARCIA et al., 2011).

De fato, nos cultivos fotoautotróficos, a produtividade das culturas é limitada, principalmente, pela fonte de luz e pela baixa eficiência fotossintética, ou seja, conversão da energia luminosa em biomassa (ERIKSEN, 2008). Em condições de baixa iluminação, a energia disponível é insuficiente, enquanto sob elevada iluminação ocorre fotoinibição (YAN et al., 2011).

Em se tratando do aproveitamento de águas residuárias, a produção de microalgas vem sendo estudada há décadas, mas encontra limitações relacionadas ao custo de manutenção das condições autotróficas, uma vez que estes efluentes normalmente apresentam turbidez elevada, dificultando a incidência da luz (HEREDIA-ARROYO et al., 2011). Uma alternativa viável, porém restrita apenas a algumas espécies, é a condução de cultivos heterotróficos ou mixotróficos. Em-

bora apresentem a fotossíntese como modelo metabólico preferencial, algumas linhagens de microalgas e cianobactérias são capazes de usufruir do metabolismo heterotrófico no escuro, consumindo moléculas orgânicas solúveis, tais como açúcares, ácidos orgânicos e acetato (FAY, 1983).

Segundo Perez-Garcia et al. (2011), a utilização de sistemas heterotróficos para o cultivo de microalgas elimina duas das principais deficiências dos fotobiorreatores: permite o uso de praticamente qualquer tanque ou fermentador convencional como biorreator e reduz os custos de produção da biomassa por ser independente da luminosidade, com possível utilização de águas residuárias. Além disso, pode-se obter heterotroficamente elevadas concentrações celulares, o que torna mais viável o processo de produção de biomassa e separação em grande escala. Com relação ao cultivo mixotrófico, além dessas vantagens, há o benefício de permitir a produção de metabólitos fotossintéticos. Considerando as vantagens descritas, torna-se necessário buscar espécies capazes de crescer a partir de fontes de carbono simples ou resíduos agroindustriais (HEREDIA-ARROYO et al., 2011).

Ao mesmo tempo que diversas fontes de carbono têm sido propostas para o cultivo heterotrófico de microalgas, uma avaliação prática mostra que somente poucos substratos são passíveis de uso por esses microrganismos (PEREZ-GARCIA et al., 2011). As fontes de carbono frequentemente utilizadas para os cultivos heterotróficos e mixotróficos de microalgas são glicose, acetato e glicerol, além do aproveitamento direto de águas residuárias. Neste contexto, nosso grupo de pesquisa tem estudado o cultivo heterotrófico de diversas microalgas em

águas residuárias, com destaque para a microalga verde *Desmodesmus subspicatus* a partir de vinhaça, incluindo estudos em biorreator de escala-piloto com 1 m³ de volume útil (Figura 2). Andreatto-Junior et al. (2015) reportam que essa microalga apresentou crescimento exponencial entre 3 e 9 horas, com concentração máxima de cerca de 3 g L⁻¹ em experimentos a 25°C em biorreator heterotrófico sem luminosidade, com 700 L de meio contendo vinhaça de cana-de-açúcar, vazão de ar de 0,1 VVM e inóculo de aproximadamente 500 mg L⁻¹. A remoção de carbono e nitrogênio seguiu cinética de ordem zero (sem limitação de substrato), com taxas de 20,7 mg de carbono orgânico total por litro por hora e 2,6 mg de nitrogênio total por litro por hora. Os autores indicaram que esses resultados sugerem que a vinhaça pode ser utilizada como meio de cultivo para esta microalga, e os parâmetros da escala-piloto foram semelhantes aos obtidos no sistema de cultivo em laboratório (MATOS; BASTOS, 2016).

A principal limitação prática dos sistemas de cultivo industrial de microalgas e cianobactérias refere-se à recuperação da biomassa final (DE-BASHAN; BASHAN, 2010). Assim, diversas alternativas têm sido estudadas para solucionar esses problemas, incluindo o uso de técnicas de imobilização celular e processos de separação da biomassa suspensa por coagulação-floculação (MORENO-GARRIDO, 2008). Bastos et al. (2010) verificaram a viabilidade de imobilização da cianobactéria *Aphanothece microscopica* Nägeli em esferas de alginato de 0,7 mm, o que foi evidenciado pelo consumo de glicose seguindo comportamento não limitante de ordem zero. Em outro trabalho, Matos e Bastos (2011)



FIGURA 2 - Fotografia do biorreator heterotrófico em escala-piloto. Fonte: próprios autores.

verificaram um ligeiro decréscimo do tamanho médio das partículas de alginato de cálcio no cultivo de *Aphanothece* em vinhaça, o que não influenciou o consumo heterotrófico de glicose do meio e o crescimento da cianobactéria.

Avanços tecnológicos no sentido da imobilização de microalgas para cultivo em vinhaça foram reportados por Jesus, Bastos e Silva (2019). Os autores prepararam esferas de alginato em diferentes concentrações de biopolímero e agente de reticulação, obtendo uma adequada estabilidade em vinhaça, o que foi atribuído ao elevado teor de cálcio do efluente. O crescimento da microalga verde (*Chlorophyceae*) *Desmodesmus subspicatus* foi avaliado utilizando células livres e imobilizadas, assim como o potencial de remoção de carbono, nitrogênio e potássio da vinhaça. As células imobilizadas apresentaram velocidade específica de crescimento máxima de $0,009 \text{ h}^{-1}$ para esferas de alginato (2%) reticuladas com 5% de CaCl_2 , com remoções de 38, 27 e 28% para carbono, nitrogênio e potássio, respectivamente. Por outro lado, as células livres apresentaram um crescimento similar ($0,01 \text{ h}^{-1}$) e remoções discretamente superiores de carbono e nitrogênio (45 e 49%, respectivamente), com destaque para a remoção muito inferior de potássio (8%). Esses resultados indicam que ocorre a adsorção de potássio pela matriz biopolimérica, tanto que remoções máximas de 37% foram obtidas utilizando esferas de alginato (2%) reticuladas com 10% de CaCl_2 .

As células das microalgas carregam em sua superfície uma carga negativa que impede sua agregação quando em suspensão. Esta carga pode ser neutralizada pela adição de determinados produtos químicos catiônicos, conhecidos como floculantes, que são capazes de coagular as células das algas sem afetar sua composição química (HARUN et al., 2010). O floculante ideal deve ter baixo custo, ser atóxico e eficaz em baixa concentração. Entre os sais mais comumente utilizados, destacam-se sulfato de alumínio, cloreto e sulfato férrico. Manetti (2008) utilizou *Aphanothece microscopica* Nägeli no tratamento do efluente de processamento de pescado e, posteriormente, avaliou o efeito de coagulantes na separação da biomassa dessa cianobactéria. Esse autor verificou remoções de 85, 97 e 93% de DQO, turbidez e sólidos suspensos, respectivamente, utilizando 300 mg L^{-1} de FeCl_3 . Papazi, Makridis e Divanach (2010), com o objetivo de desenvolver um método fácil e eficiente para recuperação da biomassa da microalga *Chlorella minutissima*, avaliaram a capacidade de 12 sais na coagulação das células da microalga. Os autores avaliaram concentrações de 0 a 5 g L^{-1} de cada um dos sais em 20 mL de meio de cultivo e observaram que, embora os sais de alumínio tenham sido mais eficientes na coagulação, alguns causaram lise celular, mostrando-se inadequados para o processo. Ferro e zinco também apresentaram resultados, embora os sais férricos em concentrações superiores a 1 g L^{-1} tenham levado a alterações na coloração das células, enquanto os sais de zinco levaram

à formação de agregados celulares na superfície do recipiente. Nesse sentido, muitas questões ainda estão em aberto com relação aos aspectos de separação das microalgas em sistemas produtivos.

Biodiesel microalgal

O biodiesel pode ser produzido a partir de óleos vegetais, animais e microbianos, sendo quimicamente definido como ésteres alquílicos combustíveis de ácidos carboxílicos de cadeia longa, produzidos a partir da transesterificação desses óleos. Os óleos microbianos, de maneira geral, apresentam uma composição semelhante a alguns óleos vegetais, com destaque para os ácidos palmítico (C16:0), esteárico (C18:0) e oleico (C18:1) (VASCONCELOS et al., 2019). Nesse sentido, diversos microrganismos, como fungos, leveduras e microalgas, vêm sendo pesquisados com vistas ao acúmulo de lipídios na biomassa (FRANCISCO et al., 2015; BHARATHIRAJA et al., 2017; SOCCOL et al., 2017). Entre as vantagens do óleo microbiano na produção de biodiesel são citadas menor influência de condições climáticas, baixa necessidade de grandes áreas, elevada produtividade, expansão facilitada e possibilidade de combinar os cultivos com o aproveitamento de águas residuárias industriais, constituindo-se no conceito moderno de biorrefinaria.

Mais especificamente, diversas linhagens de cianobactérias e microalgas podem ser consideradas produtoras de óleos unicelulares, sendo vistas como uma ferramenta alternativa à produção de biocombustíveis. Esses biocombustíveis chamados de “3ª geração” apresentam elevado potencial para se tornarem substitutos sustentáveis para os combustíveis fósseis, que geram gases do efeito estufa (GEE), além de a produção requerer menos água, fertilizante e área de produção (FIGUEROA-TORRES et al., 2020).

Em termos de produção de biodiesel, o ideal é um óleo rico em ácidos graxos saturados (SFA) e monoinsaturados (MUFA) em comparação com ácidos graxos poli-insaturados (PUFA) (FRANCISCO et al., 2015). O que os diferencia são as ligações entre os carbonos; em geral, os ácidos graxos incluem os insaturados, que contemplam os monoinsaturados (uma ligação dupla de carbonos) e poli-insaturados (mais de uma ligação dupla), e os saturados (sem ligações duplas de carbonos) (CHEN et al., 2018).

Por meio dos lipídios microalgais, também é possível obter óleos ricos em ácidos graxos poli-insaturados (EPA e DHA- ω 3) para consumo humano, tendo um alto valor nutricional (PEREZ-GARCIA et al., 2011). Geralmente são encontrados em composições de ácidos graxos que contêm C18:1 (ácido oleico), C18:2 (ácido linoleico), C18:3 (ácido linolênico) e, às vezes, conjuntamente com C16:0 (ácido palmítico) (RATLEDGE, 2004). Os PUFA, assim chamados os ácidos graxos poli-insaturados, são considerados essenciais para o desenvolvimento infantil e importantes para a pre-

venção de doenças crônicas. Muitas organizações nacionais e internacionais de saúde, como a Organização Mundial da Saúde (OMS), recomendam consumir diariamente esses óleos essenciais em paralelo às doses diárias recomendadas de nutrientes essenciais (ROBERTSON et al., 2013).

Entre as diversas vantagens para a aplicação de microalgas na produção de biocombustíveis, destaca-se a produção associada a compostos de alto valor, como proteínas e pigmentos, os quais podem ser recuperados da biomassa restante da extração de carboidratos e lipídios. Além disso, deve ser enfatizada a elevada produtividade de lipídios e carboidratos, superior a culturas agrícolas convencionais, como a soja e a cana-de-açúcar (KLEIN; BONOMI; MACIEL FILHO, 2018). Para minimizar custos de produção, Andrade e Colozzi Filho (2014) mencionam cultivar as cianobactérias e microalgas em efluentes com nutrientes de forma a associar a produção de biocombustíveis com redução econômica, minimizando o impacto ambiental. Neste contexto, Francisco et al. (2015) avaliaram a produção de lipídios microalgais por *Phormidium* sp. em cultivo heterotrófico de manipueira, obtendo produtividade de biomassa e lipídios de 320,1 e 43,8 mg L⁻¹ h⁻¹, respectivamente, com composição em ácidos graxos saturados e monoinsaturados, com perspectiva de atendimento das normas nacionais e internacionais para a síntese de biodiesel.

Segundo Knothe (2013), as duas normas geralmente utilizadas como diretrizes para o padrão de biodiesel em todos os países são ASTM D6751 dos Estados Unidos (AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS, 2002) e a EN 14214 da Europa (EUROPEAN STANDARDS, 2014). As especificações contidas nessas normas são atribuídas a vários fatores que influenciam as propriedades do biodiesel, mas, principalmente, o perfil em ácidos graxos. Os parâmetros mensurados, de acordo com as normas, são o número de cetano, o índice de iodo, a estabilização à oxidação e a viscosidade cinemática. Outras características importantes para a síntese de biodiesel são: grau de insaturação, índice de saponificação, fator de cadeia longa saturada, ponto de entupimento de filtro a frio, ponto de névoa, posição alílica, posição bis-alílica, maior valor de aquecimento e densidade (KNOTHE; KRAHL; GERPEN, 2010).

Chisti (2007) reportou que existe uma grande oportunidade de obtenção de biodiesel microalgal, inclusive para aquelas produzidas heterotroficamente com fontes de carbono exógenas. Chen et al. (2018) mencionam alguns fatores para a produção mais econômica de biodiesel microalgal, entre os quais a utilização de efluentes, uma vez que também ocorre a remoção de poluentes, o cultivo integrado com a produção de outro bioproduto de alto valor agregado e a aquicultura. Neste contexto, Visentin (2020), no cultivo em batelada de *Phormidium autumnale* a partir de vinhaça, obteve, na fração lipídica da biomassa, teores de ácidos graxos saturados (SFA) em torno de 65%, seguidos

de ácidos graxos monoinsaturados (MUFA) por volta de 20%. Esses resultados são promissores, uma vez que a síntese de biodiesel é beneficiada pela maior quantidade dos SFA e MUFA, sendo que, em maiores concentrações, obtive o ácido palmítico (C16:0) atingindo 50% do total de ácidos graxos do cultivo. Destacam-se ainda os teores dos ácidos palmítico (C16:0), esteárico (C18:0), linoleico (C18:2), linolênico (C18:3) e oleico (C18:1). Como Figueroa-Torres et al. (2020) reporta que os ácidos C:16 e C18:1-3 são considerados os mais importantes para um biodiesel de qualidade, o potencial de obtenção do óleo de microalgas para biocombustíveis é tecnicamente viável em termos do perfil de ácidos graxos.

Obtenção de pigmentos microalgais

Há uma demanda crescente por pigmentos produzidos naturalmente por causa de preocupações com a segurança alimentar e a presença de elementos potencialmente prejudiciais nas fontes sintéticas (KOYANDE et al., 2019). Entre as várias fontes, as microalgas são grandes produtoras de pigmentos naturais pela sua capacidade de sintetizá-los em maior concentração em comparação com outras. Morançais, Mouget e Dumay (2018) relatam que existem três classes de pigmentos encontrados em microalgas: clorofilas, carotenoides e ficobiliproteínas. Entretanto, os mais valiosos comercialmente falando são os carotenoides e as ficobiliproteínas, sendo amplamente utilizados em cosméticos, aditivos alimentares, biocompostos, indústrias farmacêuticas e corantes alimentares.

Lourenço (2006) menciona que as cianobactérias possuem ficobiliproteínas, que compõem estruturas granulares denominadas ficobilissomos que se encontram sobre as membranas externas dos tilacoides (aparatos fotossintéticos). As ficobiliproteínas existentes em cianobactérias são quatro: ficocianina (cor azul), ficoeritrina (cor vermelha), aloficocianina (cor azul) e ficoeritrocianina (cor vermelha). Geralmente são produzidas em cultivo autotrófico, uma vez que as ficobiliproteínas aumentam o espectro de captação de luz pela fotossíntese, embora algumas espécies também apresentem produtividades competitivas em cultivos heterotróficos (MORAIS; BASTOS, 2019). A concentração de ficobiliproteínas em cianobactérias pode alcançar até 40% do conteúdo total de proteínas solúveis, sendo que a presença de fontes de carbono pode ocasionar a inibição da síntese de outras proteínas.

A Figura 3 apresenta o aspecto da ficocianina extraída da biomassa após o cultivo heterotrófico de *Phormidium autumnale* em vinhaça, com teores de aproximadamente 200 mg por grama de biomassa (VISENTIN, 2020). Moraes e Bastos (2019) já haviam indicado teores em torno de 190 mg por grama de biomassa para o cultivo de *Aphanothece microscopica* Nägeli em meio complementado com vinhaça, reportando taxa específi-



FIGURA 3 - Aspecto da solução contendo ficocianina extraída dos cultivos das cianobactérias em meio contendo vinhaça.
Fonte: próprios autores.

ca de produção de ficocianina de $49 \text{ mg}_{\text{ficocianina}} \text{ mg}_{\text{biomassa}}^{-1} \text{ h}^{-1}$ a partir da extração por congelamento. Sendo assim, mesmo em condições de cultivo sem luz, a produtividade desses pigmentos pode ser viável a depender dos tempos de batelada empregados e métodos de extração.

A aplicação primária da ficocianina é como corante natural, sendo também utilizada no setor farmacêutico como agente antioxidante, anti-inflamatório e neuroprotetor. Atualmente, a aplicação mais importante da ficocianina é como pigmento alimentar em chicletes, doces, refrigerantes e laticínios. Em razão de suas propriedades espectrais e alto rendimento de fluorescência, também é muito usada como agente fluorescente e em cosméticos (MORANÇAIS; MOUGET; DUMAY, 2018).

4. APROVEITAMENTO DE BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR: CULTIVO MICROBIANO EM ESTADO SÓLIDO

Cultivo em estado sólido (CES), também chamado comumente de “fermentação em estado sólido” ou “fermentação semissólida”, pode ser definido como o crescimento microbiano em suportes sólidos em condições limitadas e próximas à ausência de água livre. Sendo assim, de acordo com esse conceito, esse ambiente simula condições similares, principalmente, ao *habitat* de fungos filamentosos (PANDEY, 2003). Esse processo tem apresentado um potencial tecnológico considerável na obtenção de produtos químicos, alimentícios, farmacêuticos e agrícolas por causa da menor exigência energética, elevado rendimento em alguns metabólitos microbianos, baixa produção de resíduos e por ser ambientalmente correto ao aproveitar usualmente diversos resíduos agroindustriais (GUTIÉRREZ-CORREA; VILLENA, 2003). O suporte sólido pode ser um material natural, com o fornecimento da fonte de carbono, ou inerte, desde que impregnado com solução nutriente e com umidade suficiente para o desenvolvimento microbiano.

Entre os diversos microrganismos que são passíveis de crescimento em suportes sólidos, os fungos filamentosos apresentam maior afinidade em razão das suas características fisiológicas e bioquímicas. Esses processos microbiológicos diferem-se dos cultivos submersos justamente pela quantidade de água presente no meio. Apesar da ocorrência muito antiga, os CES foram pouco estudados durante o desenvolvimento da Biotecnologia Industrial nos anos 1940, a qual se voltou muito aos processos com células em suspensão após a descoberta da penicilina. A partir dos anos 1970, por causa da ocorrência de micotoxinas, os CES foram mais amplamente estudados, sendo obtidos resultados promissores no desenvolvimento de vários processos biotecnológicos (GUTIÉRREZ-CORREA; VILLENA, 2003; PANDEY, 2003). Quando comparados aos processos ou à “fermentação submersa”, os CES apresentam como vantagens a baixa demanda de água e a utilização de substratos insolúveis em água e fontes de carbono pouco usuais, muitas vezes resíduos, elevada produtividade volumétrica em razão da alta concentração obtida, facilitada recuperação de produtos em muitos casos e reduzidas exigências energéticas. Por outro lado, esses sistemas tendem a apresentar limitações com a ocorrência de gradientes de temperatura, umidade, oxigênio e nutrientes, necessidade da utilização de microrganismos que se desenvolvam em baixos níveis de umidade e atividade de água, dificuldades na medida e controle dos parâmetros, necessidade de elevadas concentrações de inóculo e, em muitos casos, exigência de pré-tratamento do suporte sólido (OOIJKAAS et al., 2000). Como consequência de todos esses aspectos, o estudo do aumento de escala dos CES é bastante complexo e exige a estimativa de parâmetros físicos diferentes daqueles já estabelecidos para os processos com células livres em suspensão.

Com relação ao crescimento microbiano, esse desenvolvimento nos CES pode ser caracterizado pela formação de biofilmes, ou seja, um filme líquido microbiano na superfície das partículas sólidas e no interior dos poros (GUTIÉRREZ-CORREA; VILLENA, 2003). Além disso, o fenômeno de adesão microbiana nas superfícies de suportes sólidos ocorre mediada pela síntese de proteínas de baixa massa molar, conhecidas como hidrofobinas, produzidas, principalmente, por ascomicetos, basidiomicetos e zigomicetos (LINDER et al., 2005).

Um aspecto que deve ser considerado nos CES é a seleção do suporte mais adequado, sendo que o material sólido não solúvel pode ser natural, contendo fonte de carbono que será consumida, ou um suporte inerte impregnado de solução nutriente (OOIJKAAS et al., 2000). Essas matrizes sólidas podem variar na sua composição, tamanho, resistência mecânica, porosidade e capacidade de retenção de água (DURAND, 2003). Como exemplos de materiais inertes usados como suportes para os CES são reportados o poliuretano, poliestireno, nylon, alumina, amberlite entre outros.

Por outro lado, com relação aos suportes naturais, o aproveitamento de resíduos agrícolas e agroindustriais, como farelos de trigo, soja, arroz e bagaço de cana-de-açúcar, tem despertado maior interesse (PANDEY; SOCCOL; MITCHELL, 2000; OOIJKAAS et al., 2000; SABU et al., 2000). Nesses casos específicos, além de os subprodutos agroindustriais apresentarem fontes de carbono de baixo custo, a sua utilização minimiza os problemas ambientais relacionados ao seu descarte e disposição.

Neste contexto, os CES apresentam um futuro promissor e, embora testados principalmente em escala laboratorial, possuem diversas aplicações industriais na geração de produtos de valor agregado, como metabólitos secundários, biosurfactantes, biocombustível, ácidos orgânicos, enzimas entre outros, além de auxiliar nos serviços de biorremediação e biodegradação com a utilização de resíduos agroindustriais (SINGHANIA et al., 2009). Diversas pesquisas têm sido conduzidas no LABMAC/CCA/UFSCar no sentido do aproveitamento de bagaço de cana-de-açúcar impregnado com vinhaça para a produção de ácido cítrico a partir de *Aspergillus niger*, *Trichoderma reesei* e o consórcio destes (OLIVEIRA; CARVALHO; BASTOS, 2012; BASTOS; MORAIS; VOLPI, 2015; CAMPANHOL et al., 2019; BASTOS; RIBEIRO, 2020). A Figura 4 ilustra a sequência de operações envolvidas nos ensaios de CES em biorreatores de leito fixo: preparado do bagaço de cana-de-açúcar; condução dos ensaios nas colunas já impregnadas com vinhaça como solução nutriente e inóculo fúngico; e obtenção do extrato fúngico contendo ácido cítrico produzido.

Produção microbiana de ácido cítrico

O ácido cítrico ($C_6H_8O_7$) é um constituinte natural do metabolismo de plantas, animais e microrganismos (PAPAGIANNI, 2007). Esse ácido orgânico foi extraído e cristalizado primeiramente a partir do suco de limão por Karls Scheels, em 1784. A partir dessa descoberta, a sua produção comercial começou a se desenvolver na Inglaterra nos anos 1860, porém a partir do citrato de cálcio importado

da Itália. Os elevados custos da matéria-prima justificaram pesquisas no sentido da sua produção a partir de tecnologias químicas e microbianas, sendo que sua obtenção mais usual nas últimas décadas ocorre por processos microbianos de cultivo submerso (DEZAM et al., 2017).

Segundo Dhillon et al. (2013), a produção de ácido cítrico é da ordem de bilhões de toneladas por ano, com tendência de aumento anual de 5%. Cerca de 70% do ácido cítrico é destinado à indústria de alimentos e bebidas, 12%, às indústrias farmacêuticas, e 18%, a outros setores, sendo utilizado como antioxidante, aromatizante, conservante, quelante e agente tampão em alimentos, bebidas, fármacos e cosméticos (SINDHU et al., 2016). Considerando a grande importância da demanda na produção do ácido cítrico, o interesse no processo produtivo usando polpas de frutas e outros resíduos agroindustriais tem aumentado nos últimos anos (DHILLON et al., 2013; ALI et al., 2016). Além disso, o uso de resíduos agroindustriais tem apresentado vantagens para o processo de produção do ácido cítrico, servindo como suporte para o processo conhecido como “cultivo em estado sólido”, de forma mais sustentável e econômica (KUMAR et al., 2003).

O processo de produção do ácido cítrico em larga escala vem sendo realizado quase que exclusivamente com *Aspergillus niger* em cultivo submerso a partir de beterraba, melaço de cana-de-açúcar, sacarose ou xarope de glicose (DHILLON et al., 2013). Porém, o CES surge como alternativa considerando as suas vantagens biotecnológicas, que incluem maior concentração e estabilidade dos produtos, menor repressão catabólica, menor contaminação, baixa atividade de água e uso de materiais insolúveis em água como subprodutos. A produção de ácido cítrico por CES é influenciada por fatores físicos, químicos e nutricionais, tais como umidade do meio sólido, tamanho de partícula do suporte sólido, nutrientes, temperatura, pH e tamanho do inóculo (ALI et al., 2016). Além desses fatores, a presença de álcoois de baixa massa molar, como metanol e etanol, pode também induzir a produção de ácido cítrico (NADEEM et al., 2010). O estímulo para maior produção de ácido cítrico por meio de solventes orgânicos, incluindo os

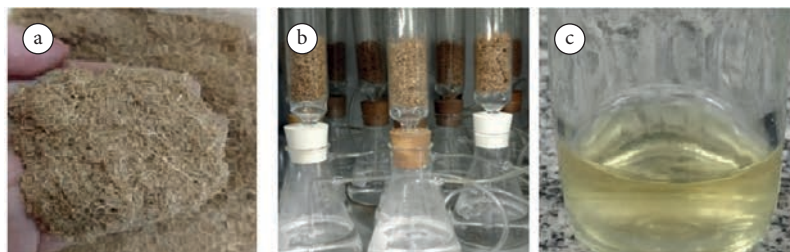


FIGURA 4 - Ilustração do CES em biorreatores de coluna, com destaque para: (a) preparo e umidificação do bagaço a ser usado como suporte sólido; (b) disposição dos biorreatores de coluna com aeração já inoculados com os fungos filamentosos em estufa para manutenção da temperatura; (c) obtenção do extrato fúngico contendo os metabólitos.

Fonte: próprios autores

álcoois de baixa massa molar, ocorre em razão do aumento da permeabilidade da membrana celular com alteração da atividade das enzimas citrato sintetase e aconitase presentes no Ciclo de Krebs. Aliado a isso, o *Aspergillus niger* pode converter o etanol disponível no meio em acetil-CoA, molécula-chave e precursora desse ciclo (BARRINGTON; KIM, 2008). O uso de álcoois inferiores para intensificar a produção de ácido cítrico vem ao encontro do aproveitamento de resíduos e subprodutos agroindustriais por CES, em razão da facilidade da sua utilização em solução umidificante de partículas sólidas (DHILLON et al., 2013).

Diversos microrganismos, como fungos, bactérias e leveduras, vêm sendo empregados nos últimos anos para a produção de ácido cítrico (GREWAL; KALRA, 1995). Porém, os fungos filamentosos têm se destacado para a produção desses ácidos, até mesmo a partir da biodegradação de resíduos lignocelulósicos (CASTILLO et al., 1994; BARRINGTON; KIM, 2008). Entre as vantagens frequentemente citadas para a obtenção de ácido cítrico por fungos destacam-se a facilidade no manuseio e a capacidade de metabolizar uma variedade de matérias-primas de baixo custo e produzir com elevados rendimentos (NADEEM et al., 2010). A utilização de resíduos lignocelulósicos pode exigir uma ação enzimática mais intensa visando à biodegradação, o que pode ser facilitado a partir da interação com outros microrganismos. Com isso, culturas mistas de fungos podem levar à complementação enzimática mais eficiente (CASTILLO et al., 1994; ALI et al., 2016). Os cultivos dos fungos isoladamente podem apresentar deficiências com relação à degradação da celulose, uma vez que o *Trichoderma reesei* não é capaz de produzir uma quantidade substancial de β -glucosidase, enquanto endoglucanase e exoglucanase são limitantes para *Aspergillus niger*. No entanto, algumas pesquisas relataram que o uso de cultivos mistos de microrganismos pode complementar as capacidades metabólicas dos microrganismos, gerando produtos de secreção com perfis mais adequados, elevando a capacidade de bioconversão de substratos (GUTIÉRREZ-CORREA; VILLENA, 2003). As vantagens da utilização de culturas mistas podem ser mais evidenciadas nos CES, pois a colonização, a penetração e a degradação do substrato em estado sólido tendem a ser intensificadas pela associação simbiótica, em que cada espécie pode ter seu próprio nicho para o crescimento e a degradação do substrato em razão da sua própria matriz de enzimas hidrolíticas, as quais podem atuar com outras sinergicamente.

França (2016), trabalhando com *Aspergillus niger* e *Trichoderma reesei*, obteve velocidades específicas de produção de ácido cítrico superiores quando foram utilizados cultivos mistos em CES a partir de bagaço de cana-de-açúcar em comparação aos fungos isoladamente ($2,51 \text{ mg}_{\text{ácido cítrico}} \text{ g}_{\text{biomassa}}^{-1} \text{ h}^{-1}$). Esse fato pode ser explicado por causa da complementação em termos de enzimas hidrolíticas se comparado ao cultivo dos microrganismos

separadamente, possibilitando um aproveitamento maior dos substratos (YANG et al., 2004; PAPAGIANNI, 2007). Bastos e Ribeiro (2020) obtiveram 2,51 mg de ácido cítrico por grama de biomassa por hora utilizando consórcio fúngico *Aspergillus niger*-*Trichoderma reesei* a partir de sacarose, valor superior ao encontrado para os ensaios com inóculos dos fungos isoladamente.

Campanhol et al. (2019) reportaram, para culturas mistas de *Aspergillus niger* e *Trichoderma reesei*, elevadas velocidades específicas de produção de ácido cítrico, em torno de 8 mg de ácido cítrico por grama de biomassa por hora, para CES com bagaço de cana-de-açúcar impregnado com vinhaça. O uso da vinhaça como fonte de nutrientes também provém quantidades de etanol que podem ter induzido o acúmulo de ácido cítrico. Em trabalho pioneiro do nosso grupo de pesquisa na mistura de bagaço e vinhaça, Oliveira, Carvalho e Bastos (2012) obtiveram 1,45 g de ácido total por grama de sólido por dia utilizando inóculo apenas com suspensão de *Aspergillus niger*. Bastos, Morais e Volpi (2015) exploraram o efeito da altura de leito de partículas de bagaço na produção de ácido cítrico. Esses autores chegaram a 1,75 g por 100 g de meio sólido em 3 dias para a condição com 120 mm de altura de leito em biorreator de coluna.

Aproveitamento de “hidrolisados microbianos”

A obtenção de um extrato fúngico é a primeira etapa de recuperação dos metabólitos microbianos produzidos por CES. Neste sentido, essa suspensão, chamada neste capítulo como “hidrolisado microbiano”, compreende um conjunto de substratos total ou parcialmente hidrolisados a partir da composição inicial do suporte sólido empregado. Os “hidrolisados microbianos” são resultado da ação das enzimas envolvidas no crescimento fúngico no material sólido e, por apresentarem diversas fontes de carbono até mais prontamente disponíveis, poderiam ser aproveitados em outros processos microbianos para a potencial geração de bioprodutos.

A hidrólise enzimática apresenta como vantagens a ausência de formação de produtos secundários em processos sem a utilização de compostos químicos, elevadas pressões e extremos de temperatura (BASTOS, 2007). Essas hidrolases realizam a conversão de hemiceluloses e celuloses do material lignocelulósico em pentoses e hexoses (RABELO; PRADELLA; IENCZAK, 2019). No contexto das vantagens citadas da biocatálise, o custo ainda é uma limitação, uma vez que usualmente são utilizados coquetéis enzimáticos (RABELO; PRADELLA; IENCZAK, 2019). Porém, ao utilizar as enzimas diretamente dos próprios microrganismos em CES, ou seja, a partir do crescimento celular em matrizes sólidas, há uma considerável redução nos custos pelo menor impacto das etapas prévias de purificação. Assim, a proposta de obtenção dos “hidrolisados microbianos” é po-

tencialmente viável por associar a utilização de subprodutos agroindustriais sem a necessidade de aplicação de enzimas isoladas ou com nível de pureza elevado.

O aproveitamento microbiano do material lignocelulósico normalmente ocorre a partir do pré-tratamento dessa biomassa vegetal via hidrólise ácida. Como resultado, é praticamente inevitável a liberação de vários inibidores fermentativos, como furfural e hidroximetilfurfural (HMF), oriundos da degradação de pentoses e hexoses, respectivamente, além do ácido acético, proveniente da hidrólise do radical acetil presente na hemicelulose. Como consequência, o consumo desses açúcares disponibilizados fica restrito apenas a algumas linhagens microbianas mais resistentes a esses compostos inibitórios (PALMQVIST; HAHN-HÄGERDAL, 2000). Mesmo nesses casos, apenas algumas poucas espécies de leveduras seriam capazes de converter de forma eficiente as pentoses em etanol obtendo elevados rendimentos, com destaque para *Scheffersomyces shehatae*, *Pachysolen tannophilus* e *Scheffersomyces stipitis* (CHANDEL et al., 2014). Além dessas, de acordo com Sehnem et al. (2020), a levedura *Wickerhamomyces anomalus* apresentou produção de etanol a partir de hidrolisados ácidos diluídos com a presença de furfural e HMF.

Mesmo com indicativos promissores, a capacidade de aplicação dessas espécies de leveduras para a produção do chamado “etanol de segunda geração” é limitada em razão da típica baixa tolerância ao etanol e a esses compostos inibitórios gerados durante a etapa de pré-tratamento e hidrólise da hemicelulose. A otimização e a redução de custos do etanol obtido a partir destas matérias-primas estão vinculadas diretamente à utilização de microrganismos capazes de sintetizar enzimas hidrolíticas, como celulasas, liberando de forma mais eficiente os açúcares fermentescíveis (FERREIRA, 2010). Como alternativa, a utilização de fungos via CES como uma etapa de “pré-tratamento”, ou seja, liberando os açúcares constituintes do material lignocelulósico, poderia ser viável. A partir disso, França (2016) conduziu ensaios de fermentação etanólica como “prova de conceito” do aproveitamento da glicose residual do extrato fúngico, obtido em diferentes condições de CES. Os melhores resultados foram obtidos a partir do extrato fúngico após 5 dias de CES de *T. reesei* a partir do bagaço de cana-de-açúcar impregnado com vinhaça. Nessas condições, houve uma produção de 170 mg L⁻¹ de etanol em 24 horas e 220 mg L⁻¹ em 48 horas, com um consumo total da glicose aproximando-se do rendimento estequiométrico da fermentação etanólica. Codato, Bastos e Ceccato-Antonini (2021) compararam fermentações a partir de hidrolisados ácidos e microbianos, sendo que os parâmetros cinéticos foram muito superiores utilizando o extrato do CES como meio de cultivo. Os rendimentos para hidrolisados ácidos e microbianos foram 0,08 e 0,40 g de etanol por grama de

glicose, respectivamente. Além disso, as velocidades específicas de produção ficaram em torno de 2,40 e 3,89 mg de etanol por grama de biomassa por hora para hidrolisados ácidos e microbianos, respectivamente. Os resultados dessa pesquisa que propõe um processo sequencial CES-fermentação indicam a viabilidade técnica do aproveitamento de bagaço de cana-de-açúcar com a produção mais eficiente do etanol de segunda geração em razão da liberação de açúcares sem a presença de inibidores em comparação à hidrólise ácida convencional.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O principal objetivo deste capítulo é ser uma primeira leitura a respeito das formas de aproveitamento microbiano dos principais subprodutos do setor sucroenergético, com destaque para os conceitos envolvidos na produção de biomassa de microalgas e nos cultivos em estado sólido. Os autores esperam que o texto sirva como um incentivo aos interessados na busca por novos trabalhos técnicos visando ao aprofundamento dos estudos.

AGRADECIMENTOS

Os autores deste capítulo agradecem a todos os alunos de graduação e pós-graduação, servidores e colegas docentes do CCA/UFSCar que tenham contribuído com estas atividades de pesquisa do LABMAC, além dos recursos financeiros concedidos das mais diversas formas pelo CNPq, FAPESP, BNDES/FUNTEC e parceiros do setor privado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALI, S. R. et al. Bio-synthesis of citric acid from single and co-culture-based fermentation technology using agro-wastes. **Journal of Radiation Research and Applied Sciences**, Cairo, v. 9, n. 1, p. 57-62, 2016. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jrras.2015.09.003>.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTMD6751**: standard specification for biodiesel fuel (B100): blend stock for distillate fuels. West Conshohocken: ASTM International, 2002.
- ANDRADE, D. S.; COLOZZI FILHO, A. **Microalgas de águas continentais**: potencialidades e desafios do cultivo. Londrina: IAPAR, 2014.
- ANDREATTO-JUNIOR, L. C. et al. Carbon and nitrogen removal from sugarcane processing wastewater by *Desmodesmus subspicatus* in pilot-scale stirred bioreactor. In: INTERNATIONAL CONFERENCE OF ALGAL BIOMASS, 5., BIOFUELS AND BIOPRODUCTS, 2015, San Diego, Califórnia. **Anais...** Amsterdam: Elsevier, 2015.
- BARRINGTON, S.; KIM, J. W. Response surface optimization of medium components for citric acid production by *Aspergillus*

- niger* NRRL 567 grown in peat moss. **Bioresource Technology**, Barking, v. 99, n. 2, p. 368-377, 2008. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2006.12.007>. PMID:17267213.
- BASTOS, R. G. et al. Challenges for microalgae cultivation in sugarcane processing wastewater (vinasse) for biodiesel production: from the bench to pilot-scale. In: JACOB-LOPES, E. et al. (Ed.). **3rd generation biofuels disruptive technologies to enable commercial production**. Cambridge: Woodhead Publishing, 2022.
- BASTOS, R.G. et al. Remoção de nitrogênio e matéria orgânica do efluente da parboilização do arroz por *Aphanothece microscopica* Nägeli na ausência de luminosidade. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro v. 9, p. 112-116, 2004.
- BASTOS, R. G. et al. Consumo de oxigênio por cianobactéria em água residuária da indústria sucroenergética. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE BIOPROCESSOS, 17., 2009, Natal. **Anais...** Natal. ABEQ. 2009.
- BASTOS, R. G. et al. Heterotrophic growth of *Desmodesmus subspicatus* using sugarcane vinasse in batch stirred reactor. In: ALGAL BIOMASS, BIOFUELS AND BIOPRODUCTS, San Diego, CA, 2012. **Proceedings...** Amsterdam: Elsevier, 2012.
- BASTOS, R. G. et al. Immobilization of cyanobacteria *Aphanothece microscopica* Nägeli on calcium alginate beads and polyurethane cubes. In: EUROPEAN SYMPOSIUM ON BIOCHEMICAL ENGINEERING SCIENCE, 8., 2010, Bologna, Itália. **Anais...** Bologna, Itália. ESBES, 2010. p. 253-253.
- BASTOS, R. G.; MORAIS, D. V.; VOLPI, M. P. C. Influence of solid moisture and bed height on cultivation of *Aspergillus niger* from sugarcane bagasse with vinasse. **Brazilian Journal of Chemical Engineering**, São Paulo, v. 32, n. 2, p. 377-384, 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/0104-6632.20150322s00003423>.
- BASTOS, R. G.; RIBEIRO, H. C. Citric acid production by the solid-state cultivation consortium of *Aspergillus niger* and *Trichoderma reesei* from sugarcane bagasse. **The Open Biotechnology Journal**, Netherlands, v. 14, n. 1, p. 32-41, 2020. <http://dx.doi.org/10.2174/1874070702014010032>.
- BASTOS, V. D. Etanol, alcoolquímica e biorrefinarias. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, v. 25, p. 5-38, 2007.
- BHARATHIRAJA, B. et al. **Biodiesel production from microbial oil derived from wood isolate *Trichoderma reesei***. **Bioresource Technology**, Barking, v. 239, p. 538-541, 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2017.05.078>. PMID:28549810.
- CAMPANHOL, B. S. et al. Effect of the nutrient solution in the microbial production of citric acid from sugarcane bagasse and vinasse. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, Atlanta, v. 19, p. 101147, 2019. <http://dx.doi.org/10.1016/j.bcab.2019.101147>.
- CARRILHO, E. N. V. M.; LABUTO, G.; KAMOGAWA, M. Y. Destination of vinasse, a residue from alcohol industry: resource recovery and prevention of pollution. In: PRASAD, M. N. V.; SHIH, K. (Ed.), **Environmental materials and waste: resource recovery and pollution prevention**. London: Elsevier, 2016, p. 21-43.
- CASTILLO, M. R. et al. Mixed culture solid substrate fermentation for cellulolytic enzyme production. **Biotechnology Letters**, Netherlands, v. 16, n. 9, p. 967-972, 1994. <http://dx.doi.org/10.1007/BF00128635>.
- CHANDEL, A. K. et al. Multi-scale structural and chemical analysis of sugarcane bagasse in the process of sequential acid-base pretreatment and ethanol production by *Scheffersomyces shehatae* and *Saccharomyces cerevisiae*. **Biotechnology for Biofuels**, London, v. 7, n. 63, p. 63, 2014. <http://dx.doi.org/10.1186/1754-6834-7-63>. PMID:24739736.
- CHEN, J. et al. The potential of microalgae in biodiesel production. **Renewable & Sustainable Energy Reviews**, Amsterdam, v. 90, p. 336-346, 2018. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2018.03.073>.
- CHISTI, Y. Biodiesel from microalgae. **Biotechnology Advances**, Oxford, v. 25, n. 3, p. 294-306, 2007. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biotechadv.2007.02.001>. PMID:17350212.
- CHOWDHARY, P.; RAJ, A.; BHARAGAVA, R. N. Environmental pollution and health hazards from distillery wastewater and treatment approaches to combat the environmental threats: a review. **Chemosphere**, Oxford, v. 194, p. 229-246, 2018. <http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.11.163>. PMID:29207355.
- CHRISTOFOLETTI, C. A. et al. Sugarcane vinasse: environmental implications of its use. **Waste Management**, New York, v. 33, n. 12, p. 2752-2761, 2013. <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2013.09.005>. PMID:24084103.
- CODATO, C. B.; BASTOS, R.; CECCATO-ANTONINI, S. R. Sequential process of solid-state cultivation with fungal consortium and ethanol fermentation by *Saccharomyces cerevisiae* from sugarcane bagasse. **Bioprocess and Biosystems Engineering**, Berlin, v. 44, n. 10, p. 1-8, 2021. <http://dx.doi.org/10.1007/s00449-021-02588-6>. PMID:34018026.
- DE-BASHAN, L. E.; BASHAN, Y. Immobilized microalgae for removing pollutants: review of practical aspects. **Bioresource Technology**, Barking, v. 101, n. 6, p. 1611-1627, 2010. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2009.09.043>. PMID:19931451.
- DEZAM, A. P. G. et al. Microbial production of organic acids by endophytic fungi. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, Atlanta, v. 11, p. 282-287, 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.bcab.2017.08.001>.
- DHILLON, G. S. et al. Bioproduction and extraction optimization of citric acid from *Aspergillus niger* by rotating drum type solid-state bioreactor. **Industrial Crops and Products**, Amsterdam, v. 41, p. 78-84, 2013. <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.04.001>.
- DIAS, M. O. S. et al. Sugarcane processing for ethanol and sugar in Brazil. **Environmental Development**, Netherlands, v. 15, p. 35-51, 2015.
- DURAND, A. Bioreactor designs for solid state fermentation. **Biochemical Engineering Journal**, Amsterdam, v. 13, n. 2-3, p. 113-125, 2003. [http://dx.doi.org/10.1016/S1369-703X\(02\)00124-9](http://dx.doi.org/10.1016/S1369-703X(02)00124-9).
- ERIKSEN, N. T. The technology of microalgal culturing. **Biotechnology Letters**, Netherlands, v. 30, n. 9, p. 1525-













- 1536, 2008. <http://dx.doi.org/10.1007/s10529-008-9740-3>. PMID:18478186.
- EUROPEAN STANDARDS. **European Standard EN 14214: 2012+A1**. Brussels, Belgium: European Committee for Standardization, 2014.
- FAY, P. **The blue-greens (Cyanophyta-cyanobacteria)**. 5th ed. London: Edward Arnold Publishers, 1983. 88 p.
- FERREIRA, V. **Produção de B-glucosidase em *Saccharomyces cerevisiae* recombinante e avaliação de seu emprego no processo de hidrólise enzimática simultânea à fermentação para a produção de etanol de segunda geração**. 2010. Tese (Doutorado)-Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.
- FIGUEROA-TORRES, G. M. et al. Microalgal biomass as a biorefinery platform for biobutanol and biodiesel production. **Biochemical Engineering Journal**, Amsterdam, v. 153, p. 107396, 2020. <http://dx.doi.org/10.1016/j.bej.2019.107396>.
- FRANÇA, H. C. R. **Produção de ácido cítrico por cultivo em estado sólido em consórcio de *Aspergillus niger* e *Trichoderma reesei* a partir de bagaço de cana-de-açúcar**. 2016. Dissertação (Mestrado)-Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2016.
- FRANCISCO, É. C. et al. From waste-to-energy: the process integration and intensification for bulk oil and biodiesel production by microalgae. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, Amsterdam, v. 3, n. 1, p. 482-487, 2015. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jece.2014.12.017>.
- FUESS, L. T.; RODRIGUES, I. J.; GARCIA, M. L. Fertirrigation with sugarcane vinasse: foreseeing potential impacts on soil and water resources through vinasse characterization. **Journal of Environmental Science and Health. Part A, Toxic/Hazardous Substances & Environmental Engineering**, New York, v. 52, n. 11, p. 1063-1072, 2017. <http://dx.doi.org/10.1080/10934529.2017.1338892>. PMID:28737443.
- GREWAL, H. S.; KALRA, K. L. Fungal production of citric acid. **Biotechnology Advances**, Oxford, v. 13, n. 2, p. 209-234, 1995. [http://dx.doi.org/10.1016/0734-9750\(95\)00002-8](http://dx.doi.org/10.1016/0734-9750(95)00002-8). PMID:14537820.
- GUTIÉRREZ-CORREA, M.; VILLENA, G. K. Surface adhesion fermentation: a new fermentation category. **Revista Peruana de Biología**, Peru, v. 10, n. 2, p. 113-124, 2003.
- HARUN, R. et al. Bioprocess engineering of microalgae to produce a variety of consumer products. **Renewable & Sustainable Energy Reviews**, Amsterdam, v. 14, n. 3, p. 1037-1047, 2010. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2009.11.004>.
- HEREDIA-ARROYO, T. et al. Mixotrophic cultivation of *Chlorella vulgaris* and its potential application for the oil accumulation from non-sugar materials. **Biomass and Bioenergy**, Oxford, v. 35, n. 5, p. 2245-2253, 2011. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biombioe.2011.02.036>.
- HOARAU, J. et al. Sugarcane vinasse processing: Toward a status shift from waste to valuable resource: a review. **Journal of Water Process Engineering**, Netherlands, v. 24, p. 11-25, 2018. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jwpe.2018.05.003>.
- JAIN, A.; WEI, Y.; TIETJE, A. Biochemical conversion of sugarcane bagasse into bioproducts. **Biomass and Bioenergy**, Oxford, v. 93, p. 227-242, 2016. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biombioe.2016.07.015>.
- JESUS, G. C.; BASTOS, R. G.; SILVA, M. A. Production and characterization of alginate beads for growth of immobilized *Desmodesmus subspicatus* and its potential to remove potassium, carbon and nitrogen from sugarcane vinasse. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, Atlanta, v. 22, p. 101438, 2019. <http://dx.doi.org/10.1016/j.bcab.2019.101438>.
- KLEIN, B. C.; BONOMI, A.; MACIEL FILHO, R. Integration of microalgae production with industrial biofuel facilities: a critical review. **Renewable & Sustainable Energy Reviews**, Amsterdam, v. 82, p. 1376-1392, 2018. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2017.04.063>.
- KNOTHE, G. Production and properties of biodiesel from algal oils. In: BOROWITZKA, M. A.; MOHEIMANI, N. R. (Ed.). **Algae for biofuels and energy**. Dordrecht: Springer, 2013. p. 207-221. http://dx.doi.org/10.1007/978-94-007-5479-9_12.
- KNOTHE, G.; KRAHL, J.; GERPEN, J. V. **The biodiesel handbook**. 2nd ed. Urbana: Aocs Press, 2010. <http://dx.doi.org/10.1201/9781003040262>.
- KOYANDE, A. K. et al. Microalgae: a potential alternative to health supplementation for humans. **Food Science and Human Wellness**, China, v. 8, n. 1, p. 16-24, 2019. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fshw.2019.03.001>.
- KUMAR, D. et al. Citric acid production by solid state fermentation using sugarcane bagasse. **Process Biochemistry**, London, v. 38, n. 12, p. 1731-1738, 2003. [http://dx.doi.org/10.1016/S0032-9592\(02\)00252-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0032-9592(02)00252-2).
- LINDER, M. B. et al. Hydrophobins: the protein-amphiphiles of filamentous fungi. **FEMS Microbiological Reviews**, England, v. 29, n. 5, p. 877-896, 2005. <http://dx.doi.org/10.1016/j.femsre.2005.01.004>.
- LOPES, M. L. et al. Ethanol production in Brazil: a bridge between science and industry. **Brazilian Journal of Microbiology**, Rio de Janeiro, v. 47, n. Suppl 1, p. 64-76, 2016. <http://dx.doi.org/10.1016/j.bjm.2016.10.003>. PMID:27818090.
- LOURENÇO, S. O. **Cultivo de microalgas marinhas: princípios e aplicações**. São Carlos: RiMa, 2006.
- MACEDO, R. V. T. **Estudo da utilização do vinhoto como substrato para o crescimento de leveduras e bactérias fixadoras de nitrogênio de vida livre**. 1991. 151 f. Tese (Mestrado em Engenharia de Alimentos)-Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1991.
- MANETTI, A. G. S. **Avaliação do reúso da água residuária oriunda de uma indústria processadora de pescado utilizando *Aphanothece microscopica Nägeli***. 2008. 85 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência dos Alimentos)-Universidade Federal de Rio Grande, Rio Grande, 2008.
- MATA, T. M.; MARTINS, A. A.; CAETANO, N. S. Microalgae for biodiesel production and others applications: a review.

- Renewable & Sustainable Energy Reviews**, Amsterdam, v. 14, n. 1, p. 212-232, 2010. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2009.07.020>.
- MATOS, V. C.; BASTOS, R. G. Glucose profile on cultivation of *Aphanothece microscopica* Nägeli immobilized in calcium alginate beads. **Holos Environment**, Rio Claro, v. 11, n. 1, p. 96, 2011.
- MATTOS, L. F. A.; BASTOS, R. G. COD and nitrogen removal from sugarcane vinasse by heterotrophic green algae *Desmodesmus* sp. **Desalination and Water Treatment**, Hopkinton, v. 57, n. 20, p. 9465-9473, 2016. <http://dx.doi.org/10.1080/19443994.2015.1028454>.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO - MAPA. Secretaria de Produção e Agroenergia. **Plano Nacional de Agroenergia 2015-2016**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2016. 110 p.
- MONTAÑO, M. D. S. et al. Growth of *Desmodesmus subspicatus* green microalgae and nutrient removal from sugarcane vinasse clarified by electrocoagulation using aluminum or iron electrodes. **Dyna**, Medellín, v. 86, n. 211, p. 225-232, 2019. <http://dx.doi.org/10.15446/dyna.v86n211.72379>.
- MORAES, B. S.; ZAIAT, M.; BONOMI, A. Anaerobic digestion of vinasse from sugarcane ethanol production in Brazil: Challenges and perspectives. **Renewable & Sustainable Energy Reviews**, Amsterdam, v. 44, p. 888-903, 2015. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2015.01.023>.
- MORAIS, D. V.; BASTOS, R. G. Phycocyanin production by *Aphanothece microscopica* Nägeli in Synthetic Medium supplemented with sugarcane vinasse. **Applied Biochemistry and Biotechnology**, Clifton, v. 187, n. 1, p. 129-139, 2019. <http://dx.doi.org/10.1007/s12010-018-2811-6>. PMID:29911264.
- MORANÇAIS, M.; MOUGET, J.; DUMAY, J. Proteins and pigments. In: LEVINE, I. A.; FLEURENCE, J. (Ed.). **Microalgae in health and disease prevention**. London: Academic Press, 2018. p. 145-175. <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-811405-6.00007-4>.
- MORENO-GARRIDO, I. Microalgae immobilization: Current techniques and uses. **Bioresource Technology**, Barking, v. 99, n. 10, p. 3949-3964, 2008. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2007.05.040>. PMID:17616459.
- NADEEM, A. et al. Enhanced production of citric acid by *Aspergillus niger* M-101 using lower alcohols. **Türk Biyokimya Dergisi**, Ankara, v. 35, n. 1, p. 7-13, 2010.
- NAVARRO, A. R.; SEPÚLVEDA, M. C.; RUBIO, M. C. Bio-concentration of vinasse from the alcoholic fermentation of sugar cane molasses. **Waste Management**, New York, v. 20, n. 7, p. 581-585, 2000. [http://dx.doi.org/10.1016/S0956-053X\(00\)00026-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0956-053X(00)00026-X).
- OLIVEIRA, A. F.; CARVALHO, M. V.; BASTOS, R. G. Cultivation of *Aspergillus niger* on sugarcane bagasse with vinasse. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, n. 6, 2012.
- OLIVEIRA, H. T. **Utilização de vinhaça como meio de cultura para *Chlorella vulgaris* CCAP-211/11b**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 1988.
- OOIJKAAS, L. P. et al. Defined media and inert supports: their potential as solid-state fermentation production systems. **Trends in Biotechnology**, England, v. 18, n. 8, p. 356-360, 2000. [http://dx.doi.org/10.1016/S0167-7799\(00\)01466-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0167-7799(00)01466-9). PMID:10899817.
- PALMQVIST, E.; HAHN-HÄGERDAL, B. Fermentation of lignocellulosic hydrolyzate I: inhibition and detoxication. **Bioresource Technology**, Barking, v. 74, n. 1, p. 17-24, 2000. [http://dx.doi.org/10.1016/S0960-8524\(99\)00160-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0960-8524(99)00160-1).
- PANDEY, A. Solid state fermentation. **Biochemical Engineering Journal**, Amsterdam, v. 13, n. 2-3, p. 81-84, 2003. [http://dx.doi.org/10.1016/S1369-703X\(02\)00121-3](http://dx.doi.org/10.1016/S1369-703X(02)00121-3).
- PANDEY, A.; SOCCOL, C. R.; MITCHELL, D. New developments in solid-state fermentation: I-bioprocesses and products. **Process Biochemistry**, London, v. 35, n. 10, p. 1153-1169, 2000. [http://dx.doi.org/10.1016/S0032-9592\(00\)00152-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0032-9592(00)00152-7).
- PAPAGIANNI, M. Advances in citric acid fermentation by *Aspergillus niger*: biochemical aspects, membrane transport and modeling. **Biotechnology Advances**, Oxford, v. 25, n. 3, p. 244-263, 2007. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biotechadv.2007.01.002>. PMID:17337335.
- PAPAZI, A.; MAKRIDIS, P.; DIVANACH, P. Harvesting *Chlorella minutissima* using cell coagulants. **Journal of Applied Phycology**, Washington DC, v. 22, n. 3, p. 349-355, 2010. <http://dx.doi.org/10.1007/s10811-009-9465-2>.
- PEREZ-GARCIA, O. et al. Heterotrophic cultures of microalgae: metabolism and potential products. **Water Research**, Oxford, v. 45, n. 1, p. 11-36, 2011. <http://dx.doi.org/10.1016/j.watres.2010.08.037>. PMID:20970155.
- PINTO, P. A. et al. Influence of lignolytic enzymes on straw saccharification during fungal pretreatment. **Bioresource Technology**, Barking, v. 111, p. 261-267, 2012. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2012.02.068>. PMID:22406100.
- QUEIROZ, M. I. et al. The kinetics of the removal of nitrogen and organic matter from parboiled rice effluent by cyanobacteria in a stirred batch reactor. **Bioresource Technology**, Barking, v. 98, n. 11, p. 2163-2169, 2007. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2006.08.034>.
- RABELO, S. C.; PRADELLA, J. G. C.; IENCZAK, J. L. Produção de etanol de segunda geração. In: ALTERTHUM, F.; SCHIMIDELL, W.; LIMA, U. A. (Ed.). **Coleção Biotecnologia Industrial: processos fermentativos**. São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 2019. v. 3, p. 107-143.
- RATLEDGE, C. Fatty acid biosynthesis in microorganisms being used for single cell oil production. **Biochimie**, Paris, v. 86, n. 11, p. 807-815, 2004. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biochi.2004.09.017>. PMID:15589690.
- RICHMOND, A. **Handbook of microalgal culture: biotechnology and applied phycology**. Ames: Blackwell Science Ltda, 2004.
- ROBERTSON, R. et al. Algae-derived polyunsaturated fatty acids: implications for human health. In: CATALA, A. (Ed.). **Polyunsaturated fatty acids sources, antioxidant properties and health benefits**. New York: Nova Biomedical, 2013. p. 45-99.
- SABU, A. et al. L-Glutaminase production by marine *Beauveria* sp. under solid state fermentation. **Process Biochemistry**, London,

- v. 35, n. 7, p. 705-710, 2000. [http://dx.doi.org/10.1016/S0032-9592\(99\)00127-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0032-9592(99)00127-2).
- SEHNEM, N. T. et al. Second-generation ethanol production by *Wickerhamomyces anomalus* strain adapted to furfural, 5-hydroxymethylfurfural (HMF), and high osmotic pressure. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 92, p. e20181030, 2020. <http://dx.doi.org/10.1590/0001-3765202020181030>. PMID:33084752.
- SILVA, M. A. et al. GUENTER. Heterotrophic growth of green microalgae *Desmodesmus subspicatus* in ethanol distillation wastewater (vinasse) and lipid extraction with supercritical CO₂. **Journal of Chemical Technology and Biotechnology**, Oxford, v. 92, n. 3, p. 573-579, 2017. <http://dx.doi.org/10.1002/jctb.5035>.
- SINDHU, R. et al. Bioconversion of sugarcane crop residue for value added products: an overview. **Renewable Energy**, London, v. 98, p. 203-215, 2016. <http://dx.doi.org/10.1016/j.renene.2016.02.057>.
- SINGHANIA, R. R. et al. Recent advances in solid-state fermentation. **Biochemical Engineering Journal**, Amsterdam, v. 44, n. 1, p. 13-18, 2009. <http://dx.doi.org/10.1016/j.bej.2008.10.019>.
- SOCCOL, C. R. et al. Pilot scale biodiesel production from microbial oil of *Rhodospiridium toruloides* DEBB 5533 using sugarcane juice: performance in diesel engine and preliminary economic study. **Bioresource Technology**, Barking, v. 223, p. 259-268, 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2016.10.055>. PMID:27969577.
- VASCONCELOS, B. et al. Oleaginous yeasts for sustainable lipid production—from biodiesel to surf boards, a wide range of green applications. **Applied Microbiology and Biotechnology**, Berlin, v. 103, n. 9, p. 3651-3667, 2019. <http://dx.doi.org/10.1007/s00253-019-09742-x>. PMID:30911785.
- VISENTIN, T.G. **Produção de bioprodutos a partir do cultivo batelada e batelada alimentada de *Phormidium autumnale* em vinhaça de cana-de-açúcar**. 2020. Dissertação (Mestrado em Agricultura e Ambiente). Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2020.
- YAN, R. et al. Carbon metabolism and energy conversion of *Synechococcus* sp PCC7942 under mixotrophic conditions: comparison with photoautotrophic condition. **Journal of Applied Phycology**, Dordrecht, v. 26, n. 9, p. 657-668, 2011.
- YANG, Y. H. et al. Research on solid-state fermentation on rice chaff with a microbial consortium. **Colloids and Surfaces. B, Biointerfaces**, Amsterdam, v. 34, n. 1, p. 1-6, 2004. <http://dx.doi.org/10.1016/j.colsurfb.2003.10.009>. PMID:15261084.

O Centro de Ciências Agrárias e a Guarnição da Aeronáutica de Pirassununga: reunindo esforços para a conservação da biodiversidade no estado de São Paulo

The Center for Agricultural Sciences and the Air Force Garrison of Pirassununga: joining efforts for the conservation of biodiversity in the state of São Paulo

Renata Sebastiani^{1,2} 
 Emmanuélly Maria de Souza Fernandes³ 
 Giselle Mendes Guirelli⁴ 
 Israel Henrique Buttner Queiroz⁵ 
 José Victor da Silva⁶ 
 Julia Mortatti Monarcha⁷ 
 Lucas Ribeiro Correa⁸ 
 Margareth Lumy Sekiama⁹ 
 Mário Giovanini Antas de Freitas¹⁰ 
 Samara Thays Moreira Muller¹¹ 
 Silvana Barros Silva¹² 
 Vlamir José Rocha¹³ 

¹Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais, Araras, SP, Brasil. sebastiani@ufscar.br

²Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências e Matemática, Araras, SP, Brasil.

³Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-graduação em Agroecologia e Desenvolvimento Rural, Araras, SP, Brasil. emmanuelly.fernandes@gmail.com

⁴Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Centro de Ciências Agrárias, Araras, SP, Brasil. giselleguirelli@estudante.ufscar.br

⁵Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, São Carlos, SP, Brasil. ih.bq@hotmail.com

⁶Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais, São Carlos, SP, Brasil. tgf_jose@hotmail.com

⁷Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Programa de Pós-graduação em Conservação da Fauna, São Carlos, SP, Brasil. monarcha.jm@gmail.com

⁸Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Centro de Ciências Agrárias, Araras, SP, Brasil. lrc.lucas@yahoo.com.br

⁹Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Centro de Ciências Agrárias, Araras, SP, Programa de Pós-graduação em Conservação da Fauna São Carlos, SP, Brasil. margareth@ufscar.br

¹⁰Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais, São Carlos-SP, Brasil. marinhoga@gmail.com

¹¹Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Programa de Pós-graduação em Conservação da Fauna São Carlos, SP, Brasil. samara.lmoreira@gmail.com

¹²Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais, São Carlos, SP, Brasil. silvana.barros@estudante.ufscar.br

¹³Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Centro de Ciências Agrárias, Araras, SP, Programa de Pós-graduação em Conservação da Fauna, São Carlos, SP, Brasil. vlamir@ufscar.br



Este é um capítulo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença [Creative Commons Attribution](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

RESUMO A Guarnição da Aeronáutica de Pirassununga possui fragmentos florestais essenciais para a manutenção da biodiversidade da Bacia do Rio Mogi Guaçu, conforme comprovam os estudos até o momento. A Guarnição apresenta fragmentos de Cerrado, Floresta Estacional e Floresta Ciliar que não tinham sido estudados até então. Como destaque, é possível indicar três novas ocorrências de espécies vegetais para o estado de São Paulo, a presença de cinco espécies vegetais ameaçadas de extinção, além da delimitação de um dos maiores fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual da Bacia do Rio Mogi Guaçu. Em relação à fauna, os estudos se concentram no grupo dos mamíferos, com destaque para os morcegos, com 18 espécies registradas, além de 12 espécies de médios e grandes mamíferos registradas, sendo quatro ameaçadas de extinção. Outros grupos de seres, como políporos (fungos) e formigas, também têm revelado dados importantes sobre os serviços ecossistêmicos dos fragmentos presentes na Guarnição. Todos esses dados só têm sido obtidos por meio da parceria bem-sucedida entre a Guarnição e a UFSCar.

Palavras-chave: Biodiversidade; mamíferos; Cerrado; Floresta Ciliar; Floresta Estacional Semidecidual; Rio Mogi Guaçu.

ABSTRACT (The Agricultural Science Center and the Air Force of Pirassununga: joining efforts to conserve biodiversity in the São Paulo state) The Air Force of Pirassununga has forest fragments that are essential for the maintenance of the biodiversity of the Mogi Guaçu River Basin, as studies so far prove. The Air Force presents fragments of Cerrado (Brazilian savannah), Seasonal Semideciduous Forest and Riparian Forest that had not been until studied. As a highlight, it is possible to indicate three new occurrences of plant species for the São Paulo state, the presence of five plant species threatened, in addition to the delimitation of one of the largest fragments of Seasonal Semideciduous Forest in the Mogi Guaçu River Basin. Regarding the fauna, the studies focus on the mammal's group, with emphasis on bats with 18 species recorded, in addition to 12 species of medium and large mammals recorded, four of which are threatened. Other groups of beings,

such as polypore (fungi) and ants have also revealed important data on the ecosystem services of the fragments present in the Air Force. All this data has only been obtained due to the successful partnership between Air Force and UFSCar.

Keywords: Biodiversity; mammals; Brazilian savannah; Riparian Forest; Seasonal Semideciduous Forest; Mogi Guaçu River.

1. INTRODUÇÃO

No estado de São Paulo, a vegetação remanescente está altamente fragmentada, e cerca de 80% dos fragmentos apresentam menos de 20 hectares (ha) (KRONKA et al., 2005; NALON; MATTOS; FRANCO, 2008). Embora estes remanescentes estejam fragmentados e formados por pequenas “ilhas” isoladas, em sua grande maioria envoltas por pastagens e monoculturas (KRONKA et al., 2005), ainda são extremamente importantes na manutenção da biodiversidade local. Atualmente, a cobertura de Mata Atlântica e suas fitofisionomias representam 16,3% do estado, sendo que a maioria se apresenta em fragmentos pequenos (RIBEIRO et al., 2009; FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA, 2019), enquanto a vegetação de Cerrado foi diminuída a menos de 7% da cobertura original (DURIGAN et al., 2008).

A Floresta Estacional (domínio da Mata Atlântica) e o Cerrado foram os domínios mais devastados, ambos exibindo hoje menos de 10% da cobertura previamente existente, além de estarem pouco representados em Unidades de Conservação (DURIGAN; SIQUEIRA; FRANCO, 2007). Estes remanescentes têm sua função de conservação da biodiversidade comprometida devido à fragmentação, urbanização e pressão agrícola (KRONKA et al., 2005; RODRIGUES; BONONI, 2008). Dentre as principais ações propostas para a conservação da biodiversidade no estado de São Paulo, destacam-se a criação de mosaicos de corredores ecológicos e a coleta de dados biológicos (METZGER et al., 2008).

Em 2014, o Centro de Ciências Agrárias (CCA) da UFSCar estabeleceu parceria com a Guarnição da Aeronáutica de Pirassununga, o que permitiu que docentes e estudantes de graduação e pós-graduação pudessem realizar atividades de pesquisa envolvendo fauna, funga e flora em seus fragmentos florestais. A Guarnição conta com uma área aproximada de 6.500 ha, dos quais cerca de 2.000 ha são ocupados por fragmentos de vegetação nativa às margens do Rio Mogi Guaçu (Figura 1). Essa vegetação foi inicialmente preservada para treinamento militar; no entanto, atualmente há também preocupação com a conservação da biodiversidade por parte da Guarnição, motivo pelo qual foi concedida a autorização para atividades de pesquisa em seus fragmentos (SEBASTIANI et al., 2022).

Nesse contexto, é possível observar que a Guarnição é de relevante importância para a conservação da biodiversidade da bacia do Rio Mogi Guaçu (UGRHI de Mogi Guaçu). Apesar de não constituir uma Unidade de Conservação, tra-

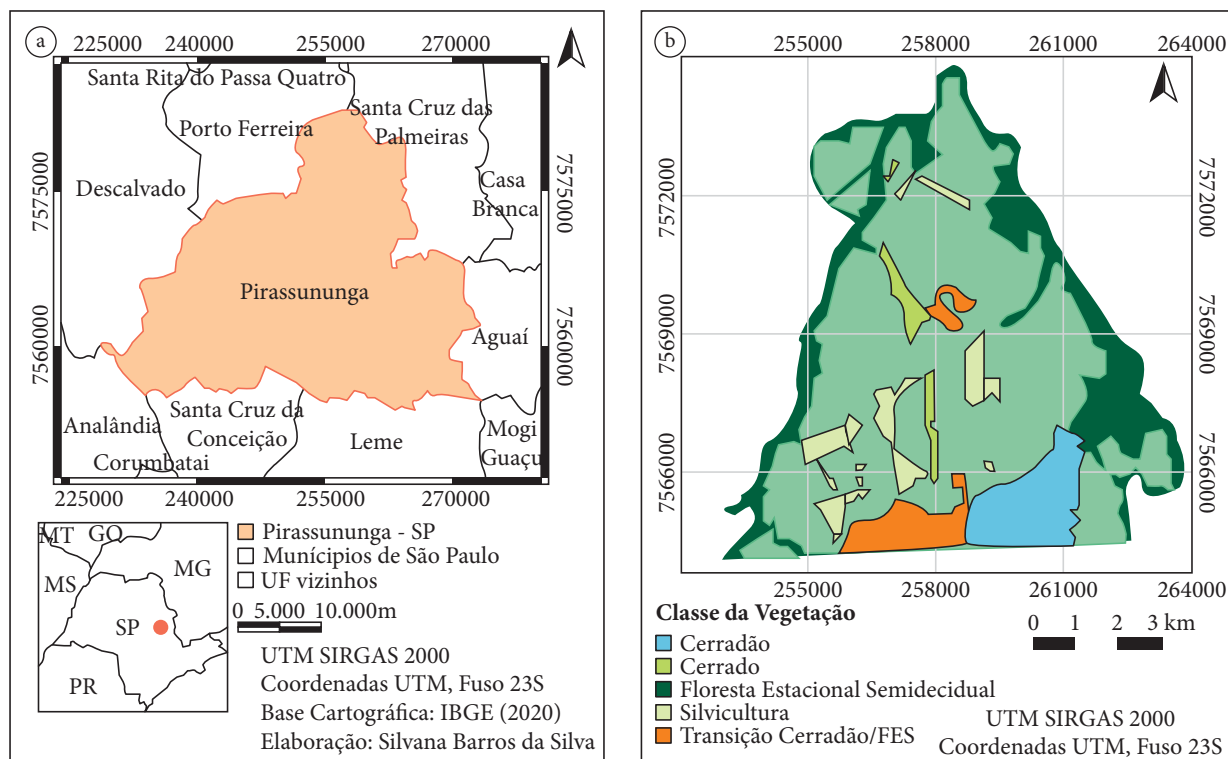
ta-se de uma área contendo fragmentos florestais amplos e bem protegidos. Considerando o atual estado de conservação da vegetação nativa do estado de São Paulo, é fundamental que universidades e outras instituições públicas de grande relevância no cenário nacional realizem estudos em fragmentos florestais contendo espécies nativas de animais, vegetais e fungos.

Assim, este capítulo apresenta detalhes sobre os estudos realizados até o momento, com informações preliminares sobre as formações vegetais representadas na Guarnição, assim como estudos de fauna, funga e flora conduzidos, com ênfase em novidades sobre novas ocorrências de espécies, tamanhos de fragmentos florestais, levantamento de dados a partir de coleções biológicas e importância da área para a conservação da biodiversidade da Bacia do Rio Mogi Guaçu e do estado de São Paulo.

2. OS MAMÍFEROS DA GUARNIÇÃO DA AERONÁUTICA DE PIRASSUNUNGA

A perda e a fragmentação de habitats são umas das maiores e mais preocupantes ameaças aos vertebrados terrestres, incluindo os mamíferos (LYRA-JORGE; CIOCHETI; PIVELLO, 2008; LYRA-JORGE et al., 2010; LINO et al., 2019). No Brasil, é comum que a vegetação nativa se encontre restrita a remanescentes menores envoltos por matrizes com modificação antrópica, impactando a fauna (LYRA-JORGE et al., 2010). Essa combinação dos processos de perda e fragmentação do habitat pode levar à diminuição do tamanho populacional e riqueza de espécies, diminuição da área de distribuição, entre outros fatores que podem, inclusive, acarretar um processo de extinção local (LYRA-JORGE; CIOCHETI; PIVELLO, 2008; LINO et al., 2019). Com altos níveis de ocupação humana, o estado de São Paulo apresenta sua vegetação bastante fragmentada, impactando diretamente a fauna local (LYRA-JORGE; CIOCHETI; PIVELLO, 2008).

Um dos grupos mais ameaçados pelos efeitos antrópicos são os mamíferos. No território brasileiro, podem ser encontradas 770 espécies (ABREU et al., 2021), das quais muitas estão desaparecendo, afetadas diretamente pelas ações humanas. Esse desaparecimento vem trazendo consequências ambientais sérias, uma vez que esses animais desempenham papéis fundamentais na regulação e estruturação das florestas, atuando em diferentes serviços ecológicos,



As coleções botânicas foram obtidas basicamente através coleta de três ramos

FIGURA 1 - Guarnição da Aeronáutica de Pirassununga. (A) Localização do município de Pirassununga. (B) Classes de vegetação presentes na Guarnição da Aeronáutica de Pirassununga. Fonte: Sebastiani et al. (2022).

tais como polinização, dispersão de sementes, controladores de insetos e interações da cascata trófica (BERNARD, 2002; BROWN, 2014; ROSSI et al., 2020). Por apresentarem diversos papéis ecológicos e terem exigência quanto à qualidade do ambiente, alguns mamíferos também são considerados um bom grupo indicador da integridade dos ecossistemas (CEBALLOS; EHRlich, 2002; JORGE et al., 2013). Como forma de minimizar os impactos das ações humanas, faz-se necessária a implantação de medidas de conservação urgente para esse grupo.

Uma das regiões paulistas que possuem grande diversidade de espécies de mamíferos é a que se encontra no município de Pirassununga/SP, nos limites da Guarnição da Aeronáutica de Pirassununga, que está inserida em uma das maiores áreas remanescentes de transição entre fragmentos de Cerrado e de Mata Atlântica da região (MÜLLER, 2016; FERNANDES; SEBASTIANI; SAIS, 2022a). As áreas militares já foram descritas como parte importante do processo de proteção à biodiversidade, por causa da grande extensão que ocupam e do ecossistema que guardam, protegendo do acesso público (ARIMORO et al., 2017). Além disso, essas áreas também podem desacelerar o processo de uso e ocupação do solo, favorecendo a regeneração da vegetação na-

tiva e contribuindo para a conservação da biodiversidade nos biomas brasileiros (ARIMORO et al., 2017).

Neste contexto de conservação da biodiversidade, desde 2014 o Laboratório de Fauna da UFSCar, campus Araras, vem desenvolvendo trabalhos de pesquisas nesta importante área do estado de São Paulo, especificamente com foco nos mamíferos, grupo do qual foram avaliadas a riqueza, diversidade e abundância de espécies que ocorrem nas fitofisionomias típicas de fragmentos do bioma Cerrado e Mata Atlântica. Os métodos de registros desses animais foram por meio do uso de armadilhas fotográficas, observação direta, evidências indiretas, como presença de pegadas e fezes, e capturas com redes de neblina para os morcegos.

Até o momento já foi registrado um total de 34 espécies de mamíferos, das quais 15 são de médio e grande porte e 19 de morcegos (Quadro 1). Alguns destes mamíferos registrados se encontram na lista das espécies ameaçadas de extinção a nível estadual ou nacional (SÃO PAULO, 2009; INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE, 2018) (Figura 2). Destaca-se que, em um trabalho realizado na área de Cerrado da Guarnição, em 2015, sobre a ocorrência e os hábitos alimentares do lobo-guará (*Chrysocyon brachyurus*), registrou-se, por meio de análise

QUADRO 1 - Lista das espécies de mamíferos registradas na Guarnição da Aeronáutica de Pirassununga entre o período de 2014 a 2020.

Espécies	Nome popular	Ocorrência		Categoria de ameaça
		CE	MA	
DIDELPHIMORPHIA				
Didelphidae				
<i>Didelphis albiventris</i> Lund, 1840	Gambá-de-orelha-branca	X	X	NA
<i>Didelphis aurita</i> (Wied-Neuwied, 1826)	Gambá-de-orelha-preta		X	NA
CINGULATA				
Dasypodidae				
<i>Dasypus novemcinctus</i> Linnaeus, 1758	Tatu-galinha	X		NA
PILOSA				
Myrmecophagidae				
<i>Tamandua tetradactyla</i> (Linnaeus, 1758)	Tamanduá-mirim	X	X	NA
PRIMATE				
Cebidae				
<i>Sapajus nigritus</i> (Goldfuss 1809)	Macaco-prego		X	NT**
RODENTIA				
Caviidae				
<i>Hydrochoerus hydrochaeris</i> (Linnaeus, 1766)	Capivara	X		NA
Dasyproctidae				
<i>Dasyprocta azarae</i> Lichtenstein, 1823	Cutia	X	X	NA
LAGOMORPHA				
Leporidae				
<i>Sylvilagus brasiliensis</i> (Linnaeus, 1758)	Tapiti		X	NA
<i>Lepus europaeus</i> (Pallas, 1778)*	Lebre-europeia	X		NA
CHIROPTERA				
Phyllostomidae				
Carollinae				
<i>Carollia perspicillata</i> (Linnaeus, 1758)	Morcego-da-cauda-curta	X	X	NA
Desmodontinae				
<i>Desmodus rotundus</i> (É. Geoffroy, 1810)	Morcego-vampiro	X	X	NA
Stenodermatinae				
<i>Artibeus lituratus</i> (Olfers, 1818)	Morcego-de-listras-brancas	X	X	NA
<i>Artibeus planirostris</i> (Spix, 1823)	Morcego-das-frutas	X	X	NA
<i>Artibeus fimbriatus</i> Gray, 1838	Morcego-das-frutas	X	X	NA
<i>Platyrrhinus lineatus</i> (É. Geoffroy, 1810)	Morcego-das-frutas-listrado	X	X	NA
<i>Sturnira lilium</i> (É. Geoffroy, 1810)	Morceguinho-das-frutas		X	NA
<i>Vampyressa pusilla</i> (Wagner, 1843)	Morcego-de-orelha-amarela	X	X	NA
Glossophaginae				
<i>Glossophaga soricina</i> (Pallas, 1766)	Morcego-beija-flor	X	X	NA
<i>Anoura caudifer</i> (É. Geoffroy, 1818)	Morcego-beija-flor-focinhudo	X	X	NA
Phyllostominae				
<i>Chrotopterus auritus</i> (Peters, 1856)	Morcego-orelhudo		X	NA
<i>Phyllostomus discolor</i> (Wagner, 1843)	Morcego	X	X	NA
Micronycterinae				

Categorias de ameaça: NA = Não ameaçado; DD = Deficientes em dados; NT = Quase ameaçado; VU = Vulnerável *Espécie exótica à fauna brasileira **Categorias de ameaça apenas para o estado de São Paulo.

QUADRO 1 - Continuação...

Espécies	Nome popular	Ocorrência		Categoria de ameaça
		CE	MA	
<i>Micronycteris microtis</i> Miller, 1898	Morcego-de-orelha-grande	X		
Noctilionidae				
<i>Noctilio</i> sp. Linnaeus, 1766	Morcego-pescador	X	NA	
Molossidae				
Molossinae				
<i>Molossops temminckii</i> (Burmeister, 1854)	Morcego-de-Temminchi		X	DD **
<i>Molossus molossus</i> Pallas, 1766	Morcego-de-cauda-grossa		X	NA
Vespertilionidae				
Myotinae				
<i>Myotis riparius</i> Handley, 1960	Morceguinho-ribeirinho	X		NA
<i>Myotis albescens</i> (É. Geoffroy, 1806)	Morceguinho-da-barriga-prateada	X	X	DD **
<i>Myotis nigricans</i> (Schinz, 1821)	Morceguinho-preto		X	NA
CARNIVORA				
Felidae				
<i>Leopardus guttulus</i> (Hensel, 1872)	Gato-do-mato	X		VU
<i>Leopardus pardalis</i> (Linnaeus, 1758)	Jagatirica	X	X	NA
<i>Puma concolor</i> (Linnaeus, 1771)	Onça-parda	X	X	VU
Canidae				
<i>Chrysocyon brachyurus</i> (Illiger, 1815)	Lobo-guará	X		VU
<i>Cerdocyon thous</i> (Linnaeus, 1766)	Cachorro-do-mato	X	X	NA
ARTIODACTYLA				
Cervidae				
<i>Subulo gouazoubira</i> (G. Fischer, 1814)	Veado-catingueiro	X		NA

Categorias de ameaça: NA = Não ameaçado; DD = Deficientes em dados; NT = Quase ameaçado; VU = Vulnerável *Espécie exótica à fauna brasileira **Categorias de ameaça apenas para o estado de São Paulo.

genética das fezes, a presença de pelo menos 17 lobos circulando pela área e apresentando uma dieta bem variada com 49,7% de itens vegetais, principalmente frutos, e 50,3% de itens animais (MULLER et al., em fase de elaboração).

Estes resultados do levantamento das espécies de mamíferos ainda são iniciais e há a necessidade de se dar continuidade com estudos futuros, inclusive englobando outros grupos da fauna, como peixes, anfíbios, répteis e aves, além de invertebrados, todos importantes elementos constituintes desses biomas.

3. ESTUDOS NA VEGETAÇÃO DA GUARNIÇÃO DA AERONÁUTICA DE PIRASSUNUNGA

Também a partir de 2014, o Grupo de Estudos e Pesquisas em Sistemática Vegetal (GEPVS) da UFSCar, campus Araçaras, passou a conduzir estudos sobre a formação vegetal, a flora e a funga da Guarnição como forma de contribuir pa-

ra a conservação da biodiversidade local. Assim, foram realizados até o momento levantamentos florísticos preliminares (indivíduos adultos e plântulas) da floresta ciliar do Rio Mogi Guaçu nos limites da Guarnição, mapeamento da composição e estudos iniciais para a caracterização dos fragmentos florestais, estudos de interação planta-formiga e levantamento de fungos políporos presentes em toda a área da Guarnição. A seguir, serão citados brevemente os principais resultados desses estudos.

A fragmentação florestal, um dos resultados diretos das ações antrópicas no ambiente, ameaça a conservação da biodiversidade, pois gera a ruptura da unidade da paisagem, o que, conseqüentemente, ocasiona perda do equilíbrio natural presente nos ecossistemas (VIANA; PINHEIRO, 1998; ANDRADE et al., 2020). Por esse motivo, em um dos estudos conduzidos, foram realizados o mapeamento e a análise da estrutura e composição de todos os fragmentos florestais presentes na Guarnição. Assim, efetuou-se uma análise



FIGURA 2 - Espécies de mamíferos registradas na Guarnição da Aeronáutica de Pirassununga, que estão sob algum grau de ameaça de extinção a nível estadual ou nacional. (A) Onça-parda (*Puma concolor*) (B) Jaguaritica (*Leopardus pardalis*); (C) Lobo-guará (*Chrysocyon brachyurus*). D) Macaco-prego (*Sapajus nigritus*).
Fotos: Autores.

espacial a fim de compreender a estrutura dos fragmentos que compõem a área, bem como conhecer a biodiversidade local e seu comportamento (FERNANDES; SEBASTIANI; SAIS, 2022a). Para tanto, realizou-se o processamento de imagens Landsat 8 no *software* livre QGIS, versão 2.18, tornando possível a digitalização das formações vegetais, além da obtenção do índice de forma (Shape Index) e do índice da vegetação por diferença normalizada (NDVI - Normalized Difference Vegetation Index).

A partir deste estudo, concluiu-se que a Guarnição possui cerca de 2.000 ha de vegetação nativa, com destaque para as seguintes formações vegetais: Floresta Estacional Semidecidual (FES) (1.173 ha), Transição Floresta Ciliar/FES (122 ha), Cerrado (122 ha), Cerradão (446 ha), Transição Cerrado/FES (259 ha), além das áreas de Várzea (252 ha) e de Silvicultura em processo de restauração natural por espécies nativas (259 ha) (FERNANDES; SEBASTIANI; SAIS,

2022a). Como áreas mais extensas, citam-se alguns fragmentos pertencentes à FES e ao Cerradão, que apresentam tamanho entre 200 e 491 ha. Quanto ao NDVI, observou-se que nos períodos avaliados ambos demonstraram um comportamento concernente à amplitude pluviométrica (com base no ano de 2018); sendo assim, no verão a vegetação se revela mais densa do que no inverno, em que a perda de biomassa faz com que o índice apresente valores mais baixos (FERNANDES; SEBASTIANI; SAIS, 2022a).

O fragmento de Cerradão (446 ha) citado tem sido estudado de forma mais detalhada atualmente, durante o desenvolvimento de uma dissertação de mestrado (PPGCAM, UFSCar), em que se busca analisar a viabilidade das medidas do NDVI e a posição de borda vermelha do Sentinel 2 (S2REP). O propósito é confirmar o tipo de vegetação inicialmente indicado, pois trata-se de uma área pouca estudada, que ainda não dispõe de levantamen-

to florístico e, durante as saídas de campo previamente realizadas, verificou-se que existem algumas espécies arbóreas que se destoam das demais em altura e estrutura, bem como a presença de muitas lianas, dificultando a movimentação dentro da área. Tais evidências levantaram a hipótese de que a vegetação classificada como Cerradão poderia ser FES ou mesmo uma área de transição. De acordo com Durigan, Ramos e Franco (2012), o adensamento da vegetação do Cerrado de forma geral pode modificar o Cerrado propriamente dito em Cerradão, ecótonos ou em FES, alterando a estrutura e a ocorrência das espécies e, conseqüentemente, a classificação da área, prejudicando a proteção e o manejo no local. Portanto, futuros estudos deverão envolver trabalho de campo para levantamentos florísticos, fitossociológicos e análise de solo para comprovar a fitofisionomia do fragmento tido como Cerradão, uma vez que tais estudos fornecem dados sobre a distribuição geográfica, a riqueza em cada área, os arranjos, o funcionamento, o crescimento das espécies (CHAVES et al., 2013) e auxiliam na distinção de fitofisionomias (RIBEIRO; WALTER, 1998).

O fragmento de transição entre Cerrado/FES (259 ha) anteriormente citado também foi mais profundamente estudado em uma dissertação de mestrado (PPGCAM, UFSCar), desta vez usando como ferramenta a distribuição de bromélias. Parte dessa dissertação traz um estudo sobre a distribuição espacial dos espécimes da família Bromeliaceae nesse fragmento da Guarnição. Esta área foi escolhida por se tratar de uma região que possui um grande represamento de água, que permitiu a exposição do fragmento à alta umidade. Para esse estudo, foi preparada uma parcela de 1 ha cujas delimitações foram parametrizadas com o auxílio de ferramentas de geoprocessamento. Por meio de coletas aleatórias e visitas planejadas, foram mapeados todos os espécimes de Bromeliaceae presentes na parcela. Em conjunto, suas características morfológicas, anatômicas e, principalmente, taxonômicas foram analisadas, para se discutir quais características dentro da diversidade de Bromeliaceae podem influenciar a distribuição espacial delas nessa área de transição. Assim, como um dos resultados, observou-se que espécies de bromélias que formam tanque (distribuição das folhas de forma que há retenção de água entre elas) estão mais presentes na porção mais seca do fragmento de transição estudado, mas podem também permanecer na margem mais úmida, enquanto as espécies sem tanque estão mais presentes na margem úmida. Excepcionalmente *Tillandsia pohliana* Mez. está distribuída de forma ampla em toda a parcela. Essa espécie não possui tanque, mas o seu formato se aproxima ao de uma roseta convencional presente nas bromélias com tanque, diferentemente dos demais representantes sem tanque de *Tillandsia*. Esses dados sugerem que o caráter transicional do fragmento influencia a distribuição das espécies vegetais, considerando seus

aspectos morfológicos. No entanto, estudos florísticos ainda precisam ser feitos no fragmento em questão.

Atualmente, estima-se a ocorrência de cerca de 5.500 espécies de fanerógamas (gimnospermas e angiospermas) no estado de São Paulo, das quais cerca de 10% correspondem a espécies-alvo (METZGER et al., 2008). Para esse grupo, especial atenção deve ser dada à elaboração de inventários biológicos (DURIGAN et al., 2008). Dessa forma, atentou-se à coleta de material botânico de angiospermas desde o início dos estudos florísticos nos fragmentos florestais da Guarnição, cujas coleções estão em processo de depósito no herbário recém-inaugurado no CCA. O estudo dessas coleções permite caracterizar melhor os fragmentos florestais já reconhecidos para a Guarnição.

Entre os estudos florísticos mais adiantados, pode-se destacar a lista preliminar da Floresta Ciliar do Rio Mogi Guaçu nos limites da Guarnição, em que foram reconhecidas até o momento 153 espécies pertencentes a 44 famílias de angiospermas (SEBASTIANI et al., 2022). Destas espécies, cinco sofrem algum grau de ameaça no estado de São Paulo – *Euterpe edulis* Mart. (Arecaceae), *Cariniana legalis* (Mart.) Kuntze (Lecythidaceae), *Cedrela fissilis* Vell. (Meliaceae), *Peperomia veloziana* Miq. (Piperaceae) e *Gouania ulmifolia* Hook. & Arn. (Rhamnaceae) – e três são consideradas novas ocorrências para o mesmo estado – *Goepertia flavescens* (Lindl.) Borchs. & S. Suárez (Maranthaceae), *Ficus nymphaeipholia* Mill. e *Combretum leprosum* Mart. (Combretaceae) (Figuras 3A e 3B). Esses dados revelam a alta diversidade florística da Floresta Ciliar presente na Guarnição, contribuindo, sobretudo, para a conservação do Rio Mogi Guaçu.

Os trabalhos com classificação e identificação botânica são fundamentais a fim de gerar informações para outros estudos, programas de recuperação e manejo de áreas naturais (FRIGIERI et al., 2016). Para Higuchi (2003), identificar frutos, sementes, mudas e plântulas das espécies arbóreas presentes na floresta é de relevante importância e auxilia na identificação das espécies presentes na vegetação. As características morfológicas das plântulas podem diferir das presentes nos adultos, enquanto as de mesmo gênero geralmente possuem semelhanças (HIGUCHI, 2003). Por esse motivo, Queiroz, Viani e Sebastiani (2021) realizaram um estudo em que foram coletadas 116 plântulas na Floresta Ciliar do Rio Mogi Guaçu presente na Guarnição, bem como foram germinadas as sementes encontradas na mesma área, reconhecendo ao todo 56 espécies. Também Fernandes, Queiroz e Sebastiani (2022b) analisaram o banco de sementes da Floresta Ciliar da Guarnição, reconhecendo 40 espécies obtidas por meio de germinação em estufa de sementes presentes em amostras de solo. Esses dados revelam que a Floresta Ciliar da Guarnição contém em seu solo biodiversidade suficiente não só para sua manutenção, mas também para uso como fonte de propágulos para restauração florestal.

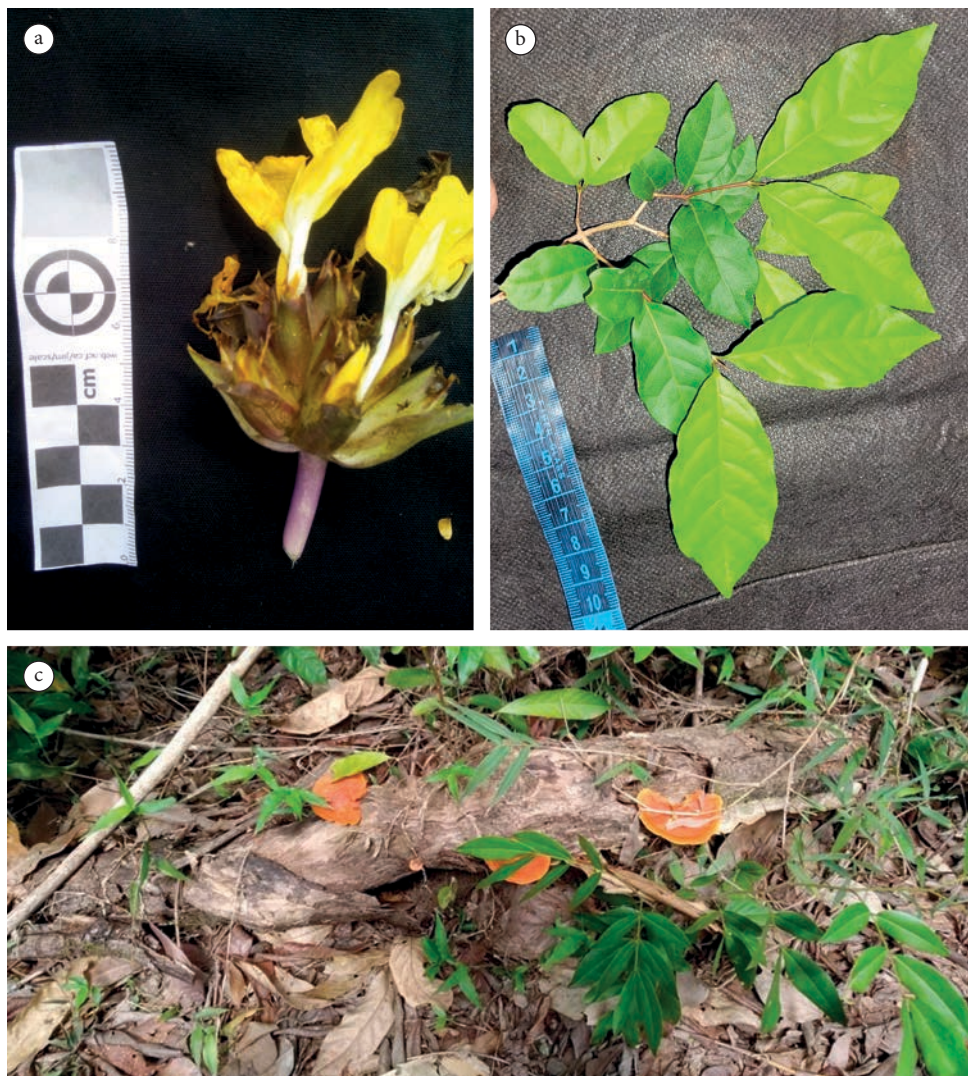


FIGURA 3 - Espécies de plantas e fungos registradas na Guarnição da Aeronáutica de Pirassununga. (A) Inflorescência de *Goeppertia flavescens* (Lindl.) Borchs. & S.Suárez (Maranthaceae); (B) Folhas de *Combretum leprosum* Mart. (Combretaceae); (C) Fungos políporos (em laranja) se desenvolvendo em madeira na serapilheira.
Fotos: Autores.

Como bem destacado para o estudo dos mamíferos da Guarnição, a vegetação nativa desempenha papel fundamental para a manutenção da fauna local, mas não só para este grupo de animais. A interação entre plantas e insetos também ocorre de várias formas, presente desde o processo de polinização até a proteção contra herbivoria. Nesse caso, algumas plantas produzem nectários em suas folhas para atrair insetos, os quais, por sua vez, vão repelir a presença de outros animais para predação tais plantas, como é o caso da relação entre espécies de Malpighiaceae (angiosperma) e formigas. Tendo em vista esse fato, estão sendo coletadas as formigas presentes em quatro espécies de Malpighiaceae nativas de Cerrado (*Banisteriopsis variabilis* B.Gates,

Byrsonima intermedia A.Juss., *Byrsonima verbascifolia* (L.) DC. e *Mascagnia cordifolia* (A.Juss.) Griseb.). Até o momento, foram reconhecidas 16 espécies de formigas pertencentes aos gêneros *Myrmicinae* (cinco espécies), *Camponotus* (quatro), *Brachymyrmex* (três) e *Pseudomyrmex* (três) e *Cephalotes* (uma). Do total de espécies, apenas uma é considerada invasora, sendo as demais nativas da área de estudo. Considerando que as espécies de formigas coletadas nas plantas citadas são, em sua maioria, generalistas e que as plantas estavam próximas de uma área de canal, pode-se inferir que a presença de vegetação nativa pode manter determinados grupos de animais distantes de áreas de monocultura. No entanto, outros estudos podem ser con-

duzidos para mais informações a respeito dessa vantagem na relação entre a presença de vegetação nativa e a monocultura envolvendo formigas.

No que se refere ao levantamento de fungos, até o momento foi realizada a funga do grupo dos políporos durante uma dissertação de mestrado (PPGCAM, UFSCar). Políporos são um grupo de fungos que formam cogumelos de aspecto peculiar, comumente parecidos com plataformas ou gavetas, muitas vezes chamados de orelhas-de-pau (Figura 3C). Além da aparência incomum, esses fungos têm outra característica marcante: são de longe os principais responsáveis pela decomposição de árvores mortas e, por isso, têm um papel crucial no funcionamento de diversos ecossistemas, sobretudo florestas. A biodiversidade de políporos é imensa, e ainda há muito para se aprender acerca dela, sendo levantamentos em campo uma ferramenta crucial para expandir esse conhecimento.

A Guarnição é uma área de grande interesse para estudos acerca da biodiversidade de fungos por conter grandes fragmentos de vegetação nativa de diferentes tipos (Mata Atlântica e Cerrado) em proximidade espacial, sendo, assim, um importante retrato da vegetação nativa do interior do estado de São Paulo. Tais características tornam a área um ponto-chave para estudos de campo envolvendo coletas, atribuindo a ela um forte potencial para produção de conhecimento sobre a biodiversidade de fungos do interior do estado. No trabalho com fungos feito na Guarnição, foram encontradas 18 morfospécies, em que se constatou que a principal variável na distribuição desses fungos não foi o tipo de vegetação conforme se imaginava, mas sim a estação do ano (úmida ou seca), o que ilustra a importância de mais estudos sobre o grupo.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

É justamente por dispor de ecótonos com diferentes formações, as quais com alto grau de conservação, que a Guarnição se faz um importante espaço para a conservação da biodiversidade (ZANDONADI et al., 2015). Por meio dos estudos de fauna, funga e flora conduzidos pela equipe do CCA da UFSCar desde então, tem-se contribuído para o reconhecimento de uma área de importante interesse para a conservação da biodiversidade do estado de São Paulo nunca antes estudada. Até o momento, a equipe do CCA tem desenvolvido cerca de 10 trabalhos de conclusão de curso, 16 iniciações científicas e sete dissertações de mestrado nas áreas de vegetação nativa da Guarnição. Novos estudos sobre mamíferos e angiospermas têm sido conduzidos. Todos esses estudos favorecerão a criação de corredores ecológicos ligando a Guarnição às Unidades de Conservação próximas (tais como E.E. e E.Ec. Mogi-Guaçu, E.E. de Luis Antônio, E.Ec. do Jataí, E.E. de Santa Rita do Passa Quatro e P.E. de Vasununga), além de propor medidas de manejo para a conservação da biodiversidade da Bacia do Rio Mogi Guaçu.

Todos os dados aqui expostos só foram obtidos em razão da parceria entre a Guarnição e a UFSCar, em que a instituição militar não só autorizou, mas também permitiu que a universidade pudesse usar seus fragmentos como um laboratório para a formação de estudantes de graduação e pós-graduação. Em contrapartida, a UFSCar disponibiliza esses dados integralmente à Guarnição, para que continue conservando a biodiversidade presente em seus fragmentos.







REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, E. F. et al. **Lista de mamíferos do Brasil (2021-2)**. Genève: Zenodo, 2021. <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.5802047>.
- ANDRADE, Á. S. et al. Fragmentação da vegetação da bacia hidrográfica do Rio Marapanim, nordeste do Pará. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 30, n. 2, p. 406-420, 2020. <http://dx.doi.org/10.5902/1980509835074>.
- ARIMORO, O. A. S. et al. Artillery for conservation: the caso of the mammals protected by the Formosa Military Training Area, Brazil. **Tropical Conservation Area**, Washington, v. 10, p. 1-13, 2017.
- BERNARD, E. Diet, activity and reproduction of bat species (Mammalia, Chiroptera) in Central Amazonia, Brazil. **Revista Brasileira de Zoologia**, Curitiba, v. 19, n. 1, p. 173-188, 2002. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-81752002000100016>.
- BROWN, J. H. Why are there so many species in the tropics? **Journal of Biogeography**, Oxford, v. 41, n. 1, p. 8-22, 2014. <http://dx.doi.org/10.1111/jbi.12228>. PMID:25684838.
- CEBALLOS, G.; EHRLICH, P. R. Mammal population losses and the extinction crisis. **Science**, New York, v. 296, n. 5569, p. 904-907, 2002. <http://dx.doi.org/10.1126/science.1069349>. PMID:11988573.
- CHAVES, A. D. C. G. et al. A importância dos levantamentos florístico e fitossociológico para a conservação e preservação das florestas. **Revista Agropecuária Científica no Semiárido**, Campina Grande, v. 9, n. 2, p. 42-48, 2013.
- DURIGAN, G. et al. Fanerógamas. In: RODRIGUES, R. R. et al. (Ed.). **Diretrizes para a conservação e restauração da biodiversidade no Estado de São Paulo**. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente, Instituto de Botânica, Fapesp, 2008. p. 104-109.
- DURIGAN, G.; RAMOS, V. S.; FRANCO, N. A. D. C. **Espécies indicadoras de fitofisionomias na transição Cerrado-Mata Atlântica no Estado de São Paulo**. São Paulo: Secretaria do Estado de São Paulo; Coordenadoria da Biodiversidade dos Recursos Naturais, 2012.
- DURIGAN, G.; SIQUEIRA, M. F.; FRANCO, G. A. D. C. Threats to the Cerrado remnants of the state of São Paulo, Brazil. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 64, n. 4, p. 355-363, 2007. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90162007000400006>.
- FERNANDES, E. M. S.; SEBASTIANI, R.; SAIS, A. C. Mapeamento dos fragmentos florestais da Guarnição da Aeronáutica de Pirassununga (Estado de São Paulo, Brasil). **Research**,

- Social Development**, Vargem Grande Paulista, v. 11, n. 12, p. e194111234239, 2022a. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i12.34239>.
- FERNANDES, P. H. G.; QUEIROZ, I. H. B.; SEBASTIANI, R. Seed bank analysis and species similarity in the Guarnição da Aeronáutica de Pirassununga (São Paulo State, Brazil). **Hoehnea**, São Paulo, v. 49, e462021, 2022b. <http://dx.doi.org/10.1590/2236-8906-46/2021>.
- FRIGIERI, F. F. et al. **Guia de plântulas e sementes da Mata Atlântica do Estado de São Paulo**. 1. ed. Piracicaba: IPEF, 2016.
- FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. **Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica. Relatório Técnico 2017-2018**. Brasília: Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2019. p. 35.
- HIGUCHI, P. **Dinâmica da regeneração natural da vegetação arbórea em um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual Montana secundária, em Viçosa, MG**. 2003. 107 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.
- INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE – ICMBIO. **Livro Vermelho da Fauna Ameaçada de Extinção: volume II - mamíferos**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2018.
- JORGE, M. L. S. P. et al. Mammal defaunation as surrogate of trophic cascades in a biodiversity hotspot. **Biological Conservation**, Essex, v. 163, p. 49-57, 2013. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocon.2013.04.018>.
- KRONKA, F. J. N. et al. **Inventário florestal da vegetação natural do Estado de São Paulo**. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente, Instituto Florestal, Biota Fapesp, Imprensa Oficial, 2005. 200 p.
- LINO, A. et al. A meta-analysis of the effects of habitat loss and fragmentation on genetic diversity in mammals. **Mammalian Biology**, Jena, v. 94, p. 69-76, 2019. <http://dx.doi.org/10.1016/j.mambio.2018.09.006>.
- LYRA-JORGE, M. C.; CIOCHETI, G.; PIVELLO, V. R. Carnivore mammals in a fragmented landscape in northeast of São Paulo State, Brazil. **Biodiversity and Conservation**, Dordrecht, v. 17, n. 7, p. 1573-1580, 2008. <http://dx.doi.org/10.1007/s10531-008-9366-8>.
- LYRA-JORGE, M. C. et al. Influence of multi-scale landscape structure on the occurrence of carnivorous mammals in a human-modified savana, Brazil. **European Journal of Wildlife Research**, Heidelberg, v. 56, n. 3, p. 359-368, 2010. <http://dx.doi.org/10.1007/s10344-009-0324-x>.
- METZGER, J. P. et al. Procedimentos metodológicos. In: RODRIGUES, R. R. et al. (Ed.). **Diretrizes para a conservação e restauração da biodiversidade no Estado de São Paulo**. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente, Instituto de Botânica, Fapesp, 2008. p. 57-69.
- MÜLLER, S. T. M. **Hábitos alimentares e conservação do lobo-guará *Chrysocyon brachyurus* (Illiger, 1815) em um remanescente de Cerrado em Pirassununga-SP**. 2016. Dissertação (Mestrado Profissional em Conversação da Fauna)-Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2016.
- NALON, M. A.; MATTOS, I. F. A.; FRANCO, G. A. D. C. Meio físico e aspectos da fragmentação da vegetação. In: RODRIGUES, R. R. et al. (Ed.). **Diretrizes para a conservação e restauração da biodiversidade no Estado de São Paulo**. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente, Instituto de Botânica, Fapesp, 2008. p. 15-21.
- QUEIROZ, I. H. B.; VIANI, R. A. G.; SEBASTIANI, R. Plântulas de espécies arbóreas na floresta ciliar do Rio Mogi Guaçu, Pirassununga, SP, Brasil. **Hoehnea**, São Paulo, v. 48, e1122020, 2021. <http://dx.doi.org/10.1590/2236-8906-112/2020>.
- RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. (Ed.). **Cerrado: ambiente e flora**. Brasília: Embrapa Cerrados, 1998. 556 p.
- RIBEIRO, M. C. et al. The Brazilian Atlantic Forest: how Much is left and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. **Biological Conservation**, Essex, v. 142, n. 6, p. 1141-1153, 2009. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocon.2009.02.021>.
- RODRIGUES, R. R.; BONONI, V. L. C. Introdução. In: RODRIGUES, R. R. et al. (Eds.). **Diretrizes para a conservação e restauração da biodiversidade no Estado de São Paulo**. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente, Instituto de Botânica, Fapesp, 2008. p. 11-14.
- ROSSI, H. R. S. et al. Análise de pólen em pelagem de morcegos Phyllostomidae (Chiroptera) no Parque Estadual Fontes do Ipiranga, São Paulo, SP, Brasil. **Hoehnea**, São Paulo, v. 47, e702019, 2020. <http://dx.doi.org/10.1590/2236-8906-70/2019>.
- SÃO PAULO. **Fauna ameaçada de extinção no estado de São Paulo**. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente, 2009.
- SEBASTIANI, R. et al. Flora preliminar da floresta ciliar do Rio Mogi Guaçu na Guarnição da Aeronáutica de Pirassununga (São Paulo, Brasil). In: RODRIGUES, J.J.M.; MARQUES, M.A. (Ed.). **Ciências socialmente aplicáveis: integrando saberes e abrindo caminhos**. Curitiba: Artemis, 2022. p. 230-241. v. IV. http://dx.doi.org/10.37572/EdArt_29052259020.
- VIANA, V. M.; PINHEIRO, L. A. F. Conservação da biodiversidade em fragmentos florestais. **Série Técnica IPEF**, Piracicaba, v. 12, n. 32, p. 25-42, 1998.
- ZANDONADI, R. V. et al. Lista preliminar de Orchidaceae da floresta ciliar da Academia das Forças Aéreas de Pirassununga (AFA), São Paulo. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 66., 2015, Santos. **Anais...** São Paulo: SBB, Universidade Santa Cecília, 2015.

Laboratório de Silvicultura e Pesquisas Florestais da UFSCar: 10 anos de aprendizados e contribuições à restauração de ecossistemas

The Forestry and Forest Research Laboratory at UFSCar: 10 years of lessons learned and contributions to ecosystem restoration

Ricardo Augusto Gorne Viani¹ 
 Ana Carolina Cardoso de Oliveira² 
 Adélia Carla Santos Ornelas³ 
 Crislaine de Almeida⁴ 
 Daniel Horle⁵ 
 Marina Pérola Zerbinato José⁶ 

¹Universidade Federal de São Carlos, Centro de Ciências Agrárias, Araras, SP, Brasil. viani@ufscar.br

²Universidade de São Paulo (USP), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Programa de Pós-graduação em Recursos Florestais, Piracicaba, SP, Brasil. accdeoliveira@gmail.com

³Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-graduação em Agricultura e Ambiente, Araras, SP, Brasil. adeliacarlaornelas@gmail.com

⁴Universidade de São Paulo (USP), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Programa de Pós-graduação em Recursos Florestais, Piracicaba, SP, Brasil. crislainealmeid@gmail.com

⁵Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-graduação em Agricultura e Ambiente, Araras, SP, Brasil. daniel@salvaterra.eco.br

⁶Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-graduação em Agricultura e Ambiente, Araras, SP, Brasil. marinaperolaz@gmail.com

RESUMO O Laboratório de Silvicultura e Pesquisas Florestais (LASPEF) surgiu em 2013, no Centro de Ciência Agrárias da UFSCar, em Araras-SP. Desde a sua criação, o LASPEF tem atuado com pesquisa e extensão em três temas principais: 1) o papel da restauração para potencializar serviços ecossistêmicos em paisagens agrícolas; 2) o desenvolvimento e aprimoramento de técnicas de restauração ecológica; e 3) as estratégias de restauração capazes de promover retorno econômico aos produtores rurais. Atuar nesses temas pode fazer com que a restauração de ecossistemas seja mais atrativa e exequível para os produtores rurais e financiadores, se tornando mais bem-quista, aceita e demandada pela sociedade em geral. Neste capítulo, apresentamos os aprendizados e as contribuições gerados pelo LASPEF ao longo dos seus 10 anos de existência para a restauração de ecossistemas. Os aprendizados e contribuições estão pormenorizados em sete tópicos distintos, cada um ligado a um tema da restauração de ecossistemas, a saber: 1) a restauração florestal potencializa serviços ecossistêmicos em paisagens agrícolas; 2) não basta plantar árvores, é preciso escolher criteriosamente as espécies usadas na restauração florestal; 3) a semeadura direta é viável, mas também demanda uma boa escolha das espécies, tecnologia e aplicação de um bom manejo; 4) a intensificação do manejo nem sempre é essencial para a restauração florestal; 5) é preciso desenvolver a restauração de florestas degradadas e incorporá-las à agenda da restauração; 6) restaurar o estrato de plantas herbáceas é essencial e um desafio para a restauração o Cerrado; 7) a restauração de ecossistemas precisa incorporar aspectos socioeconômicos. Em cada um desses tópicos estão descritos os aprendizados e as contribuições geradas, e é apresentada uma com os principais estudos e documentos produzidos pelo LASPEF nos respectivos temas.

Palavras-chave: Cerrado; Mata Atlântica; restauração ecológica.



Este é um capítulo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença [Creative Commons Attribution](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

ABSTRACT The Laboratory of Forestry and Forest Research (LASPEF) emerged in 2013, at the Center for Agricultural Science at UFSCar, in Araras-SP. Since its creation, LASPEF has been working with research and extension in three main themes: 1) the role of restoration in enhancing ecosystem services in agricultural landscapes; 2) development and improvement of ecological restoration techniques; 3) ecological restoration strategies that promote economic return to rural landowners. Acting on these themes can make ecosystem restoration more attractive and feasible for stakeholders and make it more popular, accepted and demanded by the society in general. In this chapter, we present the learnings and contributions generated by LASPEF to the restoration of ecosystems, throughout its 10 years of existence. Learnings and contributions are brought in seven different topics, each one linked to a specific theme of ecosystem restoration, as listed below: 1) Forest restoration enhances ecosystem services in agricultural landscapes; 2) It is not enough to plant trees, it is necessary to carefully choose the species used in forest restoration; 3) Direct seeding is feasible, but it also demands good choice of species, technology and good management; 4) The intensification of management is not always essential for forest restoration; 5) It is necessary to develop the restoration of degraded forests and incorporate it into the restoration agenda; 6) Restoring the herbaceous stratum is essential and a challenge to Cerrado restoration; 7) Ecosystem restoration needs to incorporate socio-economic aspects. In each of these topics, lessons learned, and contributions generated are described and the main studies and documents produced by LASPEF on the respective topics are listed.

Keywords: Cerrado; Atlantic Forest; ecological restoration.

1. INTRODUÇÃO

O Laboratório de Silvicultura e Pesquisas Florestais (LASPEF) foi criado em 2013, junto ao Departamento de Biotecnologia e Produção Vegetal e Animal (DBPVA) do Centro de Ciências Agrárias (CCA) da UFSCar. Ao longo dos seus 10 anos de existência o LASPEF desenvolveu vários projetos de pesquisa e extensão, implantou talhões com espécies florestais e instalou áreas experimentais de restauração florestal no próprio campus, além de executar e monitorar ações de restauração de ecossistemas em savanas e florestas em diversas regiões. Ademais, já passaram ou estão atualmente vinculados ao LASPEF dezenas de graduandos em agroecologia, agronomia, biologia e biotecnologia, assim como pós-graduandos nos níveis de mestrado, doutorado e pós-doutorado.

A restauração de ecossistemas, ou seja, a tarefa de recuperar um ecossistema degradado, danificado ou destruído (GANN et al., 2019), é hoje um tema de interesse mundial, fruto da intensa devastação da natureza em escala global, processo que se deu ao longo dos últimos séculos e se intensificou nas últimas décadas. A questão é tão relevante que a ONU anunciou que 2021-2030 será a Década da Restauração de Ecossistemas. E esse tema é também importante ao Brasil, um dos líderes globais na pesquisa e prática de restauração de ecossistemas, um país com dimensões continentais, onde as ações favoráveis ou não à conservação ambiental podem gerar um impacto global, e um país com um enorme desafio pela frente,

uma vez que tem cerca de 19 milhões de hectares que necessitam da restauração de ecossistemas nativos em propriedades rurais (GUIDOTTI et al., 2017).

Restaurar um ecossistema natural, seja uma floresta, uma savana ou um campo, não é uma tarefa tão fácil quanto a definição acima pode fazer parecer. Primeiro, a ecologia da restauração é uma ciência nova, cujo conhecimento científico ainda está sendo gerado, em um ritmo acelerado nos últimos anos, é verdade, mas ainda com acúmulo pequeno frente às muitas perguntas não respondidas, e aos desafios que têm surgido recorrentemente com as mudanças ambientais globais. Segundo, as técnicas de restauração existentes ainda são custosas e/ou pouco eficientes ecológica e socialmente, especialmente para os ecossistemas mais complexos, biodiversos e que sofrem intensa pressão antrópica, como muitos dos ecossistemas terrestres tropicais, tais como nossas florestas tropicais no domínio da Mata Atlântica e o nosso Cerrado.

A restauração de ecossistemas, embora tenha sua importância já identificada e reconhecida, continua sendo pouco adotada e ocasionalmente refutada por boa parte dos produtores rurais no Brasil, seja por desconhecimento dos serviços ecossistêmicos que podem prover – para os que criam os projetos e políticas públicas ou diretamente para os proprietários rurais –, seja porque as práticas disponíveis têm um alto custo de implantação e manutenção, ou porque na maioria dos casos há pouco ou nenhum retorno socioeconômico direto aos produtores para estimular a restauração.

E é exatamente nessas três temáticas e interfaces da restauração ecológica que o LASPEF tem trabalhado desde o seu surgimento, visando: 1) realçar o papel da restauração em potencializar serviços ecossistêmicos em paisagens agrícolas; 2) desenvolver técnicas de restauração ecológica mais eficientes e/ou baratas; 3) criar estratégias de restauração que promovam algum retorno econômico aos produtores rurais. Acreditamos que atuar nesses temas pode fazer com que a restauração de ecossistemas seja mais atrativa e exequível para os produtores rurais e financiadores, se tornando mais bem-quista, aceita e demandada pela sociedade em geral.

Para este fim, os aprendizados gerados nos últimos 10 anos pelo LASPEF com pesquisas e atuação nessas três linhas temáticas estão delineados abaixo. Para facilitar o entendimento, o conteúdo foi dividido em sete tópicos e para cada tópico foram listados os produtos produzidos ao longo deste tempo.

2. A RESTAURAÇÃO FLORESTAL POTENCIALIZA SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS EM PAISAGENS AGRÍCOLAS

Serviços ecossistêmicos são, numa definição simples e livre, benefícios essenciais à vida humana gerados a partir dos ecossistemas naturais ou implantados. O conceito de serviços ecossistêmicos é recente, mas apesar de ter surgido somente no final do século XX, é visto como uma estratégia mais popular à conservação e restauração de ecossistemas do que a abordagem de conservação da biodiversidade. Embora muito em voga nos últimos anos, ainda carecemos de avanços no conhecimento sobre como os serviços ecossistêmicos são restabelecidos quando ocorre a restauração de florestas nativas em paisagens agrícolas.

Num exemplo tangível à maioria das pessoas, é notório que florestas nativas às margens de cursos d'água, por exemplo, geram benefícios à conservação da água de um rio, reduzindo a perda de solo por erosão e evitando que sedimen-

tos e outras substâncias cheguem até este. Mas ainda devem ser conduzidas investigações a fim de quantificar esse benefício em paisagens agrícolas onde as florestas ciliares (as popularmente chamadas matas ciliares, aquelas localizadas próximo a cursos d'água) são restabelecidas com diferentes larguras. Nos estudos desenvolvidos no LASPEF foi concluído o esperado: quanto maior a largura da faixa de floresta ciliar, menor a perda de solo na paisagem e menor a quantidade de sedimentos que atingem os cursos d'água, sejam microbacias com predomínio de pastagem ou de agricultura (Quadro 1; ROSÁRIO, 2018). Além disso, tornou-se nítido que a correta aplicação da Lei de Proteção da Vegetação Nativa (Lei 12651/2012) (BRASIL, 2012), também chamada de “Novo Código Florestal”, traria impactos positivos tanto para a manutenção da qualidade dos recursos hídricos quanto para o estoque de carbono da paisagem, evidenciando a sinergia que se estabelece entre serviços ecossistêmicos quando a restauração florestal é promovida (ROTTA; VIANI; ROSÁRIO, 2018; ROSÁRIO et al., 2019). Porém, tanto em paisagens agrícolas quanto naquelas dominadas pela pecuária, a largura das florestas ciliares é menos influente para a conservação dos recursos hídricos na paisagem do que o modo como as atividades agrícolas são executadas, com ou sem práticas de conservação de solo. Isto posto, concluiu-se que a restauração ou conservação da floresta ciliar é importante para prover serviços de conservação dos recursos hídricos em paisagens agrícolas, mas não substitui a necessária adoção de boas práticas nas áreas agrícolas à montante (ROSÁRIO, 2018).

Um outro serviço ecossistêmico importante para a agricultura é a de controle natural de pragas agrícolas. Há estudos que indicam que remanescentes de vegetação nativa se tornam habitats para inimigos naturais de pragas, porém, pouco sabemos sobre como as populações desses inimigos naturais são restabelecidas ao longo do tempo em florestas em restauração. Nos estudos do LASPEF, a população de inimigos naturais de pragas (majoritariamente insetos) foi

QUADRO 1 - Principais produtos do LASPEF (inclui parcerias com outros grupos de pesquisa) neste tema.

Título	Tipo	Referência
As Mudanças nas Leis Florestais e a Quantificação de Serviços Ecossistêmicos em Microbacias Rurais	Dissertação de mestrado	Rosário (2018)
How Changes in Legally Demanded Forest Restoration Impact Ecosystem Services: A case study in the Atlantic Forest, Brazil	Artigo científico	Rosário, Guimarães e Viani (2019)
Inimigos Naturais na Restauração Florestal	Dissertação de mestrado	Ferreira (2017)
Mudanças nas Leis Florestais e o Impacto na Restauração Florestal e Conectividade na Paisagem.	Artigo científico	Rotta, Viani e Rosário (2017)
Synergism between Payments for Water-related Ecosystem Services, Ecological Restoration, and Landscape Connectivity within the Atlantic Forest Hotspot	Artigo científico	Viani et al. (2018)

quantificada em áreas agrícolas abandonadas sem restauração, em plantios de restauração florestal com diferentes idades e em florestas conservadas, que seriam os ecossistemas de referência (o alvo da restauração). Como resultado, observou-se que as florestas em restauração não aumentam a abundância, mas, por outro lado, incrementam a riqueza e a diversidade de inimigos naturais em relação às áreas que são somente abandonadas, em alguns casos atingindo níveis similares aos encontrados em florestas de referência (FERREIRA, 2017). Nos plantios de restauração florestal, a riqueza e a diversidade aumentam para todos os grupos de insetos, incluindo aqueles que não são considerados inimigos naturais de pragas, inclusive pragas em potencial. Porém, nas áreas em restauração, o incremento dos inimigos naturais é proporcionalmente mais acentuado do que o observado em áreas com o cultivo agrícola abandonado (FERREIRA, 2017). Assim, deduz-se que em relação ao restabelecimento da diversidade de inimigos naturais, acelerar a restauração das florestas é melhor do que meramente abandonar o cultivo e aguardar a restauração acontecer num processo mais lento. Para a continuidade dos avanços nesse assunto, estudos futuros devem investigar caso a caso, considerando as espécies agrícolas da paisagem e a população de suas respectivas pragas e inimigos naturais nas áreas de restauração florestal.

Por fim, sabemos que uma forma de estimular a restauração florestal em paisagens agrícolas é com incentivos financeiros via pagamentos por serviços ambientais (PSA) aos proprietários rurais. Vários projetos de PSA voltados à conservação dos recursos hídricos em área rural foram estabelecidos para promover a restauração florestal nas paisagens agrícolas, alguns bem-sucedidos e outros não (TAFFARELLO et al., 2017). Além de investigar e diagnosticar as causas dos insucessos desses projetos (VIANI; BRACALE, 2015; VIANI; BRACALE; TAFFARELLO, 2019), os estudos do LASPEF também encontraram que, mesmo quando o objetivo específico do programa do PSA é conservar recursos hídricos, há também o estabelecimento de outros benefícios comumente atrelados à restauração florestal, como o potencial de conservação da biodiversidade (VIANI et al., 2018).

3. NÃO BASTA PLANTAR ÁRVORES, É PRECISO ESCOLHER CRITERIOSAMENTE AS ESPÉCIES USADAS NA RESTAURAÇÃO FLORESTAL

O plantio de árvores nativas é a principal prática de restauração florestal no Brasil, apesar do crescimento de outras técnicas, como a condução da regeneração natural e a semeadura direta. Mas plantar árvores para restaurar uma floresta não é uma tarefa simples ou sem critérios como muitos imaginam e executam, mesmo quando há um consenso quanto ao plantio de apenas espécies nativas. O plan-

tar das árvores em si é uma etapa importante, mas que deve ser precedida por uma boa e bem fundamentada escolha de quais espécies plantar, e procedida pelo manejo adequado das árvores no campo.

Embora compartilhem alguns aspectos em comum, as árvores nativas diferem imensamente entre si em várias características biológicas, inclusive algumas que podem ser decisivas para o sucesso inicial dos plantios de restauração florestal. É nesse sentido que várias pesquisas no LASPEF têm sido conduzidas, com intuito de realçar as diferenças entre as espécies arbóreas nativas e de valorizar uma correta seleção das espécies arbóreas para cada área submetida à restauração florestal.

Um primeiro objetivo quando plantamos árvores visando à restauração florestal é recobrir rapidamente o solo com as copas das árvores plantadas. Essa cobertura sombreia o solo e elimina as temíveis gramíneas invasoras, que precisam de luz direta para crescer. É sabido que as espécies de árvores têm ritmos de crescimento e tamanhos de copas diferentes entre si, não sendo possível negligenciar, portanto, o impacto desta questão para o sucesso inicial dos plantios de restauração florestal.

Tradicionalmente, definíamos como boas árvores recobridoras ou sombreadoras para essa primeira etapa da restauração aquelas com crescimento rápido e copa grande. Todavia, outros dois aspectos foram incorporados nos estudos do LASPEF para uma melhor seleção dessas espécies: o nível de interceptação da luz pela copa e a permanência ou não da copa ao longo dos meses do ano. Assim, as árvores consideradas como as melhores recobridoras do solo foram geradas para a Floresta Estacional Semidecidual da Mata Atlântica, onde a maioria das iniciativas de restauração ocorre neste bioma (RODRIGUES et al., 2009): espécies de crescimento rápido, com copa grande, perene (que se mantém o ano todo, sem perda da folhagem) e que mantém níveis de interceptação da luz maiores que 70% ao longo de todo o ano (Quadro 2, ALMEIDA, 2017), como o capixingui (*Croton floribundus*), a aroeira-pimenteira (*Schinus terebinthifolia*) e o fumo-bravo (*Solanum granulosoleprosum*). Não encontramos nenhuma característica facilmente avaliável e suficientemente eficaz para prever se uma espécie tem uma copa com alta interceptação da luz ou não (ALMEIDA; VIANI, 2019), ou seja, é necessário medir este atributo para encontrar as melhores árvores recobridoras para plantios de restauração em outras regiões florestais. Mas o fato é que essa seleção criteriosa deve ser feita, visto que, como já dito, recobrir rapidamente o solo com as copas das árvores plantadas é um objetivo primordial da restauração florestal, e os resultados do LASPEF evidenciam quão diferentes as espécies arbóreas nativas são para este fim.

Uma vez que o solo tenha sido recoberto e as gramíneas invasoras suprimidas, um passo seguinte fundamental para o sucesso da restauração florestal é restabelecer a re-

QUADRO 2 - Principais produtos do LASPEF (inclui parcerias com outros grupos de pesquisa) neste tema.

Título	Tipo	Referência
Animal-dispersed Pioneer Trees Enhance the Early Regeneration in Atlantic Forest Restoration Plantations	Artigo científico	Viani et al. (2015a)
Espécies Arbóreas Plantadas na Restauração da Mata Atlântica: Análise florística e funcional	Relatório e banco de dados	Almeida e Viani (2020)
Non-continuous Reproductive Phenology of Animal-dispersed Species in Young Forest Restoration Plantings	Artigo científico	Almeida e Viani (2021)
Recobrimento do Solo e Oferta de Frutos por Espécies Arbóreas na Restauração Florestal	Dissertação de mestrado	Almeida (2017)
Selection of Shade Trees in Forest Restoration Plantings Should not be Based on Crown Tree Architecture Alone	Artigo científico	Almeida e Viani (2019)
What is Planted in the Restoration of the Atlantic Forest: Floristic and Functional Analysis	Tese de doutorado	Almeida (2022)

geração natural. A regeneração natural é o processo de restabelecimento espontâneo das populações de plantas nativas. E, para isso acontecer é preciso que as sementes dessas plantas cheguem até as áreas em restauração. Portanto, esse processo é chave para garantir que espécies nativas não plantadas colonizem o plantio, conferindo diversidade e sustentabilidade temporal, para que outras espécies sucedam na área após a morte das árvores plantadas.

Nas florestas tropicais, a maior parte das árvores tem frutos ou sementes dispersos por animais. As árvores com estas características têm frutos carnosos ou sementes comestíveis que são transportados por animais, especialmente aves e morcegos, para outros locais. Assim, parte-se da premissa que se árvores com estes tipos de frutos forem plantadas na restauração florestal, os animais que se alimentam desses frutos serão atraídos e trarão consigo as sementes de outras florestas que visitam. Parte dessas sementes ficará na área em restauração, e assim a regeneração natural ocorrerá.

Embora selecionar espécies com frutos carnosos dispersos por animais seja, de modo geral, interessante para a restauração, essas espécies também diferem entre si em vários aspectos funcionais relacionados à produção de frutos: tamanho, cor e qualidade nutricional dos frutos, intensidade, época e precocidade de frutificação, grupo de animais que dispersam seus frutos e muitas outras características. Nos estudos do LASPEF foram encontradas desde espécies que frutificam já com três anos em plantios de restauração, até outras que com oito anos sequer produzem flores (ALMEIDA; VIANI, 2021) e que, portanto, demorariam a contribuir com esse objetivo de atrair os dispersores de sementes para a área em restauração. Ademais, encontramos espécies como a aroeira-pimenteira (*Schinus terebinthifolia*) e a maria-mole (*Dendropanax cuneatus*), que frutificam no inverno quando a maioria das outras espécies não produz

frutos, além de outras que produzem frutos quase o ano todo, como a embaúba-prateada (*Cecropia pachystachya*) e a figueira (*Ficus guaranitica*). Em tese, essas espécies seriam melhores na função de atrair dispersores de sementes e, conseqüentemente, em estimular a regeneração natural sob os plantios de restauração. Com essas informações podemos, por exemplo, planejar a combinação de espécies arbóreas nativas nos plantios, de modo a criar uma oferta de recursos à diversificada fauna silvestre durante o ano todo.

Nestes estudos foram produzidas informações para um grupo pequeno de espécies arbóreas e para apenas dois aspectos chaves na restauração: recobrimento do solo e produção de frutos atrativos da fauna silvestre. Esses dados são suficientes para demonstrar quão diferentes são os comportamentos das árvores nativas em plantios de restauração em função das características biológicas que possuem, sustentando a ideia de que é preciso selecionar criteriosamente as espécies arbóreas destinadas para cada plantio. Entretanto, outros aspectos funcionais precisam ser também investigados para as demais espécies que são usadas na restauração: quais polinizadores essas espécies atraem, quanto acumulam de biomassa ao longo do tempo, quão predadas são por formigas-cortadeiras etc. Nesse sentido, em parceria com a SOS Mata Atlântica, foram investigadas as espécies mais plantadas na restauração da Mata Atlântica, e constatou-se que frequentemente são as mesmas plantadas por toda a Mata Atlântica, fazendo com que os plantios, mesmo quando distantes, sejam mais parecidos entre si do que com as florestas nativas próximas (ALMEIDA, 2022). Conseqüências disto à parte, a partir desse estudo as espécies mais plantadas foram compiladas (ALMEIDA; VIANI, 2020), criando-se uma lista de referência das espécies que devem ser priorizadas na investigação dos atributos de interesse para a seleção de espécies na restauração florestal.

4. A SEMEADURA DIRETA É VIÁVEL, MAS TAMBÉM DEMANDA BOA ESCOLHA DAS ESPÉCIES, TECNOLOGIA E BOM MANEJO

Nos últimos anos, a semeadura direta de árvores vem ganhando destaque como uma técnica eficaz e mais barata de restauração ecológica do que o tradicional plantio de mudas (PALMA; LAURANCE, 2015; RAUPP et al., 2020). Esta técnica também tem sido testada e promovida na Mata Atlântica (MELI et al., 2018; SOUZA; ENGEL, 2018). Entretanto, assim como ocorre quando fazemos o plantio de mudas, é essencial selecionar as espécies que vão ser usadas na semeadura. No caso específico da semeadura, além das questões já mencionadas no tópico anterior, adiciona-se o fato que nem todas as espécies têm bons índices de emergência nas condições em que a semeadura é realizada no campo.

Nos estudos do CCA-UFSCar em Araras-SP foram semeadas e acompanhadas, durante a emergência e o crescimento, 29 espécies frequentemente usadas na restauração da Mata Atlântica e os percentuais de estabelecimento encontrados variaram de 0 a 33% um ano após a semeadura (Quadro 3, HORLE, 2021). Além disso, o crescimento também apresentou bastante variação entre as espécies, não só porque algumas espécies germinam mais cedo e prosperam antes das demais, mas porque cada espécie tem naturalmente um ritmo de crescimento próprio. Aos 150 dias após a semeadura, algumas espécies semeadas tinham plantas com altura superior a 1,5 m, enquanto a altura de outras não passava de centímetros.

A semeadura direta de árvores para fins de restauração pode ser realizada de diferentes modos: a lanço, em linhas ou covetas, mas, de modo geral, plântulas recém-emergidas na semeadura são mais sensíveis à presença de gramíneas invasoras do que aquelas com cerca de 30 cm usadas nos plantios de mudas. Assim, o manejo inicial para evitar a competição com gramíneas invasoras é ainda mais determinante para o sucesso na semeadura do que no plantio de mudas. Uma forma de se reduzir o impacto da presença de gramíneas invasoras é preparar o solo convencionalmente com sucessivas gradagens, que expõem as sementes no solo, de modo a minar o banco de sementes das plantas indesejáveis antes da semeadura ser feita. Porém, como o plantio é normalmente feito na estação chuvosa, isso pode trazer problemas erosivos para a

área, como evidenciado nos estudos do LASPEF. Uma outra estratégia é manejar menos intensivamente o solo controlando as plantas indesejáveis com herbicidas, algo corriqueiramente feito nos plantios de mudas com herbicidas não seletivos (aqueles que causam danos inclusive às plantas de interesse). Porém, esta forma de manejo pode ser mais difícil ou menos eficaz na semeadura, já que as plantas semeadas e indesejáveis se misturam na área total da semeadura a lanço, ou na linha de plantio da semeadura em linhas. Nos plantios de mudas esse problema é contornável com a prática do coroamento das mudas, algo pouco viável na semeadura. Por fim, uma alternativa é o uso de herbicidas que apenas atingem gramíneas, poupando as árvores semeadas. Essa alternativa tem sido usada e recomendada, mas pode ter eficiência limitada quando entre as plantas indesejáveis houver não gramíneas, como as temíveis cordas-de-violão (*Ipomoea* spp.).

Um outro aspecto relevante que merece destaque é o correto planejamento da densidade de semeadura com base em dados disponíveis de emergência em campo. Nestes experimentos, foram semeadas pouco mais de 220 mil sementes por hectare, gerando uma densidade média de 22.000 plantas por hectare aos 12 meses após a semeadura. Embora essa densidade de estabelecimento elevada pareça ótima à primeira vista (é mais de 10 vezes o de plantios de mudas no espaçamento mais comum de 3x2 m), o fato é que essas plantas, nesse caso, estavam concentradas em linhas espaçadas com 3 m entre si, apresentando espaços não ocupados por copas nas entrelinhas, e certamente haverá mortalidade futura por competição nessas linhas. Ou seja, essa configuração não expressa uma boa ocupação do solo (objetivo inicial da restauração) e indica que muitas plantas emergidas estão competindo entre si. Além disso, gera um baixo valor de custo por plântula estabelecida, bem inferior ao custo individual nos plantios de muda. Mas esse valor pode ser enganoso, já que dilui o custo por área com sementes e manejo da restauração por uma grande quantidade de plantas, das quais muitas certamente morrerão em breve com um desbaste natural. Nesse sentido, é fundamental reportar os custos da semeadura não só por árvores estabelecidas e crescendo na área, mas também por unidade de área em restauração (custo por hectare).

Em suma, a experiência do LASPEF com a semeadura direta de árvores mostra que a técnica apresenta um eviden-

QUADRO 3 - Principais produtos do LASPEF neste tema.

Título	Tipo	Referência
Restauração Florestal: Semeadura direta e efeitos do uso de inoculantes no desenvolvimento de espécies arbóreas	Trabalho de conclusão de curso	Bernucci (2021)
Semeadura Direta para Restauração de Floresta Tropical: Efeitos de arranjos de espécies no estabelecimento e crescimento inicial da comunidade arbórea	Dissertação de mestrado	Horle (2021)

te potencial para a restauração da Mata Atlântica. Porém, é preciso refinar sua prática, fazendo a seleção de espécies que se comportam bem na sementeira, desenvolvendo estratégias de implantação e manejos adequados para minimizar a competição com plantas indesejáveis, e proporcionando ao mesmo tempo uma boa ocupação e cobertura do solo.

5. NEM SEMPRE A INTENSIFICAÇÃO DO MANEJO É ESSENCIAL PARA A RESTAURAÇÃO FLORESTAL

A intensificação do manejo, muitas vezes chamada de intensificação silvicultural, é uma estratégia frequentemente sugerida como forma de acelerar o processo de restauração florestal (CAMPOE; STAPE; MENDES, 2010; BRANCALION et al., 2019). Nessa intensificação ocorrem o controle mais frequente de plantas indesejáveis com herbicidas, aliado a uma rotina de correção do solo e adubação mais intensa e frequente das mudas. Como resposta, as árvores crescem mais rápido e os objetivos iniciais da restauração florestal, expressos por rápido acúmulo de biomassa e recobrimento do solo pelas copas, são atingidos com mais rapidez e eficiência.

Os experimentos que preconizam a intensificação silvicultural na restauração florestal foram feitos majoritariamente em locais com solos menos férteis e/ou com histórico de uso do solo como pastagem. Tradicionalmente, não é feito um manejo intensivo de adubação nas pastagens, nem o controle das plantas indesejáveis que convencionalmente são problemáticas para a restauração florestal, que nestes locais são geralmente forrageiras cultivadas para alimentação animal. Embora áreas de pastagens e áreas agrícolas marginais abandonadas que se tornam ocupadas por gramíneas sejam os principais sítios indicados à restauração florestal, há, em regiões fortemente agrícolas do centro-sul do Brasil, muitas áreas de uso agrícola destinadas à restauração florestal.

Assim, um experimento foi realizado no CCA/UFSCar em Araras-SP, visando avaliar como a restauração florestal responde à intensificação florestal quando executada em áreas usadas por décadas para cultivo de cana-de-açúcar antes da restauração (Quadro 4). Cultivos de cana-de-açúcar historicamente usam adubações rotineiras e controle frequen-

te das plantas daninhas com herbicida. Diversas espécies de árvores foram plantadas no referido experimento e o crescimento das mesmas foi acompanhado ao longo da intensificação da adubação e do uso de herbicida para controle de plantas indesejáveis à restauração (ORNELAS, 2021).

Como resultado, observou-se que, 16 meses após o plantio, os benefícios da intensificação foram pouco notáveis, pouco influenciando o crescimento das árvores e da comunidade em restauração florestal (ORNELAS et al., 2022). No caso da experiência do LASPEF, apenas coroar a muda, sem manejo com herbicidas na entrelinha e sem adubação foi suficiente para promover a cobertura do solo e o desenvolvimento inicial satisfatório da comunidade arbórea. Portanto, embora a intensificação da silvicultura seja geralmente uma prática vantajosa para plantios de restauração de florestas tropicais, os resultados do experimento indicaram que em locais antes utilizados para agricultura intensiva e em solos com fertilidade construída, como nas áreas estudadas, a intensificação pode não ser necessária. Essa intensificação prévia realizada com a agricultura interfere nos principais filtros observados nos sítios destinados à restauração: reduz a presença de gramíneas invasoras e aumenta a fertilidade do solo via adubações recorrentes. Haveria, portanto, uma espécie de efeito legado (do inglês, *legacy effect*) do histórico de intensificação agrícola sobre a restauração, afetando positivamente as mudas plantadas. Assim, se por um lado a intensificação agrícola reduz a resiliência da área e a probabilidade de sua regeneração natural num curto espaço de tempo (HOLL; AIDE, 2011), condicionando sua restauração às práticas ativas (plantio de mudas e sementeira, por exemplo), por outro, diminui a necessidade de intensificação do manejo nessas práticas.

Por fim, a resposta de optar ou não pela intensificação silvicultural nos plantios de restauração é possível de ser prevista com a realização conjunta de uma análise química do solo previamente ao plantio e de uma reflexão sobre o histórico de uso do solo. Infelizmente, os atributos e as condições do solo são frequentemente negligenciados na restauração ecológica (MENDES et al., 2019), especialmente por restauradores que perpetuam projetos técnicos que trazem sempre as mesmas espécies arbóreas para plantio, com receitas prontas de adubação e manejo de plantas indesejá-

QUADRO 4 - Principais produtos do LASPEF neste tema.

Título	Tipo	Referência
Crescimento Inicial de Espécies Arbóreas Nativas da Mata Atlântica em Resposta ao Controle de Espécies Indesejáveis e a Fertilização Mineral	Dissertação de mestrado	Ornelas (2021)
Silvicultural Intensification has a Limited Impact on Tree Growth in Forest Restoration Plantations in Croplands	Artigo científico	Ornelas et al. (2022)

veis, sem qualquer embasamento em diagnósticos prévios do sítio a ser restaurado e do seu entorno. Os recursos financeiros disponíveis para a restauração são geralmente escassos, e um bom diagnóstico local que inclua, por exemplo, uma análise química do solo, é importante não só para a tomada de decisão na prática de restauração florestal, mas também para minimizar gastos desnecessários, assim tornando a restauração ecológica uma atividade mais precisa (CASTRO et al., 2021).

6. É PRECISO DESENVOLVER A RECUPERAÇÃO DE FLORESTAS DEGRADADAS E INCORPORÁ-LA À AGENDA DA RESTAURAÇÃO

A prática de restauração florestal se desenvolveu muito nas últimas décadas, mas esteve centrada no restabelecimento de florestas completamente removidas. Geralmente são promovidas ações de restauração ativa nestas áreas, como plantios e semeaduras de árvores nativas, em boa parte provenientes de ações de compensação ambiental ou de programas e projetos de restauração públicos ou coordenados por ONGs.

Por outro lado, para além das áreas destruídas, a restauração de florestas degradadas é pouco praticada, embora recuperar ecossistemas degradados ou danificados em diferentes graus também faça parte daquilo que convençamos chamar de restauração ecológica. E isto é paradoxal porque, em última instância, o sucesso da restauração de áreas com florestas suprimidas depende dos remanescentes de vegetação nativa existente no entorno, mas, em locais degrada-

dos e danificados, a chegada de propágulos que garantirão a sustentabilidade das áreas hoje alvo da restauração pode ser comprometida, levando ao insucesso da restauração no futuro. Afinal, a área em restauração depende da interação com o entorno para ser sustentável (GANN et al., 2019).

Em paisagens há tempos convertidas para a agricultura e altamente fragmentadas, como é o cenário da Floresta Estacional Semidecidual da Mata Atlântica interiorana brasileira, o que resta da vegetação nativa, inclusive em unidades de conservação de proteção integral (parques e estações ecológicas, por exemplo) está em sua maioria degradado, já tendo sido alvo de extração de madeira e/ou incêndios preteritos. Como resultado, especialmente quando se refere à ocorrência de fogo, temos presenciado nesses remanescentes a proliferação e a superabundância de trepadeiras, que por sua vez causam perda de biodiversidade, de biomassa e a redução do valor dessas áreas para a conservação biológica e provisão de serviços ecossistêmicos (SCHNITZER; CARSON, 2010; SCHNITZER et al., 2014). É, portanto, pertinente e necessário que sejam incorporadas à agenda da restauração florestal (programas e projetos públicos, compensação ambiental etc.). Mas para que isto seja possível, é necessário que desenvolvamos procedimentos para diagnosticar o nível de degradação dos remanescentes florestais e, é claro, técnicas eficientes para restaurá-los.

O LASPEF tem atuado avaliando técnicas de restauração de fragmentos florestais degradados, especificamente com o corte de trepadeiras em superabundância (Quadro 5). Essas trepadeiras crescem sobre as árvores, reduzindo sua co-

QUADRO 5 - Principais produtos do LASPEF (inclui parcerias com outros grupos de pesquisa) neste tema.

Título	Tipo	Referência
A New Focus for Ecological Restoration: Management of degraded forest remnants in fragmented landscapes	Artigo científico	Viani et al. (2015b)
Avaliação da Rebrotas de Lianas após o Corte em um Fragmento de Floresta Estacional Semidecidual, Parque Estadual de Vassununga, Santa Rita do Passa Quatro-SP	Trabalho de conclusão de curso	Gonçalves (2015)
Caracterização Fitossociológica da Comunidade de Trepadeiras e sua Rebrotas após o Corte em uma Floresta Estacional Semidecidual Degradada	Dissertação de mestrado	Chi (2016)
Desenvolvimento e Sobrevivência de Espécies Arbóreas em um Plantio de Enriquecimento em um Fragmento de Floresta Estacional Semidecidual Degradado	Trabalho de conclusão de curso	Eugênio (2017)
Desenvolvimento Inicial de Espécies Arbóreas em um Plantio de Enriquecimento em Trecho de Floresta Estacional Semidecidual Degradada.	Trabalho de conclusão de curso	Silva (2015)
Monitoramento Ecológico de Fragmentos Florestais: Uma proposta inicial de protocolo	Capítulo de livro	Viani et al. (2019)
Trajetória de Regeneração em Fragmento de Floresta Estacional Semidecidual Degradado Submetido ao Corte de Trepadeiras e a Plantios de Restauração Ecológica	Dissertação de mestrado	Assis (2019)

pa e seu desenvolvimento, criando um manto que recobre e sombreia o chão da floresta, prejudicando o processo de regeneração natural. Os resultados dos estudos do LASPEF apontam que o corte periódico de trepadeiras em superabundância promove a redução das trepadeiras e o crescimento das árvores (ASSIS, 2019), a despeito da grande capacidade de rebrota que muitas trepadeiras têm (CHI, 2016). Por outro lado, embora as pesquisas ainda estejam em andamento, os dados indicam que não há um bom restabelecimento da regeneração natural de árvores nestas áreas, o que sugere que outras ações sejam necessárias nesses cenários, como o plantio de árvores. Em outros experimentos, foi observado que árvores plantadas em clareiras nestes fragmentos degradados têm bons níveis de sobrevivência e de crescimento, este último parâmetro é especialmente válido para as árvores pioneiras (SILVA, 2015; EUGÊNIO, 2017).

Em paralelo, indicadores ecológicos e valores de referência para se avaliar o estágio de degradação de fragmentos florestais têm sido estudados (VIANI et al., 2019). Estes indicadores e seus valores de referência são importantes para a tomada de decisão e identificação dos remanescentes florestais que de fato demandam ações de restauração. Em suma, embora muitas questões técnicas e científicas ainda precisem de mais avanço para a consolidação da restauração de fragmentos florestais degradados, é inegável que estes devam entrar na agenda da restauração florestal (VIANI et al., 2015b).

7. RESTAURAR O ESTRATO DE PLANTAS HERBÁCEAS É ESSENCIAL E UM DESAFIO PARA A RESTAURAÇÃO DO CERRADO

O Cerrado é o segundo maior bioma do Brasil, estendendo-se por cerca de 204 milhões de hectares e cobrindo cerca de 22% do território nacional. Neste há uma diversidade de fitofisionomias como campos, savanas, florestas e veredas, em solos predominantemente ácidos e com elevada concentração de alumínio. No entanto, campos e savanas ocupam 80% da extensão do Cerrado e nestes predomina um estrato herbáceo contínuo composto por gramíneas perenes em abundância (OVERBECK et al., 2022). Além disso, o Cerrado é marcado pela estação seca no inverno e verões chuvosos, tendo o fogo como importante fator para manutenção da sua estrutura e diversidade de espécies. Sua diversa flora é adaptada à queimada, rebrotando após a passagem do fogo, e muitas vezes dependendo de sua ocorrência para se reproduzir e se perpetuar na paisagem (DURIGAN, 2020).

O Cerrado é a savana mais biodiversa do mundo, abrindo mais de 4,8 mil espécies de plantas e vertebrados de ocorrência exclusiva no bioma (STRASSBURG et al., 2017; COLLI; VIEIRA; DIANESE, 2020). Ademais, a sua conservação é de grande importância a nós brasileiros, uma vez que abriga as nascentes de oito das doze bacias hidrográfi-

cas brasileiras e abastece três aquíferos (Urucuaia, Bambuú e parte do Guarani). Portanto, dele dependemos para geração de energia e suprimento de água para muitos centros urbanos e comunidades. Porém, o Cerrado tem sido continuamente convertido em áreas voltadas para a produção agrícola, pecuária, silvicultura, mineração e etc., o que o ameaça e o coloca no radar mundial como área prioritária para conservação da biodiversidade. Cerca de metade do Cerrado já perdeu sua vegetação nativa (OVERBECK et al., 2022) e apenas 8,6% de sua área total está devidamente protegida (WWF-BRASIL, 2020).

Restaurar áreas que foram degradadas por algum tipo de uso humano tem sido cada vez mais necessário. Mas restaurar o Cerrado envolve desafios extras em relação às florestas, começando pela incapacidade de muitos setores da sociedade em reconhecer a importância da conservação de ecossistemas abertos, que têm abundância de gramíneas e poucas árvores. O plantio de árvores e florestas tem sido vendido como a solução ambiental para todo e qualquer lugar, e isso é um equívoco evidente para o Cerrado. Técnicas florestais e plantas que não faziam parte do ecossistema original têm sido usadas com frequência em projetos de restauração no bioma, mas na verdade podem causar mais sua degradação do que recuperação.

Em um estudo do LASPEF que avaliou a recuperação da vegetação nativa do Cerrado em áreas florestadas por décadas para o cultivo de pinus (árvores exóticas cultivadas para produção de madeira ou resina), foi observado que espécies lenhosas nativas são capazes de se regenerar após a remoção do pinus, tornando essas áreas semelhantes em composição de espécies a savanas conservadas (HADDAD, 2019). Porém, a regeneração é limitada às árvores e arbustos típicos de savanas do Cerrado. Espécies herbáceas suprimidas pelo sombreamento nos anos iniciais de florestamento não são capazes de colonizar naturalmente a área, mesmo após a remoção das árvores (HADDAD et al., 2021), portanto, é necessário introduzi-las de forma ativa. Além disso, a exclusão do fogo natural por meio da proteção legal das áreas elimina um importante fator para a manutenção de savanas a longo prazo, o que pode favorecer o adensamento de árvores e novamente o florestamento da savana que ali existia (HADDAD et al., 2020). Dessa forma, a restauração de savanas após uso para plantios florestais pode ser feita pela condução da regeneração de espécies lenhosas nativas por meio da remoção das árvores, complementada com a introdução de espécies herbáceas e manejo com fogo.

Entretanto, a regeneração de árvores e arbustos lenhosos em áreas de restauração é limitada pelo histórico de uso da terra. Plantios silviculturais comerciais tendem a mobilizar menos o solo que outras atividades como a agricultura, a pecuária e a mineração, por exemplo. Nestes casos, o uso intensivo do solo, com revolvimento periódico e/ou remoção das camadas superficiais, elimina a resiliência da ve-

getação savânica que ali existia e, nesses casos, reintroduzir espécies nativas se torna necessário. A introdução de espécies nativas pode ser feita de diversas formas, mas a prática mais comum é o plantio de mudas. No entanto, para as espécies herbáceas tipicamente nativas de campos e savanas do Cerrado, praticamente não há mudas sendo produzidas em quantidade em viveiros. Inserir ervas nativas na cadeia produtiva de viveiros aumentaria a disponibilidade e diversidade de espécies para a restauração do Cerrado. Assim, é preciso avançar tecnicamente a produção dessas espécies em viveiro, assim como é necessário gerar indicadores de qualidade das mudas para ervas nativas, e a evidência científica é crucial neste processo.

Nesse sentido, estudos pioneiros do LASPEF (Quadro 6) mostram que gramíneas nativas podem ser produzidas em viveiro por meio das técnicas já conhecidas para espécies arbóreas, de forma que viveiristas podem incluir gramíneas nativas do Cerrado em sua cadeia de produção sem necessariamente modificar sua estrutura e os meios de produção (OLIVEIRA et al., 2020; OLIVEIRA, FORTI; VIANI, 2022). A produção é feita por sementes, sendo essas germinadas em sementeiras e posteriormente repicadas para os recipientes de crescimento com substrato florestal (OLIVEIRA, 2019). Além disso, embora as gramíneas nativas sejam adaptadas ao solo pouco fértil, ácido e com altas concentrações de alumínio, elas podem responder positivamente ao aumento de fertilidade, o que pode ser vantajoso na formação de mudas mais vigorosas em menos tempo (OLIVEIRA, FORTI; VIANI, 2022).

O plantio das mudas de capins nativos, além de acrescentar diversidade de formas de vida na savana em restauração, pode diminuir a influência de gramíneas invasoras presentes no banco de sementes dessas áreas. Algo importante, pois remover ou mesmo conviver com as agressivas

e amplamente espalhadas gramíneas invasoras advindas da África é um dos maiores desafios à restauração do estrato herbáceo do Cerrado. Ao compararmos a semeadura e o plantio de mudas em solo com banco de sementes de braquiária (*Urochloa* sp.), a principal invasora, encontramos que a braquiária cresce menos quando já há mudas de gramíneas nativas plantadas do que quando essas gramíneas nativas são semeadas (MARANHO, 2018).

Estes estudos do LASPEF são inéditos, mas estão em estágio inicial. É preciso ampliar os testes com a produção de mudas de mais espécies, incluindo não gramíneas. Não menos importante, é preciso avaliar como estas mudas se desenvolvem no campo após plantadas, algo que já começamos a fazer. Entretanto, estes estudos traçam um caminho promissor, no qual será possível, num futuro próximo, ter mudas em quantidade, de uma ampla gama de plantas não arbóreas nativas do Cerrado, disponíveis para a restauração desse importante bioma brasileiro.

8. A RESTAURAÇÃO DE ECOSISTEMAS PRECISA INCORPORAR ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS

Grandes avanços técnicos e científicos na restauração de ecossistemas ocorreram ao longo das últimas décadas. Entretanto, a restauração ainda é pouco convidativa para produtores e proprietários rurais, em boa parte porque tem um alto custo de implantação, ou porque oferece pouco ou nenhum retorno econômico direto. Não há como avançar neste quesito sem que aspectos socioeconômicos sejam incorporados na pesquisa e prática da restauração ecológica. E este tem sido um tópico cada vez mais relevante.

Antes de incorporar aspectos socioeconômicos na prática da restauração, é importante investigar as razões motivadoras (ou desmotivadoras) mais específicas que levam

QUADRO 6 - Principais produtos do LASPEF (inclui parcerias com outros grupos de pesquisa) neste tema.

Título	Tipo	Referência
Competição entre Gramíneas Nativas e Exóticas Invasoras: Bases para a restauração ecológica do cerrado	Trabalho de conclusão de curso	Maranho (2018)
Fertility Responses of a Native Grass: Technology supporting native plant production for restoration in Brazil	Artigo científico	Oliveira, Forti e Viani (2022)
Produção de Mudanças de Duas Espécies de Gramíneas Nativas para Restauração do Cerrado	Dissertação de mestrado	Oliveira (2019)
Restauração da Vegetação de Cerrado após Silvicultura de <i>Pinus</i> spp.	Tese de doutorado	Haddad (2019)
Restoration of the Brazilian Savanna after Pine Silviculture: Pine clearcutting is effective but not enough	Artigo científico	Haddad et al. (2021)
Savannas after Afforestation: Assessment of herbaceous community responses to wildfire versus native tree planting	Artigo científico	Haddad et al. (2020)
Techniques for Seedling Production of Two Native Grasses: New perspectives for Brazilian Cerrado restoration	Artigo científico	Oliveira et al. (2020)

proprietários rurais a participar ou não de programas que envolvem a restauração ecológica. Estes programas de restauração são muitas vezes fomentados por PSA, ou seja, programas ou projetos que remuneram financeiramente os proprietários que adotam práticas de restauração ecológica em suas terras. Mas, mesmo em alguns programas de PSA, a participação e o interesse de proprietários rurais pela restauração ecológica em suas áreas são baixos e aquém das expectativas, conforme observado em estudos realizados no LASPEF (TAFFARELLO et al., 2017; VIANI; BRACALE; TAFFARELLO, 2019). Muitas reflexões podem ser feitas nesses casos, mas a principal é que instrumentos como o PSA são mais complexos do que pensávamos inicialmente, com vários fatores econômicos, sociais, ambientais e de governança afetando seu sucesso. O Brasil conta hoje com uma lei que prevê o PSA (Lei 14.119/2021) (BRASIL, 2021), mas sem um diagnóstico prévio apropriado, que contemple compreender os reais anseios e expectativas dos produtores rurais, sem uma boa gestão, participação local e governança, e sem recursos duradouros com flexibilidade de uso, as chances destas ferramentas serem bem-sucedidas como estratégias de restauração em paisagens rurais são reduzidas.

Em paralelo aos programas de PSA, é preciso estimular a criação, desenvolvimento e avaliação de modelos de restauração ecológica que prevejam manejo e retorno econômico via a produção de madeira ou produtos não madeireiros nas áreas em restauração. Alguns modelos têm sido testados e difundidos. Um deles, usado no Pontal do Paranapanema, em São Paulo, e fomentado pelo Instituto de Pesquisas Ecológicas (IPÊ) é o “Café com Floresta”, um sistema agroflorestal (SAF) no qual árvores nativas são plantadas de modo intercalado com pés de café, estes últimos manejados para produção. Embora sejam economicamente interessantes, pouco foi investigado sobre se de fato proporcionam bons indicadores de restauração ecológica. Afinal, não adianta ter um modelo que preveja produção econômica, mas que pouco contribui para a restauração.

Indicadores de restauração em SAFs do “Café com Floresta” com diferentes idades foram avaliados, e alguns como a biomassa e a densidade de regenerantes de árvores nativas se mostraram melhores no SAF do que em áreas de restauração tradicional, somente com plantios de árvores nativas e sem previsão de retorno econômico (BADARI, 2018). Possivelmente, isso se dá pelo fato que agricultores dão mais atenção aos plantios que podem trazer algum retorno econômico do que àqueles em que isso não é possível. Mas também encontramos uma demanda conflitante: quanto mais pés de café no SAF, menos regenerantes de árvores nativas (BADARI et al., 2020). Ou seja, quanto mais voltado para a produção, pior para a restauração e conservação da biodiversidade. O fato é que, como a prática de limpeza do piso florestal é corriqueira no cafezal, os regenerantes serão removidos de tempos em tempos, caso essa atividade persista sem prazo para acabar. As-

sim, estes e outros SAFs podem ser considerados como etapas transitórias para a restauração, usados para propiciar um retorno econômico inicial, para amortizar ou cobrir os custos envolvidos com a restauração florestal (BADARI et al., 2020). Nestas situações, os agricultores exploram as áreas temporariamente enquanto o ecossistema vai se recuperando, até o momento em que a atividade de exploração econômica cessa e a área é abandonada em prol da restauração.

O Brasil é o país com a maior diversidade de árvores do mundo, centenas, talvez milhares das árvores nativas do país apresentam potencial madeireiro. Mas poucos são os casos de espécies madeireiras nativas que têm sido plantadas para produção de madeira, já que no Brasil, mais de 90% da área com florestas plantadas para fins produtivos é de espécies exóticas de pinus e eucalipto (INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES, 2022). Isto é ainda menos comum quando pensamos em modelos que combinam essas diferentes espécies com outras árvores nativas, proporcionando assim a restauração com a possibilidade de aproveitamento madeireiro.

Diante do cenário de redução da oferta de madeira nobre advinda da Amazônia e dessa necessidade de se buscar estratégias de restauração que prevejam retorno econômico, espécies nativas madeireiras passaram a ser investigadas quanto ao seu crescimento em plantios. No LASPEF, estudos vêm sendo conduzidos com o objetivo de mensurar o crescimento de diversas espécies madeireiras nativas da Mata Atlântica inseridas em diferentes plantios de restauração florestal (Quadro 7). Dentre as questões aprofundadas, estão não só a identificação das espécies que mais crescem e as que têm esse crescimento mais retilíneo e livre de ramificações, mas também entender como cada espécie responde ao ambiente de cultivo. Nestas investigações encontrou-se, por exemplo, que algumas espécies plantadas em áreas de restauração florestal já com dossel estabelecido respondem positivamente ao aumento da intensidade luminosa via desbastes ou podas (BARROS, 2019), uma prática que então pode ser necessária para estimular o crescimento das árvores madeireiras nestas áreas. Não obstante, nem todas as espécies respondem a esta técnica e, portanto, os modelos devem ter suas ações de manejo considerando as especificidades das diferentes espécies madeireiras inseridas no plantio. Isto é apenas um resultado dentre muitos que ainda precisam ser gerados para subsidiar a silvicultura de árvores nativas do Brasil. Trata-se de um tema pertinente e importante, mas para o qual ainda carecemos de desenvolvimento. Tanto é, que recentemente um Programa de Pesquisa & Desenvolvimento em Silvicultura de Espécies Nativas foi lançado pela Coalizão Brasil visando desenvolver este setor. Nesse programa, que o LASPEF e sua equipe fazem parte, serão implantados 20 sítios de estudo combinando espécies madeireiras da Mata Atlântica e da Amazônia em diferentes locais do país, e resultados muito interessantes virão no futuro.

QUADRO 7 - Principais produtos do LASPEF (inclui parcerias com outros grupos de pesquisa) neste tema.

Título	Tipo	Referência
Avaliação do Crescimento Inicial de Espécies Madeireiras da Mata Atlântica em Plantio de Restauração Florestal	Trabalho de conclusão de curso	Baptista (2014)
Crescimento de Seis Espécies Madeireiras Nativas da Mata Atlântica sob Diferentes Intensidades de Luz	Dissertação de mestrado	Barros (2019)
Desenvolvimento de Cinco Espécies da Mata Atlântica em Plantios de Restauração com Previsão de Exploração Madeireira	Trabalho de conclusão de curso	Lassie (2013)
Ecological Outcomes of Agroforests and Restoration 15 Years after Planting	Artigo científico	Badari et al. (2020)
Forest and Landscape Restoration at Pontal do Paranapanema: Ecological attributes of forest restoration in a coffee agroforestry system	Dissertação de mestrado	Badari (2018)
Hydrological Services in the Atlantic Forest, Brazil: An ecosystem-based adaptation using ecohydrological monitoring	Artigo científico	Taffarello et al. (2017)
Lessons Learned from the Water Producer Project in the Atlantic Forest, Brazil	Artigo científico	Viani, Bracale e Taffarello (2019)
Produtor de Água no PCJ - Pagamento por Serviços Ambientais: Lições aprendidas e próximos passos	Livro	Viani e Bracale (2015)



FIGURA 1 - Áreas de restauração de ecossistemas do Ciências Agrárias da UFSCar, em Araras-SP, nos quais o LASPEF tem atuado com estudos e experimentos. 1: Avaliação do crescimento e de atributos funcionais de árvores nativas em plantios de restauração. 2: Intensificação silvicultural (adubação e manejo de plantas indesejáveis). 3: Estratégias para inserção de árvores de crescimento lento na restauração florestal (parceria com o Restoration Ecology Lab da Virginia Tech/EUA). 4: Semeadura direta de árvores para a restauração da Mata Atlântica. 5: Crescimento de árvores tardias e madeireiras a pleno sol e sob dossel de restauração (parte da área implantada inicialmente pelo GEER e GECA do CCA/UFSCar). 6: Uso de drones para identificação de árvores e mensuração de indicadores de restauração (parceria com o Centro de Pesquisa e Extensão em Geotecnologias, Lagoa do Sino/UFSCar). 7: Corte e rebrota de trepadeiras em superabundância. Áreas de 1-6 implantadas e mantidas com apoio da Diretoria e Prefeitura do CCA/UFSCar.

9. CONSIDERAÇÕES FINAIS

No presente capítulo foram trazidos os principais resultados do LASPEF em seus 10 anos de existência como um laboratório e grupo de pesquisa no CCA/UFSCar. Muitos outros trabalhos e temas foram e vêm sendo pesquisados pelo LASPEF, visando continuar gerando conhecimento técnico-científico e formando recursos humanos na área de restauração de ecossistemas nos próximos anos, contribuindo para o avanço do CCA/UFSCar como um centro universitário importante em várias áreas de pes-

quisa. O LASPEF conta hoje com vários experimentos técnicos-científicos, muitos destes estabelecidos em áreas de Reserva Legal (RL) do Centro de Ciências Agrárias (CCA) da UFSCar em Araras-SP, implantadas pela diretoria e prefeitura do centro. Atualmente, o CCA/UFSCar está muito próximo de zerar seu déficit de RL e boa parte dessa RL em restauração contém experimentos de longa duração. Assim, o LASPEF conta com uma rede de estudos em restauração estabelecida no CCA/UFSCar, em Araras-SP (Figura 1). Muitos dos tópicos abordados nes-

te capítulo ainda demandam novos estudos para que sejam consolidados ou tenham o conhecimento ampliado. Alguns desses estudos já estão em realização pela equipe do Laboratório, mas muitos outros ainda devem ser discutidos e iniciados. Em prol desses objetivos, o LASPEF pretende estabelecer parcerias com outras instituições, públicas e privadas, ampliando sua rede de pesquisa e promovendo a tríade de ensino pesquisa e extensão universitária em prol da sociedade em suas ações e estudos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, C. **Recobrimento do solo e oferta de frutos por espécies arbóreas na restauração florestal**. 2017. 106 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura e Ambiente)-Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2017.
- ALMEIDA, C. **What is planted in the restoration of the Atlantic Forest: floristic and functional analysis**. 2022. 257 f. Tese (Doutorado em Recursos Florestais)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2022.
- ALMEIDA, C.; VIANI, R. A. G. **Espécies arbóreas plantadas na restauração da Mata Atlântica: análise florística e funcional**. Araras: Laboratório de Silvicultura e Pesquisas Florestais, 2020. Versão 2 – agosto 2020. Disponível em: < https://laspef.com.br/wp-content/uploads/2020/08/Almeida-Viani-espécies-plantadas-na-restauração-da-Mata-Atlântica_v2ago2020.pdf>. Acesso em: 1 dez. 2022.
- ALMEIDA, C.; VIANI, R. A. G. Non-continuous reproductive phenology of animal-dispersed species in young forest restoration plantings. **Biotropica**, Washington, v. 53, n. 1, p. 266-275, 2021. <http://dx.doi.org/10.1111/btp.12869>.
- ALMEIDA, C.; VIANI, R. A. G. Selection of shade trees in forest restoration plantings should not be based on crown tree architecture alone. **Restoration Ecology**, New York, v. 27, p. 832-839, jul. 2019.
- ASSIS, L. S. **Trajatória de regeneração em fragmento de Floresta Estacional Semidecidual degradado submetido ao corte de trepadeiras e a plantios de restauração ecológica**. 2019. 79 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2019. <http://dx.doi.org/10.11606/D.11.2019.tde-16082019-143200>.
- BADARI, C. G. et al. Ecological outcomes of agroforests and restoration 15 years after planting. **Restoration Ecology**, New York, v. 28, n. 5, p. 1135-1144, 2020. <http://dx.doi.org/10.1111/rec.13171>.
- BADARI, C. G. **Forest and landscape restoration at Pontal do Paranapanema: ecological attributes of forest restoration in a coffee agroforestry system**. 2018. 90 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2018.
- BAPTISTA, C. R. **Avaliação do crescimento inicial de espécies madeireiras da Mata Atlântica em plantio de restauração florestal**. 2014. 29 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agrônoma)-Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2014.
- BARROS, A. J. **Crescimento de seis espécies madeireiras nativas da Mata Atlântica sob diferentes intensidades de luz**. 2019. 99 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura e Ambiente)-Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2019.
- BERNUCCI, G. L. K. **Restauração florestal: sementeira direta e efeitos do uso de inoculantes no desenvolvimento de espécies arbóreas**. 2021. 35 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agroecologia)-Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2021.
- BRANCALION, P. H. S. et al. Intensive silviculture enhances biomass accumulation and tree diversity recovery in tropical forest restoration. **Ecological Applications**, Washington, v. 29, n. 2, p. e01847, 2019. <http://dx.doi.org/10.1002/eap.1847>.
- BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF 25 mai. 2012. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/L12651compilado.htm>. Acesso em: 13 mar. 2023.
- BRASIL. Lei nº 14.119, de 13 de janeiro de 2021. Institui a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais; e altera as Leis nºs 8.212, de 24 de julho de 1991, 8.629, de 25 de fevereiro de 1993, e 6.015, de 31 de dezembro de 1973, para adequá-las à nova política. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF 14 jan. 2021. Seção 1, p. 7. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/lei-n-14.119-de-13-de-janeiro-de-2021-298899394>>. Acesso em: 13 mar. 2023.
- CAMPOE, O. C.; STAPE, J. L.; MENDES, J. C. T. Can intensive management accelerate the restoration of Brazil's Atlantic forests? **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 259, n. 9, p. 1808-1814, 2010. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2009.06.026>.
- CASTRO, J. et al. Precision restoration: a necessary approach to foster forest recovery in the 21st century. **Restoration Ecology**, New York, v. 29, n. 7, p. e13421, 2021. <http://dx.doi.org/10.1111/rec.13421>.
- CHI, I. E. **Caracterização fitossociológica da comunidade de trepadeiras e sua rebrota após o corte em uma floresta estacional semidecidual degradada**. 2016. 86 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura e Ambiente)-Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2016.
- COLLI, G. R.; VIEIRA, C. R.; DIANESE, J. C. Biodiversity and conservation of the Cerrado: recent advances and old challenges. **Biodiversity and Conservation**, London, v. 29,

- n. 5, p. 1465-1475, 2020. <http://dx.doi.org/10.1007/s10531-020-01967-x>.
- DURIGAN, G. Zero-fire: not possible nor desirable in the Cerrado of Brazil. *Flora*, Jena, v. 268, p. 151612, 2020. <http://dx.doi.org/10.1016/j.flora.2020.151612>.
- EUGÊNIO, E. R. **Desenvolvimento e sobrevivência de espécies arbóreas em um plantio de enriquecimento em um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual degradado**. 2017. 44 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agrônoma)-Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2017.
- FERREIRA, R. B. **Inimigos naturais na restauração florestal**. 2017. 47 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura e Ambiente) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2017.
- GANN, G. D. et al. International principles and standards for the practice of ecological restoration. Second edition. *Restoration Ecology*, New York, v. 27, n. S1, p. s1-s46, 2019. <http://dx.doi.org/10.1111/rec.13035>.
- GONÇALVES, N. S. **Avaliação da rebrota de lianas após o corte em um fragmento de floresta estacional semidecidual, Parque Estadual de Vassununga, Santa Rita do Passa Quatro-SP**. 2015. 37 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agroecologia)-Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2015.
- GUIDOTTI, V. et al. **Números detalhados do novo Código Florestal e suas implicações para os PRAs**. Piracicaba: Imaflora. 2017. (Sustentabilidade em Debate, 5).
- HADDAD, T. M. et al. Restoration of the Brazilian savanna after pine silviculture: pine clearcutting is effective but not enough. *Forest Ecology and Management*, Amsterdam, v. 491, p. 119158, 2021. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119158>.
- HADDAD, T. M. et al. Savannas after afforestation: Assessment of herbaceous community responses to wildfire versus native tree planting. *Biotropica*, Washington, v. 52, n. 6, p. 1206-1216, 2020. <http://dx.doi.org/10.1111/btp.12827>.
- HADDAD, T. M. **Restauração da vegetação de Cerrado após silvicultura de *Pinus spp.*** Tese. 113 f. (Doutorado em Recursos Florestais)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2019.
- HOLL, K. D.; AIDE, T. M. When and where to actively restore ecosystems? *Forest Ecology and Management*, Amsterdam, v. 261, n. 10, p. 1558-1563, maio 2011.
- HORLE, D. C. **Semeadura direta para restauração de floresta tropical: efeitos de arranjos de espécies no estabelecimento e crescimento inicial da comunidade arbórea**. 2021. 107 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura e Ambiente)-Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2021.
- INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES – IBÁ. **Relatório Anual - 2022**. Brasília, 2022. Disponível em: <<https://www.iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorio-anual-iba2022-compactado.pdf>>. Acesso em: 1 dez. 2022.
- LASSIE, P. H. **Desenvolvimento de cinco espécies da Mata Atlântica em plantios de restauração com previsão de exploração madeireira**. 2013. 35 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agrônoma)-Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2013.
- MARANHO, G. B. **Competição entre gramíneas nativas e exóticas invasoras: bases para a restauração ecológica do Cerrado**. 2018. 29 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agrônoma)-Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2018.
- MELI, P. et al. Optimizing seeding density of fast-growing native trees for restoring the Brazilian Atlantic Forest: Optimizing seeding density in forest restoration. *Restoration Ecology*, New York, v. 26, n. 2, p. 212-219, 2018. <http://dx.doi.org/10.1111/rec.12567>.
- MENDES, S. M. et al. Look down—there is a gap—the need to include soil data in Atlantic Forest restoration. *Restoration Ecology*, New York, v. 27, n. 2, p. 361-370, 2019. <http://dx.doi.org/10.1111/rec.12875>.
- OLIVEIRA, A. C. C. **Produção de mudas de duas espécies de gramíneas nativas para restauração do cerrado**. 2019. 104 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura e Ambiente)-Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2019.
- OLIVEIRA, A. C. C.; FORTI, V. A.; VIANI, R. A. G. Fertility responses of a native grass: technology supporting native plant production for restoration in Brazil. *Restoration Ecology*, New York, v. 30, n. 3, p. e13534, 2022. <http://dx.doi.org/10.1111/rec.13534>.
- OLIVEIRA, A. C. et al. Techniques for seedling production of two native grasses: new perspectives for Brazilian Cerrado restoration. *Restoration Ecology*, New York, v. 28, n. 2, p. 297-303, 2020. <http://dx.doi.org/10.1111/rec.13103>.
- ORNELAS, A. C. S. **Crescimento inicial de espécies arbóreas nativas da Mata Atlântica em resposta ao controle de espécies indesejáveis e a fertilização mineral**. 2021. 64 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura e Ambiente)-Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2021.
- ORNELAS, A. C. S. et al. Silvicultural intensification has a limited impact on tree growth in forest restoration plantations in croplands. *Forest Ecology and Management*, Amsterdam, v. 503, n. 1, p. 119795, 2022. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119795>.
- OVERBECK, G. E. et al. Placing Brazil's grasslands and savannas on the map of science and conservation. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, Jena, v. 56, p. 125687, 2022. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ppees.2022.125687>.
- PALMA, A. C.; LAURANCE, S. G. W. A review of the use of direct seeding and seedling plantings in restoration: what do we know and where should we go? *Applied Vegetation Science*, Bethesda, v. 18, n. 4, p. 561-568, 2015. <http://dx.doi.org/10.1111/avsc.12173>.
- RAUPP, P. P. et al. Direct seeding reduces the costs of tree planting for forest and savanna restoration. *Ecological Engineering*,

- Amsterdam, v. 148, n. 105788, p. 105788, 2020. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoleng.2020.105788>.
- RODRIGUES, R. R. et al. On the restoration of high diversity forests: 30 years of experience in the Brazilian Atlantic Forest. **Biological Conservation**, Essex, v. 142, n. 6, p. 1242-1251, 2009. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocon.2008.12.008>.
- ROSÁRIO, V. A. C. **As mudanças nas leis florestais e a quantificação de serviços ecossistêmicos em microbacias rurais**. 2018. 88 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura e Ambiente)-Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2018.
- ROSÁRIO, V. A. C.; GUIMARÃES J. C.; VIANI, R. A. G. How changes in legally demanded forest restoration impact ecosystem services: a case study in the Atlantic Forest, Brazil. **Tropical Conservation Science**, Thousand Oaks, v. 12, p. 1-9, 2019.
- ROTTA, L.; VIANI, R. A. G.; ROSÁRIO, V. Mudanças nas leis florestais e o impacto na restauração florestal e conectividade na paisagem. **Revista Ciência, Tecnologia & Ambiente**, Araras, v. 4, n. 1, p. 12-19, 2017. <http://dx.doi.org/10.4322/2359-6643.04104>.
- SCHNITZER, S. A. et al. Lianas in gaps reduce carbon accumulation in a tropical forest. **Ecology**, Washington, v. 95, n. 11, p. 3008-3017, 2014. <http://dx.doi.org/10.1890/13-1718.1>.
- SCHNITZER, S. A.; CARSON, W. P. Lianas suppress tree regeneration and diversity in treefall gaps. **Ecology Letters**, Oxford, v. 13, n. 7, p. 849-857, 2010. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1461-0248.2010.01480.x>.
- SILVA, N. V. V. **Desenvolvimento inicial de espécies arbóreas em um plantio de enriquecimento em trecho de Floresta Estacional Semidecidual degradada**. 2015. 44 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agrônoma)-Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2015.
- SOUZA, D. C.; ENGEL, V. L. Direct seeding reduces costs, but it is not promising for restoring tropical seasonal forests. **Ecological Engineering**, Amsterdam, v. 116, p. 35-44, 2018. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoleng.2018.02.019>.
- STRASSBURG, B. B. et al. Moment of truth for the Cerrado hotspot. **Nature Ecology & Evolution**, London, v. 1, n. 4, p. 1-3, 2017. <http://dx.doi.org/10.1038/s41559-017-0099>.
- TAFFARELLO, D. et al. Hydrological services in the Atlantic Forest, Brazil: an ecosystem-based adaptation using ecohydrological monitoring. **Climate Services**, Amsterdam, v. 8, p. 1-16, 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cliser.2017.10.005>.
- VIANI, R. A. G. et al. Animal-dispersed pioneer trees enhance the early regeneration in Atlantic Forest restoration plantations. **Natureza & Conservação**, Rio de Janeiro, v. 13, n. 1, p. 41-46, 2015a. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ncon.2015.03.005>.
- VIANI, R. A. G. et al. A new focus for ecological restoration: management of degraded forest remnants in fragmented landscapes. **GLP News**, São José dos Campos, v. 12, p. 6-9, nov. 2015b.
- VIANI, R. A. G. et al. Monitoramento ecológico de fragmentos florestais: uma proposta inicial de protocolo. In: ASSIS, L. S.; CAMPOS, M.; GIRÃO, V. J. (Org.). **Manejo de fragmentos florestais degradados**. Campinas: The Nature Conservancy, 2019. p. 126-143.
- VIANI, R. A. G. et al. Synergism between payments for water-related ecosystem services, ecological restoration, and landscape connectivity within the Atlantic Forest Hotspot. **Tropical Conservation Science**, Thousand Oaks, v. 11, p. 1-9, 2018.
- VIANI, R. A. G.; BRACALE, H. **Produtor de Água no PCJ - Pagamento por Serviços Ambientais: lições aprendidas e próximos passos**. São Paulo: The Nature Conservancy, 2015.
- VIANI, R. A. G.; BRACALE, H.; TAFFARELLO, D. Lessons Learned from the water producer project in the Atlantic Forest, Brazil. **Forests**, Basel, v. 10, n. 11, 1031, 2019.
- WWF-BRASIL. **Redução, recategorização e extinção de unidades de conservação no Cerrado**. Brasília, 2020. Disponível em: <<https://www.wwf.org.br/?77076/Reducao-recategorizacao-e-extincao-de-unidades-de-conservacao-no-Cerrado>>. Acesso em: 10 jul. 2022.

Serviços de polinização: conservação de abelhas para garantir manutenção da biodiversidade e comida na mesa

*Pollination services: conservation of bees to ensure
biodiversity and food on the table*

Kayna Agostini¹ 
Roberta Cornélio Ferreira Nocelli² 

¹Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Ciências da Natureza, Matemática e Educação, Araras, SP, Brasil. kayna@ufscar.br

²Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Ciências da Natureza, Matemática e Educação, Araras, SP, Brasil. roberta@ufscar.br

RESUMO O planeta Terra vem passando por muitas modificações desde o início do século XIX, mais especificamente após a Revolução Industrial.

O aumento populacional, a industrialização e a substituição de áreas de vegetação nativa por agricultura pareciam estratégias interessantes para garantir a sobrevivência da espécie humana. Atualmente, sabemos que essas modificações causaram impactos graves e efeitos desastrosos nos diversos ecossistemas do planeta. Estudos sobre os impactos das ações humanas não são recentes, mas tanto sua importância quanto compreensão vêm crescendo nos últimos 50 anos. Atualmente, a ciência busca entender quais são os serviços oferecidos pela natureza (serviços ecossistêmicos) e como estes impactam no bem-estar humano. A polinização é considerada um serviço ecossistêmico de provisão, regulação e cultural, sendo essencial para o bem-estar humano. Nesse contexto, os grupos de pesquisa Estudos dos Serviços de Polinização (ESP) e As Abelhas e os Serviços Ambientais (ASAs) desenvolvem pesquisas voltadas às relações abelhas – serviço de polinização – produção agrícola. O Grupo ESP tem como objetivo entender os diferentes aspectos do impacto do serviço de polinização no bem-estar humano, levando em consideração os ambientes naturais, agrícola ou urbano. Seus estudos buscam entender, por meio da valoração multidimensional do serviço de polinização, se as práticas amigáveis aos polinizadores podem refletir em benefícios (financeiros, humanos e sociais) para os seres humanos. Já o Grupo ASAs tem como objetivo compreender os impactos dos estressores ambientais, principalmente os agrotóxicos, sobre a sobrevivência, saúde e capacidade de forrageamento das abelhas e propor formas de minimizar tais impactos. Neste capítulo, apresentaremos uma revisão dos trabalhos realizados no CCA na perspectiva de conservação do serviço de polinização por meio da preservação das espécies de abelhas, que são consideradas os principais polinizadores, pois dependem dos recursos florais para sua sobrevivência.

Palavras-chave: Serviços ecossistêmicos; segurança alimentar; produção agrícola; agrotóxicos.



Este é um capítulo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença [Creative Commons Attribution](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

ABSTRACT Earth has been undergoing many changes since the early nineteenth century, more specifically after the Industrial Revolution. Industrialization and replacement of native vegetation for agriculture seemed interesting strategies to ensure the survival of the human species. Today we know that these changes in land-use have serious impacts in several ecosystems. Studies of the impact of humans are not recent, but the importance and knowledge of this area has been growing in the last 50 years. Today science is trying to understand what services are offered by nature (ecosystem services) and how they impact human well-being. Pollination is considered an ecosystem service for provision, regulation and cultural, and it is considered essential for human well-being. Research groups for pollination services (RPS) and bees and environmental services (BEEs) develop research focused on bees - pollination service - agricultural production. The RPS Group aims to understand the distinct aspects of how pollination service impacts human well-being, considering the natural, agricultural, or urban environment. Studies of this group seek to understand, through the multidimensional valuation of the pollination service, if practices friendly to pollinators may reflect (financial, human, and social) benefits for humans. The BEEs Group aims to understand the impacts of environmental stressors, especially pesticides, on survival, health and foraging ability of bees and propose ways to minimize these impacts. In this chapter we will review the work done in the CCA from the perspective of conservation of the pollination service by preserving bee species, which are considered the main pollinator, as they depend on floral resources for their survival.

Keywords: Ecosystem services; food safety; agricultural production; pesticides.

1. INTRODUÇÃO

Serviço ecossistêmico de polinização

Os serviços ecossistêmicos são benefícios fundamentais para a sociedade gerados pela natureza que refletem diretamente na qualidade de vida das pessoas (MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, 2005; INTERGOVERNMENTAL SCIENCE-POLICY PLATFORM ON BIODIVERSITY AND ECOSYSTEM SERVICES, 2016; JOLY et al., 2018). A polinização é um serviço ecossistêmico, pois é uma interação ecológica que fornece múltiplos benefícios para os seres humanos, propiciando uma boa qualidade de vida (REDE BRASILEIRA DE INTERAÇÕES PLANTA-POLINIZADOR, 2019). Além disso, o serviço de polinização pode ser importante para alcançar vários dos objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS) estabelecidos pela Organização das Nações Unidas (ONU), tais como: ODS 1 – erradicação da pobreza; ODS 2 – fome zero e agricultura sustentável; ODS 3 – saúde e bem-estar e ODS 15 – vida terrestre.

A polinização pode ser classificada como um serviço de regulação (manutenção da variabilidade genética de populações de plantas nativas que sustentam a biodiversidade), de provisão (garantia do fornecimento confiável e diversificado de frutos, sementes, mel, entre outros) ou cultural (promoção de valores culturais relacionados ao conhecimento tradicio-

nal). Assim, podemos dizer que os polinizadores contribuem para a produção de alimentos, medicamentos, biocombustíveis (canola e dendê), fibras (algodão e linho), materiais de construção (madeiras), instrumentos musicais, bem como atividades educacionais, recreativas, religiosas e culturais (COSTANZA et al., 2017; INTERGOVERNMENTAL SCIENCE-POLICY PLATFORM ON BIODIVERSITY AND ECOSYSTEM SERVICES, 2016; REDE BRASILEIRA DE INTERAÇÕES PLANTA-POLINIZADOR, 2019).

Comumente, ressalta-se o potencial da polinização como serviço ecossistêmico quando associado à produção de alimentos. A primeira valoração econômica global do serviço ecossistêmico da polinização foi calculada em US \$70 bilhões/ano (COSTANZA et al., 1997). Esse número foi atualizado no Relatório de Avaliação sobre Polinizadores, Polinização e Produção de Alimentos, sendo estimado entre US \$235 bilhões e US \$577 bilhões (INTERGOVERNMENTAL SCIENCE-POLICY PLATFORM ON BIODIVERSITY AND ECOSYSTEM SERVICES, 2016). No Brasil, calcula-se que a polinização relacionada à produção agrícola tem um valor anual de US \$13 bilhões (REDE BRASILEIRA DE INTERAÇÕES PLANTA-POLINIZADOR, 2019). Os estudos realizados nos últimos 40 anos vêm reforçando o papel dos polinizadores na saúde, nutrição humana e segurança alimentar, pois os cultivos dependentes de polinizadores abrangem grande diversidade de frutas, vegetais, sementes, casta-

nhas e oleaginosas, os quais fornecem grandes proporções de micronutrientes, vitaminas e minerais à dieta humana (PORTO et al., 2021).

Tecnicamente, a polinização é a transferência de grãos de pólen entre órgãos masculinos e femininos das flores, um processo importante para a reprodução das plantas que resulta na formação de frutos e sementes (RECH et al., 2014). A polinização é realizada tanto por animais como por vento ou água. A maioria das plantas, cultivadas ou nativas, é polinizada por animais, dos quais depende para sua reprodução (KLEIN et al., 2007; OLLERTON; WINFREE; TARRANT, 2011; RECH et al., 2014, Roubik 2018). Nos trópicos, 94% das plantas são polinizadas por animais (OLLERTON; WINFREE; TARRANT, 2011). Os animais polinizadores são, em sua maioria, insetos, tais como abelhas, moscas, borboletas, mariposas, vespas, besouros e tripes, porém, há polinizadores vertebrados, como aves, morcegos, mamíferos não voadores e lagartos (WILLMER, 2011).

As abelhas compõem o grupo de polinizadores mais abundante na agricultura, pois visitam mais de 90% dos 107 principais cultivos agrícolas já estudados no mundo (KLEIN et al., 2007). Considerando-se apenas as plantas cultivadas polinizadas por animais, 70% do total de 1.330 cultivos nas regiões tropicais produz frutos e sementes em maior quantidade e/ou com melhor qualidade quando polinizadas adequadamente (ROUBIK, 2018). Algumas espécies de abelhas são amplamente manejadas, incluindo a espécie *Apis mellifera* e algumas abelhas solitárias. Ambos os polinizadores, selvagens ou manejados, têm papéis significativos na polinização dos cultivos, embora suas contribuições relativas possam ser diferentes de acordo com o local e a espécie cultivada. Além da importância agrícola, a espécie *Apis mellifera* fornece cerca 1,6 milhão de toneladas de mel anualmente e é o polinizador mais difundido no mundo, com cerca de 81 milhões de colmeias. A apicultura representa uma importante fonte de renda para proprietários rurais (SILVA; PACHECO-FILHO; FREITAS, 2015).

As abelhas participam da polinização de aproximadamente 80% das plantas que são utilizadas como alimento no Brasil. As abelhas sem ferrão vêm sendo cada vez mais estudadas, contudo, o conhecimento acerca dessas espécies ainda é muito incipiente e restrito a apenas algumas delas. As espécies de abelhas sem ferrão apresentam grande potencial para a polinização de diversos cultivos e na produção de mel, podendo influenciar tanto na quantidade quanto na qualidade de sementes e frutos formados (REDE BRASILEIRA DE INTERAÇÕES PLANTA-POLINIZADOR, 2019).

Atualmente existem muitos estudos demonstrando que o rendimento e a qualidade do cultivo dependem da abundância e da diversidade dos polinizadores (FREITAS; SILVA 2015). Uma comunidade diversificada de polinizadores é geralmente capaz de realizar uma polinização mais eficaz e estável que uma única espécie de polinizador que esteja sen-

do manejada. A contribuição dos polinizadores selvagens para a produção agrícola é subestimada e ainda é necessário que se aprofunde o conhecimento para que se entenda a completa contribuição dos polinizadores nativos para a valoração desse serviço ecossistêmico.

Apesar da importância biológica, social e econômica, os polinizadores estão ameaçados por diversos fatores (que atuam isoladamente ou em conjunto), tais como perda de habitat, poluição ambiental, agrotóxicos, mudanças climáticas, espécies invasoras, doenças e patógenos (DICKS et al., 2021). Assim, existem várias oportunidades para melhorar o serviço ecossistêmico de polinização, diminuir as ameaças aos polinizadores e aumentar o valor agregado dos produtos agrícolas associados à polinização. As práticas amigáveis aos polinizadores são ações importantes para a manutenção das populações de polinizadores que consistem em uma agricultura mais sustentável, intensificação ecológica da paisagem agrícola, formas alternativas de controle e manejo integrado de pragas e doenças, redução do deslocamento de agrotóxicos para fora das plantações, produção orgânica e certificação ambiental (GALETTO et al., 2022).

Algumas iniciativas podem propiciar o incremento da diversidade de polinizadores, como, por exemplo: 1) manutenção de habitats naturais para aumentar a diversidade de polinizadores nativos e do serviço ecossistêmico associado, 2) plantio de cercas vivas ao redor dos cultivos, 3) implementação de corredores ecológicos e 4) recuperação de áreas degradadas com espécies de plantas nativas amigáveis aos visitantes florais. Essas oportunidades podem gerar ganho em produtividade e maior sustentabilidade da agricultura, além de ampliar o valor agregado dos alimentos e de outros produtos, tais como cera, pólen e própolis, por meio de certificação, gerando um aumento da renda dos produtores (REDE BRASILEIRA DE INTERAÇÕES PLANTA-POLINIZADOR, 2019).

Diversas linhas de pesquisa relacionadas ao serviço de polinização e às abelhas (polinizadores por excelência) são exploradas no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de São Carlos. Abaixo, apresentamos as principais linhas de pesquisa com alguns resultados que podem contribuir significativamente para a conservação do serviço de polinização.

2. LINHAS DE PESQUISA SOBRE SERVIÇOS DE POLINIZAÇÃO NO CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS DA UFSCAR

Eficácia dos polinizadores na produção de frutos e sementes

Como mencionado anteriormente, o serviço de polinização pode aumentar tanto a quantidade (aumento na produtividade) quanto a qualidade (formato e valor nutricional)

nal) de frutos e sementes produzidos por diversos cultivos. Alguns trabalhos desenvolvidos por alunos do Programa de Pós-Graduação em Agricultura e Ambiente do Centro de Ciências Agrárias da UFSCar exemplificam a importância do serviço de polinização para a produção de alimentos.

O cultivo da berinjela (*Solanum melongena*) pode ser altamente favorecido pela presença de polinizadores nativos. A dissertação desenvolvida por Zambon (2015) apontou para a existência de diversas espécies de visitantes florais que exercem papel de polinizadores da berinjela, porém com diferentes níveis de eficácia na formação do fruto, devido ao comportamento específico de cada uma. A abelha *Exomalopsis diminuta* apresentou maior eficácia que a *Apis mellifera* na realização de apenas uma visita à flor, indicando que o comportamento vibratório é importante para a polinização desse cultivo (Figura 1A).

O cultivo de maracujá (*Passiflora edulis*) é essencialmente dependente da polinização pela abelha do gênero *Xylocopa* (Figura 1B), mas pouco sabemos sobre a quantidade de visitas que uma flor deve receber para que ocorra a formação de frutos. Um dos objetivos da dissertação desenvolvida por Martarello (2016) foi comparar a eficácia na formação de frutos e sementes em *P. edulis* f. *flavicarpa* por meio de visitas individuais e duas visitas de *Xylocopa frontalis* com a polinização cruzada manual e a polinização natural. Mesmo não apresentando diferença significativa em relação à quantidade de sementes formadas, verificou-se que há di-

ferença significativa entre as taxas de frutificação em polinização cruzada manual e a natural, indicando limitação polínica. Outra evidência é que taxas de frutificação mais elevadas foram obtidas por meio do tratamento de polinização cruzada manual, sugerindo assim que mais de duas visitas são necessárias para promover uma maior taxa de produção nos cultivos do maracujá-amarelo (MARTARELLO; GRUCHOWSKI-WOITOWICZ; AGOSTINI, 2021).

São igualmente importantes estudos sobre o serviço de polinização em cultivos que não estejam diretamente relacionados à produção de alimentos. A espécie *Crotalaria juncea*, por exemplo, que é utilizada como adubo verde, depende do serviço de polinização para a formação de frutos e sementes. O estudo desenvolvido por Ricci (2017) verificou que quanto maior o número de visitas realizadas pelo polinizador *Xylocopa frontalis* às flores de *Crotalaria juncea*, maior a produtividade do cultivo (Figura 1C).

Mais recentemente, Costa (2022) constatou que a produtividade do cultivo de soja (*Glycine max*) pode ser aumentada com a presença de polinizadores (Figura 1D). Em experimentos controlados, verificou-se que a exclusão de polinizadores pode afetar negativamente a produção de frutos e sementes no cultivo de soja. A soja é uma *commodity* e o principal produto agrícola da balança comercial brasileira, portanto, mesmo que essa espécie seja moderadamente dependente dos polinizadores para a formação de frutos e sementes, a falta do serviço de polinização pode impac-



FIGURA 1 - Espécies agrícolas e seus polinizadores. (A) Polinização de *Solanum melongena* (berinjela) por *Exomalopsis diminuta* (foto: Vivian Zambon); (B) Polinização de *Passiflora edulis* (maracujá) por *Xylocopa frontalis* (foto: Natalia Seneda Martarello); (C) Polinização de *Crotalaria juncea* (adubo verde *Crotalaria*) por *Xylocopa frontalis* (foto: Nicolas Alberto Polizelli Ricci); e (D) Polinização de *Glycine max* (soja) por *Apis mellifera* (foto: Rayssa Duarte Costa).

tar negativamente a economia brasileira (REDE BRASILEIRA DE INTERAÇÕES PLANTA-POLINIZADOR, 2019).

Importância da paisagem no serviço de polinização

A paisagem ao redor dos cultivos é uma variável determinante para a manutenção do serviço de polinização e, conseqüentemente, para aumentar a produção de frutos e sementes. Os fragmentos de vegetação nativa são importantes para suprir a necessidade alimentar dos polinizadores, pois terão regularidade e diversidade na oferta de alimento (pólen e néctar) ao longo do ano e assim propiciarão a permanência de polinizadores próximos às áreas agrícolas.

O tomate é uma espécie que é altamente dependente do serviço de polinização para a formação de frutos (REDE BRASILEIRA DE INTERAÇÕES PLANTA-POLINIZADOR, 2019). O estudo realizado por Trevizor (2015) com o tomate (*Solanum lycopersicum*) indica que indivíduos em áreas de cultivo que estão mais próximas da mata ciliar recebem visitas de uma maior riqueza de polinizadores, o que pode influenciar na quantidade e qualidade de frutos formados. Já o estudo realizado por Costa (2022) verificou que indivíduos distantes de 50 m a 150 m do fragmento florestal não apresentaram diferença significativa na produtividade com relação à sua distância do fragmento florestal. Provavelmente, o raio de voo dos polinizadores da soja é maior que 150m, e isso faz com que não ocorra diferença na produtividade.

Valoração econômica do serviço de polinização

Atualmente, a valoração econômica do serviço de polinização tem despertado muito interesse em discussões sobre a conservação dos polinizadores. Todos os capitais (natural, social, físico, financeiro e humano) são importantes para a realização de uma avaliação multidimensional desse serviço (GARIBALDI et al., 2015), mas a monetização e as cifras bilionárias calculadas com relação à dependência do serviço de polinização despertam o interesse de diversas áreas do mercado. Entender o valor econômico do serviço de polinização em diferentes ações cotidianas é um processo interessante para aproximar diferentes atores que possam auxiliar na conservação dos polinizadores. O estudo realizado por Domingos et al. (2022) mostra que nos alimentos fornecidos para a alimentação escolar, muitos dependem do serviço de polinização. Geralmente esses produtos são frutos, legumes, temperos e grãos que provêm micronutrientes e vitaminas para as crianças que dependem da alimentação escolar, garantindo uma boa alimentação e, conseqüentemente, proporcionando segurança alimentar. O estudo foi desenvolvido em parceria com o Grupo de Pesquisa Nutrição e Pobreza, do Instituto de Estudos Avançados (IEA) da

Universidade de São Paulo (USP), sendo que todos os dados foram extraídos da base de dados desenvolvida pelo Centro de Inteligência Artificial (C4AI) da USP.

Grupo de estudos sobre abelhas e os serviços ambientais – ASAs

O grupo de estudos sobre Abelhas e os Serviços Ambientais (ASAs) está em atividade no Centro de Ciências Agrárias (CCA) desde 2010. O principal objetivo do grupo é desenvolver estudos que nos permitam entender os impactos dos produtos utilizados na agricultura sobre as abelhas sem ferrão, bem como propor medidas que contribuam para o desenvolvimento de uma agricultura mais sustentável com proteção da biodiversidade.

No Brasil existem cerca de 244 espécies de abelhas sem ferrão, incluindo algumas na lista de animais ameaçados de extinção (KERR, 1996; DE MENEZES PEDRO, 2014). No ambiente, diversos fatores colocam as abelhas em risco, como desmatamento e fragmentação de habitats (INTERGOVERNMENTAL SCIENCE-POLICY PLATFORM ON BIODIVERSITY AND ECOSYSTEM SERVICES, 2016). Esses fatores levam a uma redução da mata nativa, o que faz com que as abelhas busquem por seus recursos em áreas agrícolas, o que é importante para a produção de alimentos, mas as expõem aos agrotóxicos por diversas rotas (NUNES et al., 2007). Por outro lado, esse impacto pode prejudicar a própria produção agrícola, levando a uma perda de produtividade.

Para garantir a produtividade, principalmente das culturas dependentes ou beneficiadas pela polinização realizada pelas abelhas, é importante olharmos para o impacto dos agrotóxicos e repensarmos nosso sistema de produção agrícola. Os dados obtidos pelo grupo trazem várias informações que já foram importantes para algumas ações tomadas, inclusive pelo Governo Federal, em prol das abelhas e dos serviços de polinização.

Efeitos dos agrotóxicos sobre as abelhas

Normalmente, quando se fala sobre os efeitos dos agrotóxicos sobre as abelhas, logo pensamos em inseticidas. É um pensamento óbvio, uma vez que as abelhas são insetos. Porém, agrotóxicos de outras classes, como fungicidas e herbicidas, também apresentam níveis de toxicidade para as abelhas. Dessa forma, desenvolvemos estudos não só sobre os efeitos dos inseticidas, mas também de outras classes e com produtos biológicos.

Dentre os inseticidas estudados pelo grupo ASAs, o grupo dos neonicotinoides foi o mais frequente. Os neonicotinoides atuam como agonistas da acetilcolina, ou seja, imitam esse neurotransmissor excitatório e acabam competindo pelos mesmos receptores nicotínicos. Com isso,

ocorre um colapso no sistema nervoso central, resultando em tremores e convulsões ocasionados pela hiperexcitação e, posteriormente, dependendo da dose, a morte do inseto (HOPWOOD et al., 2012; CARILLO et al., 2013).

Atualmente, seis ingredientes ativos (ia) diferentes (acetamiprido, clotianidina, dinotefuran, imidacloprido, tiacloprido e tiametoxam) estão registrados no Brasil, sendo comercializados em diferentes formulações (BRASIL, 2022). Os estudos sobre os efeitos dos neonicotinoides sobre as abelhas são realizados se estabelecendo as doses e concentrações letais médias (DL_{50} e CL_{50}). A DL_{50} representa a dose capaz de causar a morte de 50% da população testada, enquanto a CL_{50} representa a concentração capaz de causar a morte de 50% da população testada. Esses valores são utilizados como base para determinar o grau de toxicidade de uma substância. A partir delas, pode-se calcular as doses residuais (ou doses subletais) e avaliar as taxas de mortalidade, alterações morfológicas e alterações fisiológicas.

A maioria dos dados existentes até hoje foi obtido por meio da espécie exótica *Apis mellifera*, introduzida no Brasil por volta de 1850. Porém, para garantir a proteção das abelhas brasileiras é importante o desenvolvimento de estudos que mostrem os efeitos nas abelhas nativas. Estudos realizados por Costa (2015) e Soares et al. (2015) estabeleceram os valores de DL_{50} e CL_{50} do imidacloprido para as espécies de abelhas sem ferrão *Melipona scutellaris* e *Scaptotrigona postica*, respectivamente (Figura 2).

Além dos dados da toxicidade dos ias apresentados acima, o grupo também tem se dedicado a entender os possíveis efeitos subletais (doses abaixo da DL_{50} ou CL_{50}), presentes na forma de resíduos das aplicações nas áreas agrícolas e em seu entorno. Estudos realizados por Grella (2017) e Araújo

(2017) avaliaram os efeitos de doses subletais de tiametoxam sobre as espécies *M. scutellaris* por meio de análises histológicas e bioquímicas. Os resultados indicaram alterações em órgãos importantes para a sobrevivência das abelhas, como os sistemas digestório, excretor e nervoso, tanto na morfologia quanto na capacidade de resposta celular à intoxicação.

Os efeitos de intoxicação não foram observados apenas pela exposição aos neonicotinoides, estudos realizados pelo grupo também demonstraram efeitos causados por outros inseticidas, como o fipronil, fungicidas e herbicidas. Lourenço (2012) demonstrou em seu trabalho que, além de ser extremamente tóxico para as abelhas sem ferrão *M. scutellaris*, as doses subletais interferiram na capacidade de deslocamento das abelhas e de reconhecimento das fontes de alimento. O mesmo inseticida pode, ainda, interferir com o metabolismo celular, diminuindo a capacidade de respostas à intoxicação (ARAÚJO, 2017).

Apesar de não serem os organismos alvo dos herbicidas e fungicidas, estes podem afetar as abelhas. A intoxicação não se dá de forma direta pelo modo de ação dos ias, mas indiretamente, pela exposição repetida à substância química. Além disso, na realidade do campo, as abelhas são expostas a diferentes ias ao mesmo tempo. Nocelli, Soares e Monquero (2019) avaliaram os efeitos de três herbicidas (2,4D, glifosato e picloram) sobre a sobrevivência de abelhas da espécie *M. scutellaris*. Os resultados indicaram que as doses de campo de 2,4D e glifosato afetam a longevidade das abelhas. Porém, quando associados a outros ias utilizados para a mesma cultura, os efeitos negativos podem acontecer em doses muito menores (GRELLA, 2022; LOURENCETTI, 2022).

Os fungicidas também podem afetar as abelhas, principalmente as espécies que apresentam relações benéfi-

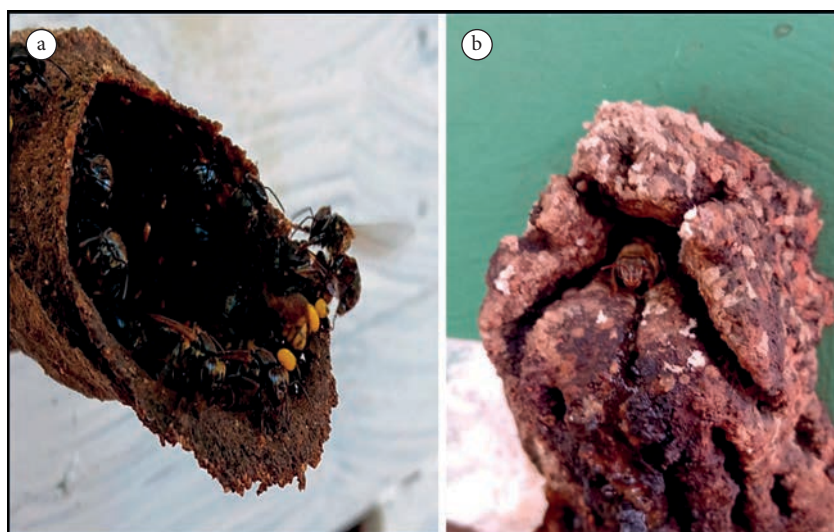


FIGURA 2 - Espécies de abelhas sem ferrão mais estudadas pelo grupo de estudos ASAs nas entradas de seus ninhos. As entradas são características para cada espécie. (A) *Scaptotrigona postica*; (B) *Melipona scutellaris*. Fotos – Ana Paula Salomé Lourencetti (2022).

cas com fungos, como aquelas do gênero *Scaptotrigona* (DE MENEZES, et al, 2015). Trabalhos desenvolvidos pelo grupo mostraram como a exposição crônica a fungicidas pode afetar os sistemas digestório e excretor (ORSI, 2020) e a sobrevivência de abelhas da espécie *S. postica* (LOURENCETTI, 2022), indicando que todos os produtos, e não só os inseticidas, precisam ser utilizados com cautela para a proteção das abelhas.

Recentemente, o estudo desenvolvido por Lourencetti et al. (2022) mostrou a diferença na sensibilidade aos agrotóxicos de três espécies brasileiras (além das já citadas, também foi avaliada a espécie *Tetragonisca angustula*) em comparação com a espécie *A. mellifera*. As espécies brasileiras se mostraram mais susceptíveis aos ias, em todos os estudos citados, que a espécie *Apis mellifera*.

Essas espécies são importantes polinizadores de plantas nativas e diferentes culturas agrícolas, como *M. scutellaris* para pimentão, tomate, berinjela e pepino (REDE BRASILEIRA DE INTERAÇÕES PLANTA-POLINIZADOR, 2019). As abelhas dessa espécie são capazes de realizar a polinização por vibração (*buzz pollination*), importante característica para a polinização de plantas com anteras poricidas. A espécie *S. postica* é uma importante polinizadora para as culturas de café, açaí e pepino (REDE BRASILEIRA DE INTERAÇÕES PLANTA-POLINIZADOR, 2019), entre muitas outras culturas. Com exceção da cultura do açaí, todas as outras culturas mencionadas possuem neonicotinoides, fungicidas e herbicidas dos grupos químicos estudados pelo ASAs autorizados para uso em diferentes formulações.

O uso de produtos tóxicos para as abelhas em culturas agrícolas que são dependentes ou beneficiadas pelos serviços de polinização por elas prestados coloca nosso sistema agrícola em um dilema que precisa ser resolvido. É possível termos uma agricultura mais sustentável, com conservação da biodiversidade. Os dados dos dois grupos de estudos mencionados têm servido como base para construir uma agricultura mais amigável às abelhas.

Contribuições para um futuro melhor

Para abrangermos o conhecimento sobre o serviço de polinização, são necessários estudos interdisciplinares que resultem em ações efetivas para a construção de políticas públicas. A Rede Brasileira de Interações Planta-Polinizador (REBIPP) tem se preocupado em atender demandas e desenvolver pesquisas em diversas áreas do conhecimento relacionadas à polinização. A Profa. Kayna Agostini é uma das coordenadoras da REBIPP e participa juntamente com alunos e alunas do PPGAA de projetos internacionais que buscam entender o serviço de polinização, principalmente em áreas agrícolas. O Projeto *Safeguarding Pollination Services in a Changing World: theory into practice* (SURPASS 2), financiado pela Fapesp (2018/14994-1) em colaboração com

Argentina, Chile e Reino Unido, teve os seguintes objetivos: desenvolver a Base de Dados de Interação Planta-Polinizador, construir uma rede de ciência cidadã para polinização e entender a importância da paisagem para grandes cultivos como soja e mirtilo (blueberry). Além do projeto SURPASS, a Rebipp também desenvolve o projeto *Synthesis on Pollination Intensification: Biodiversity and Sustainable Agriculture* (SPIN), financiado pelo CNPq (442351/2019-4), conta com renomados pesquisadores brasileiros e estrangeiros. O objetivo do SPIN é entender quais são as demandas pelo serviço de polinização no território brasileiro e as áreas que estão ofertando esse serviço, principalmente para áreas agrícolas. Esses projetos são importantes para entender quais são as lacunas de estudo no serviço de polinização e viabilizar dados que auxiliem futuramente na construção de políticas públicas, principalmente para a conservação dos polinizadores.

Com os crescentes relatos referentes à Síndrome do Colapso das Colmeias (CCD – do inglês *Colony Collapse Disorder*) (NEUMANN; CARRECK, 2010) e aos casos de mortalidade de abelhas no Brasil, principalmente no estado de São Paulo, o Instituto Brasileiro para o Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) organizou grupos de trabalho e iniciou o desenvolvimento dos manuais de avaliação de risco ambiental, sendo que o primeiro a ser finalizado abordou as abelhas.

A coordenadora do grupo de estudos ASAs integrou o grupo de trabalho, que gerou a instrução normativa (IN nº 02/2017) e o manual para avaliação (BRASIL, 2017) de risco ambiental de agrotóxicos para abelhas, lançado em 26 de julho de 2017. O manual traz, pela primeira vez na América Latina, um esquema de avaliação de risco para abelhas nos processos de registro de agrotóxicos. Porém, os testes solicitados são realizados com a espécie *A. mellifera*, devido às várias lacunas de conhecimento existentes em relação às abelhas brasileiras.

Dessa forma, além da IN e do Manual de Avaliação de Risco para Abelhas, foi publicada uma nota técnica (NT 02001.000062/2017-93 CCONP/IBAMA; INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS RENOVÁVEIS, 2017) para tornar pública a necessidade de pesquisas nas áreas relacionadas à avaliação de risco ambiental para abelhas. A nota técnica resultou em uma chamada pública realizada pelo CNPq em parceria com outros ministérios e a iniciativa privada (CNPq/MCTIC/IBAMA/Associação ABELHA Nº 32/2017) apoiando vários projetos voltados às espécies brasileiras em cinco linhas:

1. Pesquisa em patógenos e parasitas em abelhas nativas e em *A. mellifera*;
2. Monitoramento e avaliação da situação das abelhas nativas no Brasil;
3. Avaliação de ecotoxicidade de agrotóxicos para espécies nativas selecionadas;
4. Quantificação e caracterização de recursos ambientais coletados por espécies de abelhas nativas e

5. Avaliação bioeconômica do serviço de polinização na produtividade agrícola em culturas.

O grupo de estudos ASAs foi responsável pelo desenvolvimento de diversos trabalhos relacionados à linha de pesquisa 3 (CNPq 400540/2018-5) e os dados obtidos poderão subsidiar futuras políticas públicas. Além disso, a coordenadora do grupo é a coordenadora geral do grupo de trabalho para o desenvolvimento de testes de toxicidade para abelhas sem ferrão junto à Comissão Internacional para as Relações Planta-Polinizador (ICPPR). O grupo também é responsável pelo desenvolvimento de um dos subprojetos temáticos da FAPESP, “Interações abelha – agricultura: perspectivas para a utilização sustentável (2017/21097-3)”, que integra o programa BIOTA FAPESP.

AGRADECIMENTOS

Nós agradecemos os auxílios financeiros para o desenvolvimento dos trabalhos relacionados ao serviço de polinização e abelhas desenvolvido no Centro de Ciências Agrárias da UFSCar. Agradecemos à CAPES pelas bolsas concedidas aos alunos de mestrado para o desenvolvimento das dissertações, à FAPESP (projetos de pesquisa nº 2018/14994-1 e 2017/21097-3), ao CNPq (projetos de pesquisa 442351/2019-4 e 400540/2018-5) e à Diretoria do Centro de Ciências Agrárias da UFSCar pelo Auxílio Incentivo à Pesquisa Docente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAÚJO, J. F. **Efeitos isolados e combinados dos inseticidas fipronil e tiametoxam para a abelha brasileira *Melipona scutellaris* Latreille, 1811 (Hymenoptera, Apidae)**. 2017. 99 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura e Ambiente)-Universidade Federal de São Carlos, Araras. 2017.
- BRASIL. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Renováveis – IBAMA. Instrução Normativa nº 02/2017. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 10 fev. 2017. Disponível em: <<http://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?jornal=1&pagina=33&data=10/02/2017>>. Acesso em: 14 dez. 2022.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **AGROFIT: sistema de agrotóxico fitossanitários**. Brasília, 2022. Disponível em: <https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 15 dez. 2022.
- CARILLO, M. P. et al. Influence of agrochemicals fipronil and imidacloprid on the learning behavior of *Apis mellifera* L. honeybees. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, Maringá, v. 35, n. 4, p. 431-434, 2013.
- COSTA, L. M. **Avaliação dos efeitos associados dos inseticidas fipronil e imidacloprido sobre a mortalidade da abelha nativa *Melipona scutellaris* (Latreille, 1811)**. 2015. 74 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura e Ambiente)-Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2015.
- COSTA, R. D. **Importância dos fragmentos de vegetação nativa para a manutenção do serviço de polinização no cultivo de soja**. 2022. 42 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura e Ambiente)-Universidade Federal de São Carlos, Araras. 2022.
- COSTANZA, R. et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital. **Nature**, New York, v. 387, n. 6630, p. 253-260, 1997. <http://dx.doi.org/10.1038/387253a0>.
- COSTANZA, R. et al. Twenty years of ecosystem services: How far have we come and how far do we still need to go? **Ecosystem Services**, Cambridge, v. 28, p. 1-16, 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.09.008>.
- DE MENEZES, C. et al. A Brazilian social bee must cultivate fungus to survive. **Current Biology**, Cambridge, v. 25, n. 21, p. 6p, 2015. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cub.2015.09.028>. PMID:26592344.
- DE MENEZES-PEDRO, S. R. The stingless bee fauna in Brazil (Hymenoptera: Apidae). **Sociobiology**, Feira de Santana, v. 61, n. 4, p. 348-354, 2014. <https://doi.org/10.13102/sociobiology.v61i4.348-354>.
- DICKS, L. V. et al. A global-scale expert assessment of drivers and risks associated with pollinator decline. **Nature Ecology & Evolution**, London, v. 5, n. 10, p. 1453-1461, 2021. <http://dx.doi.org/10.1038/s41559-021-01534-9>. PMID:34400826.
- DOMINGOS, S. S. et al. Pollination service dependence in Brazilian School Meal Program. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE POLINIZAÇÃO, 4., 2022, Garanhuns. **Anais...** São Paulo: A.B.E.L.H.A., 2022.
- FREITAS, B. M.; SILVA, C. I. O papel dos polinizadores na produção agrícola no Brasil. In: IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. (Ed.). **Agricultura e polinizadores**. 1. ed. São Paulo: A.B.E.L.H.A., 2015. p. 9-18.
- GALETTO, L. et al. Risks and opportunities associated with pollinators' conservation and management of pollination services in Latin America. **Ecología Austral**, Buenos Aires, v. 32, n. 1, p. 55-76, 2022. <https://doi.org/10.25260/EA.22.32.1.0.1790>.
- GARIBALDI, L. et al. **A quantitative approach to the socio-economic valuation of pollinator-friendly practices: a protocol for its use**. 1. ed. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2015.
- GRELLA, T. C. **Coexposição de abelha nativa e exótica ao imidacloprido e glifosato: uma avaliação do sistema imune**. 2022. 152 f. Tese (Doutorado em Biologia Celular, Molecular e Microbiologia)-Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista (Unesp), Rio Claro. 2022.
- GRELLA, T. C. **Efeitos de nanodoses do inseticida tiametoxam para a abelha *Melipona scutellaris* Latreille, 1811 (Hymenoptera, Apidae): da absorção ao órgão alvo**. 2017. 60 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura e Ambiente)-Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2017.
- HOPWOOD, J. et al. **Are neonicotinoids killing bees: a review of research into the effects of neonicotinoid insecticides on bees**,

- with recommendations for action. Portland: The Xerces Society For Invertebrate Conservation, 2012. p. 44.
- INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS RENOVÁVEIS – IBAMA. **Nota Técnica 02001.000062/2017-93**. 2017. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/phocadownload/agrotoxicos/avaliacao/2017/2017-07-27-nota_tecnica_avaliacao_de_risco_de_agrotoxicos-para-abelhas.pdf>. Acesso em: 14 dez. 2022.
- INTERGOVERNMENTAL SCIENCE-POLICY PLATFORM ON BIODIVERSITY AND ECOSYSTEM SERVICES – IPBES. **The assessment report of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services on pollinators, pollination and food production**. Bonn: Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, 2016. 552 p.
- JOLY, C. A. et al. **1º diagnóstico brasileiro de biodiversidade e serviços ecossistêmicos**. São Carlos: Editora Cubo, 2018. 351 p. <http://dx.doi.org/10.4322/978-85-60064-88-5>.
- KERR, W. E. **Biologia e manejo de meliponíneos**. Viçosa: UFV, 1996.
- KLEIN, A. et al. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. **Proceedings. Biological Sciences**, London, v. 274, n. 1608, p. 303-313, 2007. <http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2006.3721>. PMID:17164193.
- LOURENCETTI, A. P. S. et al. Surrogate species in pesticide risk assessments: Toxicological data of three stingless bees species. **Environmental Pollution**, Barking, v. 318, p. 120842, 2022. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envpol.2022.120842>. PMID:36509344.
- LOURENCETTI, A. P. S. **Sensibilidade de abelhas brasileiras a agrotóxicos: avaliação de risco ambiental e o modelo baseado em *Apis mellifera* Linnaeus, 1758 (Hymenoptera, Apidae)**. 2022. 61 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura e Ambiente)-Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2022.
- LOURENÇO, C. T. **Determinação da toxicidade tópic e oral do inseticida fipronil e efeitos de suas doses subletais no comportamento de abelhas sem ferrão *Melipona scutellaris* (Latreille, 1811)**. 2012. 66 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura e Ambiente)-Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2012.
- MARTARELLO, N. S. **Visitantes florais e eficácia de *Xylocopa frontalis* (Olivier, 1789) na polinização de *Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg. (Passifloraceae)**. 2016. 52 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura e Ambiente)-Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2016.
- MARTARELLO, N.; GRUCHOWSKI-WOITOWICZ, F. C.; AGOSTINI, K. Pollinator efficacy in yellow passion fruit (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg., Passifloraceae). **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 50, n. 3, p. 349-357, 2021. <http://dx.doi.org/10.1007/s13744-020-00846-y>. PMID:33721235.
- MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT – MEA. **Ecosystems and human well-being: synthesis**. Washington, DC: Island Press, 2005.
- NEUMANN, P.; CARRECK, N. L. Honey bee colony losses. **Journal of Apicultural Research**, Wales, v. 49, n. 1, p. 1-6, 2010. <http://dx.doi.org/10.3896/IBRA.1.49.1.01>.
- NOCELLI, R. C. F.; SOARES, S. M. M.; MONQUERO, P. A. Effects of herbicides on the survival of the Brazilian native bee *Melipona scutellaris* Latreille. (Hymenoptera: Apidae). **Planta Daninha**, Campinas, v. 37, p. e019220193, 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-83582019370100156>.
- NUNES, L. A. et al. Genetic divergence in *Melipona scutellaris* LATREILLE (Hymenoptera: Apidae) on the basis of morphologic characters. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 23, p. 1-9, 2007.
- OLLERTON, J.; WINFREE, R.; TARRANT, S. How many flowering plants are pollinated by animals? **Oikos**, Copenhagen, v. 120, n. 3, p. 321-326, 2011. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1600-0706.2010.18644.x>.
- ORSI, L. **Análise dos efeitos de agrotóxicos sobre a espécie *Scaptotrigona postica* Latreille, 1807**. 2020. 58 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura e Ambiente)-Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2020.
- PORTO, R. G. et al. Pollinator-dependent crops in Brazil yield nearly half of nutrients for humans and livestock feed. **Global Food Security**, Amsterdam, v. 31, p. 100587, 2021. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gfs.2021.100587>.
- RECH, A. R. et al. **Biologia da Polinização**. Rio de Janeiro: Editora Projeto Cultural, 2014.
- REDE BRASILEIRA DE INTERAÇÕES PLANTA-POLINIZADOR – REBIPP. **Relatório temático sobre polinização, polinizadores e produção de alimentos no Brasil**. 1. ed. São Carlos: Editora Cubo, 2019. 184 p.
- RICCI, N. A. P. **A influência da morfologia e da biologia floral no sucesso reprodutivo do adubo verde *Crotalaria juncea* L. (Leguminosae, Papilionoideae)**. 2017. 72 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura e Ambiente)-Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2017.
- ROUBIK, D. **The pollination of cultivated plants: a compendium for practitioners**. 2. ed. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2018.
- SILVA, C. I.; PACHECO-FILHO, A. J. S.; FREITAS, B. M. Polinizadores manejados no Brasil e sua disponibilidade para a agricultura. In: IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. (Ed.). **Agricultura e polinizadores**. 1. ed. São Paulo: A.B.E.L.H.A., 2015. p. 19-31.
- SOARES, H. M. et al. Toxicity of imidacloprid to the stingless bee *Scaptotrigona postica* Latreille, 1807 (Hymenoptera: Apidae). **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, New York, v. 94, n. 6, p. 675-680, 2015. <http://dx.doi.org/10.1007/s00128-015-1488-6>. PMID:25666568.
- TREVIZOR, A. M. H. **Influência da área de reserva legal sobre a biologia da polinização de *Solanum lycopersicum* L. híbrido Pizzadoro (Solanaceae)**. 2015. 53 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura e Ambiente)-Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2015.
- WILLMER, P. **Pollination and floral ecology**. Princeton: Princeton University Press, 2011. <http://dx.doi.org/10.1515/9781400838943>.
- ZAMBON, V. **Biologia da polinização e eficácia de polinizadores em *Solanum melongena* L. (Solanaceae)**. 2015. 82 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura e Ambiente)-Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2015.

Soro de queijo porungo: da enzima ao prebiótico

Porungo cheese whey: from the enzyme to the prebiotic

Sabrina Gabardo¹ 

¹Universidade Federal de São Carlos (UFSCar),
Centro de Ciências Agrárias, Departamento de
Tecnologia Agroindustrial e Socioeconomia Rural,
Araras, SP, Brasil. sabrinagabardo@ufscar.br

RESUMO O aproveitamento de resíduos agroindustriais, associado à tecnologia de processos enzimáticos, tem incentivado o desenvolvimento de novas estratégias para a obtenção de bioprodutos, tais como enzimas e galacto-oligosacarídeos (GOS). A enzima β -galactosidase é amplamente utilizada na produção de produtos sem lactose, e, recentemente, estudos acerca da produção de GOS têm emergido como forma de aproveitar o principal resíduo das indústrias de laticínios – o soro de queijo. Este se configura como um substrato rico em lactose, contribuindo como fonte alternativa e de baixo custo para a obtenção de GOS, os quais atuam como prebióticos. Entre os principais benefícios destacam-se a redução da formação de metabolismo tóxicos, o aumento da absorção de minerais e a redução da gravidade de doenças da atualidade, como obesidade e diabetes. A síntese de GOS ocorre pela reação de transgalactosilação catalisada por β -galactosidase. A técnica de imobilização enzimática para a obtenção de GOS permite diversas vantagens, incluindo recuperação facilitada da enzima em relação ao meio de reação, maior estabilidade térmica e operacional e redução dos custos de manutenção. Este capítulo apresenta uma abordagem das recentes metodologias e estratégias de obtenção de GOS, as variáveis de processo para a sua síntese, além dos principais resultados obtidos por este grupo de pesquisa, dos benefícios dos GOS para a saúde e de suas propriedades tecnológicas para aplicação industrial. Uma abordagem para a produção sustentável de β -galactosidase a partir de soro de queijo também é relatada.

Palavras-chave: Galacto-oligosacarídeos; β -galactosidase; soro de queijo; imobilização.

ABSTRACT The use of agro-industrial residues associated with enzymatic process technology has encouraged the development of new strategies for obtaining bioproducts, such as enzymes and galactooligosaccharides (GOS). The β -galactosidase enzyme is widely used in the production of lactose-free products, and, recently, studies on the production of GOS have emerged to take advantage of the main residue of the dairy industries – cheese whey. This by-product is rich in lactose, contributes as an alternative substrate and as a low-cost source for obtaining GOS, which act as prebiotics. The main benefits of GOS include the selective stimulation of beneficial microorganisms, decrease the toxic compounds formation, increases the



Este é um capítulo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença [Creative Commons Attribution](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

mineral absorption, and reduces the severity of obesity and diabetes. GOS are synthesized from the transgalactosylation reaction by β -galactosidase. The enzymatic immobilization technique for GOS obtention allows several advantages, including the reuse of the biocatalyst, the reduction of maintenance costs, and the improvement of thermal and operational stability. This chapter approaches recent methodologies and strategies for obtaining GOS, the process variables for its synthesis, besides the main results of this research group, and their health benefits and technological properties for industrial application. An approach to sustainable β -galactosidase production from cheese whey is also reported.

Keywords: Galactooligosaccharides; β -galactosidase; cheese whey; immobilization.

1. INTRODUÇÃO

O aproveitamento de subprodutos agroindustriais para a produção de biomoléculas vem sendo amplamente estudado por causa do mercado crescente e da potencial redução dos custos de produção associada à sua utilização. O emprego do soro de queijo, principal subproduto da indústria de laticínios, para a produção de enzimas e prebióticos consiste em uma alternativa tecnológica que permite a obtenção de produtos de alto valor agregado, com a simultânea minimização dos danos ambientais ocasionados pelo inadequado descarte (KOSSEVA et al., 2009; PRAZERES; CARVALHO; RIVAS, 2012; GABARDO et al., 2014; DAS; RAYCHAUDHURI; GHOSH, 2016; COELHO et al., 2020; BOLOGNESI et al., 2021; MARIM; GABARDO; AYUB, 2021; SOUZA; GABARDO; COELHO, 2022).

O soro de queijo constitui um substrato rico em nutrientes, especialmente em lactose, servindo como fonte de substrato alternativa e de baixo custo para a obtenção de biomoléculas. A β -galactosidase, comercialmente conhecida como lactase, é uma enzima de grande importância mundial, sendo aplicada em uma diversidade de processos da indústria de alimentos para a obtenção de galacto-oligosacarídeos (GOS), os quais atuam como prebióticos por aumentar seletivamente a atividade benéfica da microbiota intestinal e promover benefícios à saúde e bem-estar. Entre os principais benefícios da ingestão de GOS destacam-se o efeito bifidogênico, a supressão da atividade de bactérias patogênicas, a redução da formação de metabolismo tóxico e da gravidade de doenças da atualidade, como obesidade e diabetes (GOSLING et al., 2011; GIBSON et al., 2017; DAVANI-DAVARI et al., 2019; BOLOGNESI et al., 2021; SOUZA; GABARDO; COELHO, 2022). Neste contexto, estudos que visam à otimização da obtenção dessas biomoléculas se fazem cada vez mais necessários.

A síntese de GOS é influenciada por variáveis como concentração do substrato, pH e temperatura, além da origem da enzima (GOSLING et al., 2011; NATH; BHATTACHARJEE; CHOWDHURY, 2013; VERA et al., 2016; BOLOGNESI et al., 2021). Melhorias no processo estão sendo continuamente investigadas, sendo a técnica

de imobilização enzimática uma estratégia potencialmente promissora por permitir maior estabilidade do catalisador, além da possibilidade de reutilização e facilidade na recuperação do produto (KLEIN et al., 2013; GABARDO et al., 2014; SOUZA; GABARDO; COELHO, 2022). Acrescido a isso, produções sustentáveis de GOS têm sido relatadas por meio do aproveitamento de resíduos. A utilização do soro de queijo porungo, um subproduto da agroindústria recentemente explorado, é pioneira no Brasil e no mundo por este grupo de pesquisa. Além disso, estratégias para a obtenção e caracterização da β -galactosidase utilizada na síntese de GOS vêm sendo amplamente estudadas com a finalidade de estabelecer as melhores condições de processo.

Neste contexto, este capítulo tem como objetivo descrever as principais metodologias e estratégias empregadas na produção de GOS e da enzima β -galactosidase, além de relatar os principais resultados obtidos por este grupo de pesquisa e investigar a potencialidade dos GOS como prebióticos, suas propriedades tecnológicas e aplicações industriais.

2. SORO DE QUEIJO: POTENCIAL BIOTECNOLÓGICO PARA PRODUÇÃO DE GOS E β -GALACTOSIDASE

A valorização dos resíduos agroindustriais como potenciais fontes de matérias-primas para novos processos produtivos tem impulsionado pesquisas a desenvolver tecnologias alternativas para a geração de compostos de interesse, tais como aqueles que se remetem à produção de enzimas e oligossacarídeos. Considerando que o setor agroindustrial se caracteriza pela expressiva geração de resíduos, o aproveitamento destes em novos processos consiste em uma estratégia importante, visto a redução dos danos ambientais ocasionados pelo seu inadequado descarte e a potencial recuperação de nutrientes com alto valor biológico, servindo como fontes de matéria abundante e não onerosa e contribuindo para a geração de produtos com alto valor agregado (CHRISTENSEN et al., 2011; GABARDO et al., 2014; PEREIRA et al., 2018; BOLOGNESI et al., 2021; MARIM; GABARDO, 2021).

Entre os resíduos agroindustriais com potencialidade de utilização para processos tecnológicos destaca-se o soro de queijo, resíduo da indústria de laticínios, que representa o principal e mais problemático subproduto desse tipo de indústria em decorrência de sua elevada carga orgânica e grande volume gerado. Caracterizado por elevados valores de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), que variam na faixa de 30 g/L a 50 g/L, o soro de queijo apresenta potencial poluidor, aproximadamente, 100 vezes maior que o esgoto doméstico (SISO, 1996; GUIMARÃES; TEIXEIRA; DOMINGUES, 2010; GABARDO et al., 2014; 2016; DAS; RAYCHAUDHURI; GHOSH, 2016). Além disso, em média, para a fabricação de 1 quilo de queijo, recuperam-se 9 litros de soro de queijo dos 10 litros de leite que são utilizados no processamento. O queijo porungo é produzido a partir de leite cru, na região sudoeste do Estado de São Paulo, Brasil, e possui características semelhantes ao queijo muçarela (PEZZO; SANTI, 2017; SILVA et al., 2020). O processo consiste, resumidamente, em adicionar uma cultura *starter* natural (soro fermentado) ao leite cru até a coagulação. O excesso de soro é então removido, e uma parcela deste é reservada e usada como cultura *starter* para iniciar a nova produção (SILVA et al., 2020).

O descarte inadequado do soro de queijo conduz a sérios problemas ambientais, além de representar grandes perdas econômicas para a indústria de laticínios, já que cerca da metade da produção mundial é disposta em plantas de tratamento de efluente (SISO, 1996; GUIMARÃES; TEIXEIRA; DOMINGUES, 2010; PRAZERES; CARVALHO; RIVAS, 2012; DAS; RAYCHAUDHURI; GHOSH, 2016; BOLOGNESI et al., 2021). A produção mundial de soro de queijo é estimada em 199 milhões de toneladas anuais (UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE, 2021), sendo significativa a contribuição do Brasil para a geração desse subproduto. Embora cerca de 50% do soro de queijo gerado seja utilizado em formulações alimentícias e farmacêuticas, o restante do volume é grande o suficiente para poder ser aproveitado em outros processos biotecnológicos que visem à obtenção de produtos com alto valor agregado. Por causa de sua composição única – lactose (45-50 g/L), proteínas (6-8 g/L) e sais minerais (5-7 g/L) –, o soro de queijo se caracteriza como um substrato rico, com potencialidade de aplicação em diferentes bioprocessos e na síntese de diversas biomoléculas, tais como enzimas e prebióticos (SISO, 1996; PRAZERES; CARVALHO; RIVAS, 2012; GABARDO et al., 2014, 2016; COELHO et al., 2020; MARIM; GABARDO; AYUB, 2021; BOLOGNESI et al., 2021). Até o momento, não há relatos sobre a utilização do soro de queijo porungo, sendo este grupo pioneiro nas investigações de produção de β -galactosidase e GOS; portanto, sua biotransformação pode ser cientificamente interessante.

3. GALACTO-OLIGOSSACARÍDEOS: POTENCIAL PREBIÓTICO

Os GOS constituem-se em uma classe importante de oligossacarídeos de grau alimentar, definidos como fibras alimentares não digeríveis pelo organismo humano, e atuam como prebióticos, uma vez que aumentam seletivamente a atividade benéfica da microbiota intestinal, estimulando o crescimento de microrganismos benéficos, tais como *Bifidobacterium* e *Lactobacillus*, gerando benefícios à saúde e bem-estar humano (GIBSON et al., 2004; GIBSON et al., 2010; GOSLING et al., 2011; DAVANI-DAVARI et al., 2019; AHMAD et al., 2021; SOUZA; GABARDO; COELHO, 2022). Estas biomoléculas devem apresentar resistência ao baixo pH do estômago, ser metabolizadas pela microbiota intestinal e estimular seletivamente o crescimento e/ou atividade das bactérias promotoras da saúde nessa microbiota (ROBERFROID, 2008; DAVANI-DAVARI et al., 2019; SANDERS et al., 2019). Após ampla discussão pela comunidade científica (GIBSON e ROBERFROID, 1995; GIBSON et al., 2004; REID et al., 2003; GIBSON et al., 2010; BINDELS et al., 2015), prebiótico é definido como um substrato utilizado seletivamente por microrganismos hospedeiros conferindo benefício à saúde (GIBSON et al., 2017). Embora a atividade prebiótica tenha sido atribuída, principalmente, a oligossacarídeos (2 a 12 monômeros), deve-se enfatizar que nem todos os carboidratos não digeríveis da dieta são prebióticos (ROBERFROID, 2008; DAVANI-DAVARI et al., 2019; SOUZA; GABARDO; COELHO, 2022).

Os efeitos benéficos da ingestão de GOS incluem o aumento da população de bifidobactérias do cólon e a supressão da atividade de bactérias patogênicas, levando à redução da formação do metabolismo tóxico (GIBSON; ROBERFROID, 1995; GOSLING et al., 2011; FAI; PASTORE, 2015; GIBSON et al., 2017; DAVANI-DAVARI et al., 2019). Entre outros benefícios, a mudança na microbiota intestinal pode levar à diminuição do colesterol no sangue, reduzir a incidência de câncer colorretal, fortalecer o sistema imune, estimular a absorção de cálcio e minerais, diminuir sintomas de doenças como a doença de *Crohn*, reduzir a gravidade de doenças da atualidade, como obesidade e diabetes (RASTALL, 2010; FAI; PASTORE, 2015; FARIAS et al., 2019; MISTRY et al., 2020; SOUZA; GABARDO; COELHO, 2022). Segundo Sangwan et al. (2011), os benefícios da ingestão dos GOS podem ser divididos em dois aspectos principais: o primeiro consiste no estímulo do crescimento de bactérias benéficas; o segundo consiste na produção de ácidos graxos de cadeia curta. Por exemplo, a fermentação dos GOS produz butirato e propionato, que estimulam a apoptose (morte celular programada) e atuam como anti-inflamatório, agindo como uma barreira ao desenvolvimento de câncer (MACFARLANE; STEED; MACFARLANE, 2008; SANGWAN et al., 2011). Esses ácidos graxos de cadeia cur-

ta atuam como coletores de elétrons para a respiração anaeróbica no intestino, melhorando a biodisponibilidade de minerais (Fe, Mg e Ca) e, portanto, sua melhor absorção (WHISNER et al., 2013; AHMAD et al., 2021). A diminuição do pH intestinal dificulta o crescimento de bactérias patogênicas em razão da reduzida disponibilidade de nutrientes para os microrganismos invasores, além de melhorar a biodisponibilidade de minerais (Fe, Mg e Ca) (SANDERS et al., 2019; AHMAD et al., 2021). Os GOS têm levado a efeitos positivos sobre obesidade e diabetes, em que a redução de apetite, da ingestão alimentar e da inflamação e a melhora na disbiose têm sido reportadas (MOREL et al., 2015; GONAI et al., 2017). Acrescido a isso, os GOS são uma alternativa para ingestão por pessoas com diabetes por causa de seu baixo índice glicêmico e poder calorífico inferior a 50% da sacarose (SANGWAN et al., 2011; FAI; PASTORE, 2015). Diante desse contexto, os prebióticos vêm despertando cada vez mais interesse pela comunidade científica em razão de sua capacidade de estimular beneficemente as funções do organismo e promover melhores condições de saúde e bem-estar (FAI; PASTORE, 2015; FARIAS et al., 2019; DAVANI-DAVARI et al., 2019; SOUZA; GABARDO; COELHO, 2022).

A síntese de GOS vem sendo amplamente estudada com a finalidade de aplicação nas indústrias alimentícia e farmacêutica, e, recentemente, estudos têm sido reportados no setor agrícola (TORRES et al., 2010; LAMSAL, 2012; DAVANI-DAVARI et al., 2019; SOUZA; GABARDO; COELHO, 2022). Meios alternativos e de baixo custo, como resíduos agroindustriais, a exemplo do soro de queijo, estão sendo amplamente estudados para a síntese da enzima e de GOS, caracterizando-se por ser uma forma sustentável de obter biomoléculas de grande relevância e comercialização mundial, permitindo associar a minimização dos impactos ambientais ocasionados pela própria indústria de alimentos e agregando valor a novos produtos da indústria alimentícia, farmacêutica e agrícola (Figura 1), os quais apresentam diversos benefícios à saúde humana e, inclusive, animal.

Diante disso, estudos que visam aproveitar esses subprodutos e otimizar a produção dessas biomoléculas se fazem cada vez mais necessários. Exemplos consistem em trabalhos recentemente publicados por este grupo de pesquisa (BOLOGNESI et al., 2021), que visam à otimização da produção de GOS usando soro de queijo porungo, assim como avaliar as variáveis de processo para a produção da enzima envolvida nessa biossíntese (COELHO et al., 2020; MARIM; GABARDO; AYUB, 2021).

4. SÍNTESE DE GOS: O ESTADO DA ARTE

Os GOS constituem uma classe importante de oligossacarídeos de grau alimentar. Estes contêm em sua estrutura um resíduo de glicose terminal e monômeros de galactose as-

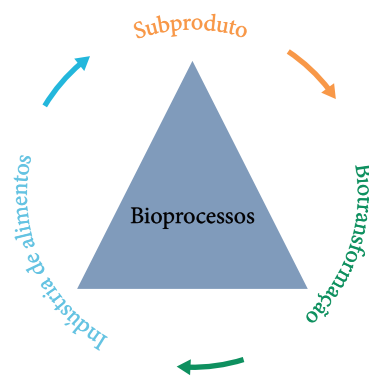
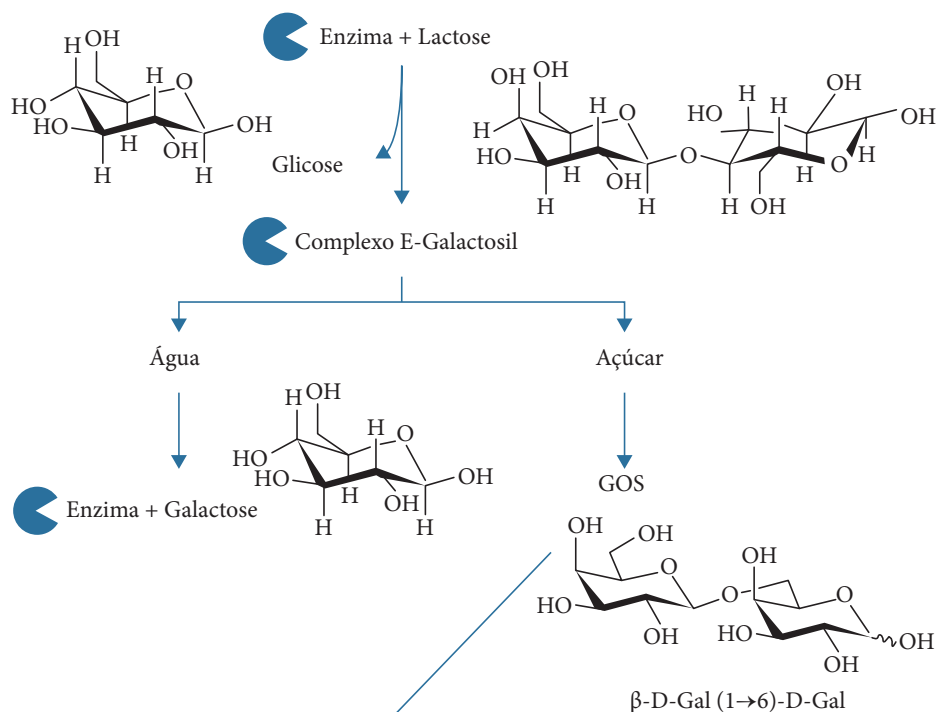


FIGURA 1 - Esquema da potencialidade de aproveitamento de subprodutos da indústria de alimentos para biotransformações em novas biomoléculas com potencial de empregabilidade nas indústrias alimentícia, química e farmacêutica.

Fonte: Autor.

sociados por ligações glicosídicas, geralmente do tipo Gal $\beta(1\rightarrow3)$, Gal $\beta(1\rightarrow6)$ e Gal $\beta(1\rightarrow4)$, por meio da reação de transgalactosilação catalisada pela enzima β -galactosidase (EC 3.2.1.23). De forma geral, os galacto-oligosacarídeos possuem a estrutura Gal_n-Glc, em que *n* indica o grau de polimerização, possuindo diversas configurações e composições químicas resultantes das condições do processo reacional, do tipo e da origem da enzima utilizada (Figura 2) (GOSLING et al., 2010; NATH; BHATTACHARJEE; CHOWDHURY, 2013; FARIAS et al., 2019; SOUZA; GABARDO; COELHO, 2022).

Os GOS são obtidos por vias enzimáticas por intermédio de reação de transgalactosilação catalisada pela β -galactosidase (EC 3.2.1.23) (FAI; PASTORE, 2015; DAVANI-DAVARI et al., 2019). A ação da enzima é caracterizada tanto por hidrolisar a lactose quanto por fazer a transgalactosilação da galactose e sintetizar GOS. Dessa forma, tem-se que a síntese enzimática ocorre em uma competição entre essas duas reações, sendo necessário haver controles reacionais, como a concentração do substrato e temperatura, a fim de favorecer a síntese dos GOS (TORRES et al., 2010; FAI; PASTORE, 2015; VERA et al., 2016). A reação de transgalactosilação é favorecida em alta concentração de lactose e alta temperatura. O mecanismo de reação acontece em três etapas. Primeiramente, há a formação do complexo enzima-galactose e a liberação simultânea da glicose. Em seguida, o complexo enzima-galactose é transferido para aceptores contendo um grupo hidroxil. Em soluções com baixa concentração de lactose, a água é mais competitiva para ser oceptor final deste complexo, resultando na formação de galactose. Já em soluções concentradas de lactose, o sacarídeo e os demais di e trissacarídeos podem atuar como aceptores e se ligar ao complexo enzima-galactose, resultando na formação de GOS (ZHOU; CHEN, 2001; FAI; PASTORE, 2015).



Outros exemplos:

GOS2: β -D-Gal (1→3)-D-Glc
 β -D-Gal (1→6)-D-Glc
 β -D-Gal (1→4)-D-Glc
 β -D-Gal (1→3)-D-Gal

GOS3: β -D-Gal (1→6)- β -D-Gal (1→6)-D-Glc
 β -D-Gal (1→6)- β -D-Gal (1→4)-D-Glc
 β -D-Gal (1→6)- β -D-Gal (1→6)-D-Gal
 β -D-Gal (1→4)- β -D-Gal (1→6)-D-Glc
 β -D-Gal (1→3)- β -D-Gal (1→6)-D-Glc
 β -D-Gal (1→4)- β -D-Gal (1→3)-D-Glc
 β -D-Gal (1→3)- β -D-Gal (1→4)-D-Glc
 β -D-Gal (1→4)- β -D-Gal (1→4)-D-Glc

GOS4: β -D-Gal (1→6)- β -D-Gal (1→6)-D-Gal- β -D-Gal (1→4)-D-Glc
 β -D-Gal (1→6)- β -D-Gal (1→3)-D-Gal- β -D-Gal (1→4)-D-Glc
 β -D-Gal (1→3)- β -D-Gal (1→6)-D-Gal- β -D-Gal (1→4)-D-Glc

GOS5: β -D-Gal (1→6)- β -D-Gal (1→6)-D-Gal- β -D-Gal (1→6)-D-Gal- β -D-Gal (1→6)-D-Glc

FIGURA 2 - Representação esquemática da síntese de GOS por transgalactosilação e estrutura química dos principais produtos da reação. Fonte: adaptada de Souza, Gabardo e Coelho (2022).

Além da possibilidade de diferentes tipos de GOS formados para a mesma enzima, quando estas são obtidas por diferentes microrganismos, também podem influenciar o tipo de ligação e o grau de polimerização obtidos. De forma geral, o principal produto da reação são os trissacarídeos, contudo estes diferem na ligação glicosídica. Por exemplo, β -galactosidase de *Aspergillus oryzae* e de *Kluyveromyces lactis* produz, preferencialmente, GOS com ligações $\beta(1\rightarrow6)$, enquanto β -galactosidase de *Bacillus circulans* produz, predominantemente, GOS com li-

gações $\beta(1\rightarrow4)$ (GOSLING et al., 2011; NATH; BHATTACHARJEE; CHOWDHURY, 2013). Já β -galactosidase de *Bifidobacterium infantis* sintetiza, preferencialmente, GOS com ligações do tipo $\beta(1\rightarrow3)$, *K. lactis* sintetiza ligações do tipo $\beta(1\rightarrow4)$ e β -galactosidase de *Streptococcus thermophilus* sintetiza, predominantemente, GOS do tipo $\beta(1\rightarrow6)$ e $\beta(1\rightarrow3)$, enquanto β -galactosidase de *Bifidobacterium bifidum* tem como síntese principal GOS com ligações do tipo $\beta(1\rightarrow3)$ (SEN et al., 2011; URRUTIA et al., 2013; FRENZEL et al., 2015; FÜREDER et al., 2020).

Embora os GOS produzidos, em sua maior parte, sejam trissacarídeos, diferentes graus de polimerização têm sido descritos na literatura e estão relacionados com a origem da enzima: β -galactosidase de *K. lactis* se caracteriza por produzir GOS que variam desde dissacarídeos a tetrassacarídeos; β -galactosidase de *A. oryzae* produz, especialmente, GOS que variam desde dissacarídeos a hexassacarídeos; e β -galactosidase de *B. circulans* tem produzido GOS que variam de dissacarídeos a pentassacarídeos (GOSLING et al., 2011; FRENZEL et al., 2015). Dessa forma, o potencial prebiótico de cada GOS depende da composição dos monossacarídeos, do grau de polimerização e do tipo de ligação glicosídica (CRUZ-GUERRERO et al., 2014). De forma geral, os produtos da reação de obtenção de GOS são os trissacarídeos, podendo diferir na ligação glicosídica, como Gal $\beta(1\rightarrow3)$, Gal $\beta(1\rightarrow4)$ e Gal $\beta(1\rightarrow6)$ (Figura 2) (GOSLING et al., 2011; NATH; BHATTACHARJEE; CHOWDHURY, 2013; SANDERS et al., 2019). Rendimentos típicos de produção de GOS encontram-se na faixa de 30% a 40%, entretanto valores superiores ou inferiores podem ser encontrados (TOMAL et al., 2015; BOLOGNESI et al., 2021).

Estudos realizados por Fai et al. (2014) mostram a diferença no rendimento de GOS por enzimas de diferentes leveduras, em que, para β -galactosidase de *Pseudozyma tsukubaensis*, foi alcançado um rendimento de 15,71%, enquanto, para β -galactosidase de *Pichia kluyveri*, houve um rendimento de 14,01%. Altos rendimentos de GOS (43%) foram obtidos por Goulas, Tzortzis e Gibson (2007) a partir de β -galactosidase de *B. bifidum* NCBIMB 41171. Yin et al. (2017) analisaram a síntese de GOS a partir de três fontes diferentes de β -galactosidase, e o rendimento foi de 19,5%, 34,9% e 48,3% para as β -galactosidases de *A. oryzae*, *K. lactis* e *B. circulans*, respectivamente, reforçando a influência da fonte enzimática no rendimento de GOS. Além disso, β -galactosidase de *B. circulans* sintetizou uma maior quantidade de dissacarídeos, principalmente com ligações do tipo $\beta(1\rightarrow4)$, enquanto β -galactosidase de *A. oryzae* produziu trissacarídeos em sua maioria do tipo $\beta(1\rightarrow6)$ e *K. lactis* sintetizou, principalmente, di e trissacarídeos, com ligações do tipo $\beta(1\rightarrow6)$.

Além do tipo de enzima, fatores como concentração do substrato e da enzima, pH e temperatura influenciam o rendimento de GOS. O Quadro 1 mostra diferentes estudos sobre a produção de GOS em diferentes condições de processo a partir de enzimas de diferentes microrganismos e inovações tecnológicas, como o emprego das técnicas de imobilização enzimática. Diversos autores relataram significativos aumentos no rendimento de GOS ao aumentarem a concentração de lactose (MARTÍNEZ-VILLALUENGA et al., 2008; GONZÁLEZ-DELGADO et al., 2016, 2017). Por exemplo, Zhang et al. (2021) obtiveram um aumento no rendimen-

to de GOS de 20,54% para 30,63% ao aumentarem a concentração de lactose de 200 g/L para 400 g/L utilizando β -galactosidase de *Lactobacillus plantarum* (35°C e pH 7,0). Acrescido a isso, Boon, Janssen e Van 'T Riet (2000) avaliaram o efeito da origem da enzima na obtenção de GOS, em que β -galactosidases de *A. oryzae* produziram oligossacarídeos com grau de polimerização (GP) superior a 4, enquanto, em β -galactosidases de *K. lactis* e *Kluyveromyces fragilis*, a síntese foi, principalmente, de GOS com GP igual a 3. A busca pela otimização dos processos tem estimulado o uso de enzimas termoestáveis e obtidas por microrganismos geneticamente modificados. Park et al. (2008) utilizaram β -galactosidase termoestável de *Sulfolobus solfataricus*, alcançando altos rendimentos (52,5%). Similarmente, Yu e O'Sullivan (2018), usando *Lactococcus lactis* geneticamente modificado e imobilizado em quitosana, alcançaram 60% de rendimento na síntese de GOS.

Meios alternativos e de baixo custo, como resíduos agroindustriais, a exemplo do soro de queijo, também estão sendo utilizados para síntese de GOS. Por exemplo, Duan et al. (2021) alcançaram alto rendimento (44,7%) utilizando soro de queijo a partir de β -galactosidase de *Lactobacillus bulgaricus*, sendo a maioria dos GOS dissacarídeos (26,3%), seguidos pelos trissacarídeos (15,9%) e uma pequena quantidade de tetrassacarídeos (2,5%). Frenzel et al. (2015) realizaram a comparação da formação de diferentes tipos de GOS a partir de diferentes β -galactosidases, em meio de permeado de leite desnatado (40% de lactose). A síntese de GOS ocorreu a partir de β -galactosidase de *B. circulans*, *A. oryzae*, *Aspergillus aculeatus* e *K. lactis*, com rendimentos de 41%, 21%, 13% e 11%, respectivamente, reforçando, assim, a influência da fonte enzimática no rendimento de GOS. Todas as enzimas sintetizam GOS2, GOS3 e GO4 com ligações Gal $\beta(1\rightarrow6)$, sendo que somente β -galactosidase de *B. circulans* foi capaz de sintetizar também GOS5 com ligações do tipo Gal $\beta(1\rightarrow4)$. Em estudo desenvolvido por nosso grupo (BOLOGNESI et al., 2021), um maior rendimento de GOS (63,1%) foi observado utilizando soro de queijo porungo *in natura* e com β -galactosidase de *K. lactis* imobilizada em alginato de cálcio. Contudo, ao aumentar a concentração do soro de queijo porungo para 400 g/L, foi observado um menor rendimento de trissacarídeos (17,7%) por causa da grande quantidade de lactose residual no sistema, necessitando de maior tempo de reação. Rendimentos similares (16,24%) foram obtidos por Rengel dos Passos et al. (2021) utilizando permeado de soro de queijo e β -galactosidase de *Saccharomyces boulardii*, sendo a maioria dos GOS dissacarídeos e trissacarídeos. Uma vez que a produção de GOS ocorre por intermédio da enzima β -galactosidase, estudos que visam à sua obtenção podem contribuir grandemente para a melhoria do processo.

QUADRO 1 - Rendimento de GOS a partir de diferentes substratos, fontes de β -galactosidase, suportes de imobilização e condições de processo

Origem da enzima	Condições de processo	Rendimento (%)	Referência
<i>Kluyveromyces lactis</i>	SQ (400 g/L), 40 °C, pH 7,0	29,9	Lisboa et al. (2012)
<i>Kluyveromyces lactis</i>	SL (45 g/L), 40 °C, pH 6,7	15,2	Rodríguez-Colinas et al. (2014)
<i>Kluyveromyces lactis</i> imobilizada em Duolite A568	SL (159 g/L), 40 °C, pH 6,5	22,0	Maugard et al. (2003)
<i>Kluyveromyces lactis</i> imobilizada em nanofibra de poliestireno	SL (300 g/L), 40 °C, pH 7,2	41,0	Misson et al. (2020)
<i>Kluyveromyces lactis</i> imobilizada em polissiloxano/álcool polivinílico	SL (270 g/L), 40 °C, pH 7,1	25,5	González-Cataño et al. (2017)
<i>Kluyveromyces marxianus</i> imobilizada em alginato de cálcio	SL (20%), 40°C, pH 6,5	32,0	Srivastava, Mishra e Chand (2016)
<i>Pichia pastoris</i>	SL (30%), 50 °C, pH 7,0	46,6	Wang et al. (2012)
<i>Aspergillus oryzae</i>	SL (200 g/L), 25 °C, pH 6,5	25,0	Fischer e Kleinschmidt (2019)
<i>Aspergillus oryzae</i> imobilizado em esferas de vidro	SL (800 g/L), 60°C, pH 5,2	39,3	Eskandarloo e Abbaspourrad (2018)
<i>Aspergillus oryzae</i> imobilizado em nanopartículas magnéticas revestidas de quitosana	SL (360 g/L) 50°C, pH 6,0	50,5	Chen e Duan (2015)
<i>Aspergillus oryzae</i> imobilizado em álcool polivinílico	SL (400 g/L), 40 °C, pH 4,5	30,0	Jovanovic-Malinovska et al. (2012)
<i>Bacillus circulans</i>	SL (400 g/L), 40 °C, pH 5,5	49,4	Rodríguez-Colinas et al. (2012)
	Leite desnatado (46 g/L), 40 °C, pH 5,5	15,4	
<i>Bacillus circulans</i> imobilizado em quitosana	SL (500 g/L), 60 °C, pH 6,0	39,1	Urrutia et al. (2014)
<i>Bacillus circulans</i> imobilizado em quitosana	SL (300 g/L), 50°C, pH 7,0	40,0	Hackenhaar et al. (2021)
<i>Lactobacillus acidophilus</i> imobilizado em polímero metacrílico	SL (400g/L), 50°C, pH 6,8	21,5	Carević et al. (2018)
Gene da β -galactosidase de <i>Streptococcus thermophilus</i> expresso em <i>Lactobacillus plantarum</i>	PSQ (200 g/L), 50 °C, pH 6,5	50,0	Geiger et al. (2016)
<i>Pantoea anthophila</i>	SL (400 g/L), 50 °C, pH 7,5	34,0	Yañez-Ñeco et al. (2017)
Gene da β -galactosidase de <i>Paenibacillus barengoltzii</i> expresso em <i>Escherichia coli</i>	SQ (350 g/L), 45 °C, pH 7,5	47,9	Liu et al. (2017)
Gene da β -galactosidase de <i>Klebsiella oxytoca</i> expresso em <i>Escherichia coli</i>	SL (480 g/L), 40 °C, pH 7,0	45,5	Huang et al. (2020)
<i>Bifidobacterium bifidum</i>	SL (400 g/L), 40 °C, pH 6,0	27,0	Füreder et al. (2020)
<i>Lactobacillus leichmannii</i>	SL (170 g/L), 37°C, pH 5,5	62,0	Ji et al. (2021)

SQ = soro de queijo; SL = solução de lactose; PSQ = permeado de soro de queijo

Produção da enzima β -galactosidase para a síntese de GOS

A β -galactosidase (EC 3.2.1.23) é classificada como uma hidrolase, responsável pela hidrólise do resíduo terminal β -galactopiranosil da lactose (Gal β 1 \rightarrow 4Glc), originando como produtos uma mistura equimolar dos monossacarídeos glicose e galactose (GROSOVA; ROSENBERG; REBROS, 2008; FAI; PASTORE, 2015). A importância industrial da

β -galactosidase está correlacionada, principalmente, com sua aplicação na indústria de laticínios para a obtenção de produtos livres de lactose, permitindo o seu consumo por indivíduos intolerantes à lactose (SANTIAGO et al., 2004; GROSOVA; ROSENBERG; REBROS, 2008; PEREIRA et al., 2012). Não obstante, é crescente o uso da enzima para a produção de GOS, uma vez que a preocupação por bem-estar e saúde tem acelerado a busca por alimentos que,

além de suprir as necessidades nutricionais, possibilitem o bom funcionamento do organismo (SANDERS et al., 2019; FARIAS et al., 2019).

A β -galactosidase é encontrada na natureza, distribuída entre animais, vegetais e microrganismos (fungos filamentosos, bactérias e leveduras), sendo que suas características variam de acordo com sua origem. As condições ótimas de temperatura e pH para sua aplicação também diferem de acordo com sua respectiva fonte (SANTIAGO et al., 2004; GROSOVA; ROSENBERG; REBROS; 2008; MEDEIROS et al., 2008; TOMAL et al., 2015; FAI; PASTORE, 2015). A produção microbiana permite maiores rendimentos, além de ser tecnologicamente importante, sendo as leveduras e os fungos as fontes preferenciais para aplicações comerciais (SANTIAGO et al., 2004; GROSOVA; ROSENBERG; REBROS, 2008). As principais enzimas de interesse comercial são isoladas, principalmente, das leveduras *K. lactis*, *K. fragilis* e *K. marxianus* e dos fungos *Aspergillus niger* ou *A. oryzae* (GROSOVA; ROSENBERG; REBROS, 2008; PEREIRA et al., 2012; FAI; PASTORE, 2015). As β -galactosidasas produzidas por fungos filamentosos, como *A. niger* e *A. oryzae*, possuem pH ótimo na faixa ácida que varia de 2,5 a 4,5, enquanto β -galactosidasas produzidas por leveduras como *K. lactis* e *K. marxianus* e por bactérias como *S. thermophilus* e *Lactobacillus thermophilus* apresentam um pH ótimo próximo à neutralidade, variando de 6,0 a 7,0 e 6,5 a 7,5, respectivamente (GEKAS; LOPEZLEIVA, 1985; CAVAILLE; COMBES, 1995). Com relação à temperatura ótima, β -galactosidasas provenientes de fungos filamentosos atuam em temperaturas maiores (50 °C a 60°C) do que aquelas obtidas por leveduras (35 °C a 40 °C). O conhecimento dessas características é importante, pois interfere diretamente nas condições de pH e temperatura para a obtenção de GOS.

A utilização de subprodutos da indústria de alimentos para a produção de β -galactosidase representa uma alternativa sustentável, uma vez que o setor agroindustrial gera grandes quantidades de resíduos. Neste sentido, diversos estudos vêm sendo realizados utilizando diferentes fontes microbianas. Por exemplo, este grupo de pesquisa (COELHO et al., 2020) estudou a influência de diferentes linhagens de *K. marxianus* (CCT 4086 e CBS 6556) e a suplementação de soro de queijo porungo por fontes de nitrogênio na produção da enzima (200 rpm e 30 °C) e verificou que a linhagem *K. marxianus* CCT 4086 produziu β -galactosidase com maiores atividades enzimáticas (14,41 U/mL a 16,73 U/mL) em relação à linhagem *K. marxianus* CBS 6556 (11,69 U/mL a 14,45 U/mL), para todos os meios testados, e que a maior atividade enzimática (16,73 U/mL) ocorreu em soro de queijo suplementado com extrato de levedura. Além disso, os menores valores foram obtidos para soro de queijo porungo sem suplementação para ambas as linhagens testadas. Posteriormente, em um segundo momento, foi avaliada a influência das vari-

áveis temperatura (30 °C e 37 °C) e pH (5,0-7,0) em agitador rotacional (200 rpm) usando *K. marxianus* CCT 4086, sendo que a melhor condição de processo foi alcançada em pH 7,0 e temperatura de 30°C (15,93 U/mL). Similarmente, Freitas et al. (2020) utilizaram soro de queijo suplementado com extrato de levedura e cultivo com *K. lactis* NRRL Y1564 em um sistema em regime de batelada (180 rpm e pH 6,0) para avaliar a influência da temperatura (30 °C-40 °C) na produção da β -galactosidase e observaram atividade máxima de 12,81 U/mL para a temperatura de 30 °C. Contraditoriamente, Gupte e Nair (2010) observaram que a atividade enzimática não foi influenciada pela suplementação do soro de queijo com diferentes fontes de nitrogênio ao utilizarem *K. marxianus* NCIM 3551. Nesse contexto, fica evidenciada a relevância de estudos para a otimização de processo que utilizem diferentes linhagens, meios de cultivo e condições de processo. Além desses estudos, a utilização de cultivo em batelada alimentada, a cultura contínua e o uso da engenharia genética também vêm sendo estudados com a finalidade de aprimorar a produção da enzima β -galactosidase (RECH; AYUB, 2007; YOU et al., 2017; FRENZEL et al., 2015). Neste contexto, é evidenciada a importância de pesquisas que estudem diferentes condições de processo, tipos de meios de cultivo, linhagens e formas de condução do bioprocessamento para a produção desta enzima, a qual, além da sua demasiada empregabilidade em alimentos livres de lactose, vem sendo recentemente estudada e já aplicada industrialmente para a produção de novas biomoléculas, como na produção de GOS.

Tecnologias na produção de GOS

A imobilização enzimática pode ser definida como o confinamento da enzima em determinado espaço físico ou região do suporte, retendo, assim, sua atividade catalisadora (KOSSEVA et al., 2009). Entre as principais vantagens dessa técnica destacam-se a reutilização, a recuperação facilitada da enzima em relação ao meio de reação, a maior estabilidade térmica e operacional, e o uso de processo contínuo (KOSSEVA et al., 2009; PANESAR et al., 2010; KLEIN et al., 2013; CHEN; DUAN, 2015; BOLOGNESI et al., 2021). Diversos estudos têm sido reportados empregando diferentes técnicas de imobilização. Por exemplo, estudo conduzido por este grupo de pesquisa (MARIM; GABARDO; AYUB, 2021) foi realizado visando analisar o efeito da temperatura (20 °C-60 °C) e do pH (5,5 a 8,0) sobre a atividade ótima da enzima β -galactosidase livre e imobilizada em alginato de cálcio, e um aumento na faixa de temperatura (37°C livre e 40°C imobilizada) e no pH (6,5 livre e 7,0 imobilizada) foi observado, além de maior estabilidade operacional quando avaliada a hidrólise enzimática para a enzima imobilizada (taxa de conversão de 13,8%) em relação à enzima livre (6,97%). Vale ressaltar que es-

se estudo foi realizado com o extrato bruto da enzima produzida pela levedura *K. marxianus* CCT 4086, em condições previamente estabelecidas por este grupo de pesquisa (COELHO et al., 2020). Em outra pesquisa realizada por este grupo (BOLOGNESI et al., 2021) utilizando enzima comercial de *K. lactis* (Maxilact LGi 5000) imobilizada em dois diferentes suportes, observou-se um aumento da faixa de pH ótimo (7,0 a 7,5) para o suporte alginato de cálcio quando comparado à faixa de pH para a enzima livre (6,5), enquanto, para o suporte alginato de cálcio-Concanavalina A, foi observada uma maior atividade enzimática para a faixa de pH mais baixo (6,0). Nesse mesmo estudo, foram avaliadas diferentes fontes de lactose (substratos), e, posteriormente, foram testadas diferentes concentrações de soro de queijo porungo (200 g/L e 400 g/L) e temperaturas (37°C a 46°C). Maiores rendimentos de GOS foram obtidos em soro de queijo porungo (63,2%) em relação à solução de lactose (41,1%), e a temperatura de 46°C e 400 g/L apresentaram as melhores condições para produção de GOS, com conversão de lactose de 61,4%. Esses resultados sugerem a possível utilização do soro de queijo porungo como substrato na produção biotecnológica de GOS.

González-Delgado et al. (2018) realizaram um estudo comparativo para a síntese de GOS utilizando β -galactosidase de *A. aculeatus* livre e imobilizada covalentemente em suporte de sílica, e os maiores rendimentos foram observados para a enzima imobilizada (20,2%) em comparação à enzima livre (11,2%). Comportamento similar foi observado por Gaur et al. (2006) e por Huerta et al. (2011), em que β -galactosidase de *A. oryzae* imobilizada em quitosana e glioxil-agarose apresentou maiores rendimentos (17,3% e 46,63%) comparada à enzima livre (10% e 35,15%, respectivamente). Urrutia et al. (2018) observaram uma produtividade 4,7 vezes superior para β -galactosidase de *A. oryzae* imobilizada em quitosana e 4,0 vezes superior para aquela imobilizada em agarose quando comparada à enzima livre, sendo que, após 10 ciclos consecutivos, o rendimento total de GOS foi de 28,8%. Esferas de quitosana também foram utilizadas por Hackenhaar et al. (2021) para imobilizar β -galactosidase de *B. circulans*, alcançando rendimento de 40% para soro de queijo e 42% para permeado de soro de queijo, sendo que, para este último, após 10 ciclos consecutivos, a retenção foi de 74% da atividade inicial. A estabilidade do sistema foi similarmente observada por Liu et al. (2012), em que, após 15 ciclos, β -galactosidase de *K. fragilis* imobilizada em nanoesferas magnéticas apresentou 84,6% de sua atividade inicial, com rendimento de GOS de 31%.

Além de possibilitar aumentar o rendimento e permitir a reutilização do biocatalisador, a imobilização facilita o processo de recuperação dos GOS produzidos. Por serem obtidos com baixos rendimentos (20% a 55%), um dos principais desafios da produção dos GOS deve-se ao processo de recuperação desse bioproduto, representando uma fra-

ção substancial do custo total de produção (TORRES et al., 2010; VERA et al., 2016). A remoção de monossacarídeos (glicose e galactose) e da lactose proporciona o aumento das aplicações do GOS nas indústrias alimentícia e farmacêutica, visto que permite o consumo por pessoas com intolerância à lactose, além de tornar o produto mais adequado para diabéticos (OSWALD-HERNÁNDEZ et al., 2009; LAMSA, 2012; VERA et al., 2016). Diversas estratégias são adotadas para a purificação de GOS, entre as quais a bioconversão seletiva tem se mostrado promissora. Esta técnica baseia-se na utilização de microrganismos imobilizados (gêneros *Kluyveromyces* e *Saccharomyces*) para remoção seletiva dos açúcares metabolizáveis, consistindo em uma proposta interessante por não ser onerosa e ser sustentável, além de permitir qualidade do produto, alcançando altas purezas (VERA et al., 2016). Por exemplo, Goulas, Tzortzis e Gibson (2007) utilizaram *Saccharomyces cerevisiae* para separar via bioconversão seletiva os GOS produzidos dos monossacarídeos (glicose e galactose), ocorrendo remoção de 92% da glicose e 3,6% da galactose. Segundo os autores, essa diferença de remoção se deve ao fato de que o mecanismo de metabolização da galactose é mais lento por *S. cerevisiae* por causa da diauxia. Aburto et al. (2018) imobilizaram β -galactosidase e *S. cerevisiae* em alginato de cálcio a fim de obter a síntese e a purificação via fermentação seletiva simultânea de GOS, alcançando rendimento de GOS de 23,3% e uma pureza de 25,7%. Já Cruz-Guerrero et al. (2014) e Cheng et al. (2006) obtiveram maiores purezas (95% e 97%, respectivamente) ao utilizarem *K. marxianus* para bioconversão. Apesar das diferenças genéticas entre *Kluyveromyces* e *Saccharomyces*, sendo as primeiras capazes de metabolizar a lactose e não ter comportamento diáuxico (GABARDO et al., 2016) – e, portanto, levarem à obtenção de produtos com maiores purezas –, em muitos casos a *Saccharomyces* é utilizada (sozinha ou acompanhada da enzima β -galactosidase) em virtude do seu baixo custo e fácil acesso no mercado (VERA et al., 2016). É evidente que a tecnologia de imobilização enzimática permite altos rendimentos em relação à enzima livre em razão de estabilidade operacional do sistema, proporcionando a reutilização do biocatalisador e, portanto, menor custo operacional; no entanto, os fenômenos de transferência de massa requerem alguns cuidados.

5. APLICAÇÃO INDUSTRIAL DOS GOS E PERSPECTIVAS DE MERCADO

A preocupação por uma maior qualidade de vida, bem-estar e saúde tem contribuído para o crescimento do mercado de prebióticos nas últimas décadas. A comercialização de GOS em 2020 foi de aproximadamente US\$ 881,2 milhões, com expectativa de crescimento de US\$ 536,13 milhões até 2025, a uma taxa de crescimento anual de 9,80%

(RESEARCH AND MARKETS, 2021). Os principais fatores que contribuem para o crescimento do mercado são a necessidade crescente de suplementos dietéticos prebióticos, benefícios à saúde e crescentes necessidades nutricionais da população idosa (TECHNAVIO, 2021). Entre os países consumidores de maior destaque encontram-se o Reino Unido, Estados Unidos da América, Alemanha, China e França. Os produtos comerciais apresentam misturas de GOS com diferentes graus de polimerização. Por exemplo, o Oligomate 55N, produzido no Japão (Yakult Honsha Co. Ltd.), consiste na mistura de 18% de GOS3, 15% de GOS2 e 10% de GOS4. Já o Purimune, produzido nos Estados Unidos (Corn Products International Incorporation Inc.), possui maior quantidade de GOS3 (38%) e GOS 4 (29%), enquanto o Bimuno, produzido pela empresa do Reino Unido (Classado Biosciences), contém maior quantidade de GOS2 na mistura (25%) (TORRES et al., 2010; LAMSAL, 2012; VAN-LEUSEN et al., 2014; PANESAR et al., 2018).

Os GOS vêm sendo aplicados industrialmente em diferentes áreas, como alimentícia, farmacêutica e agrícola

(Figura 3). Diversos alimentos podem ser suplementados com GOS, a fim de garantir uma melhor qualidade sensorial, de textura e cremosidade, bem como auxiliar na solubilidade e no menor risco de cristalização. Em função de sua estabilidade térmica e química, solubilidade de 80%, viscosidade de 2700 mPa.s e alta capacidade de retenção de umidade, os GOS podem ser utilizados em diversos processos industriais da indústria de alimentos, como na fabricação de pães, geleias, bebidas lácteas, produtos de confeitaria, sobremesas, sucos de frutas, xaropes de açúcar, iogurtes e leites fermentados (TORRES et al., 2010; LAMSAL, 2012; FAI; PASTORE, 2015; LANS et al., 2018). Os GOS também podem ser aplicados em alimentos para diabéticos em conjunto com adoçantes e, assim, mascarar o sabor indesejável produzido por alguns destes edulcorantes artificiais em razão de seu baixo valor calórico (1,73 kcal/g) e doçura equivalente a 30%-60% da sacarose (MUSSATTO e MANCILHA, 2007; FAI; PASTORE, 2015).

Apesar de apresentarem características físico-químicas vantajosas, a principal motivação da utilização dos GOS co-

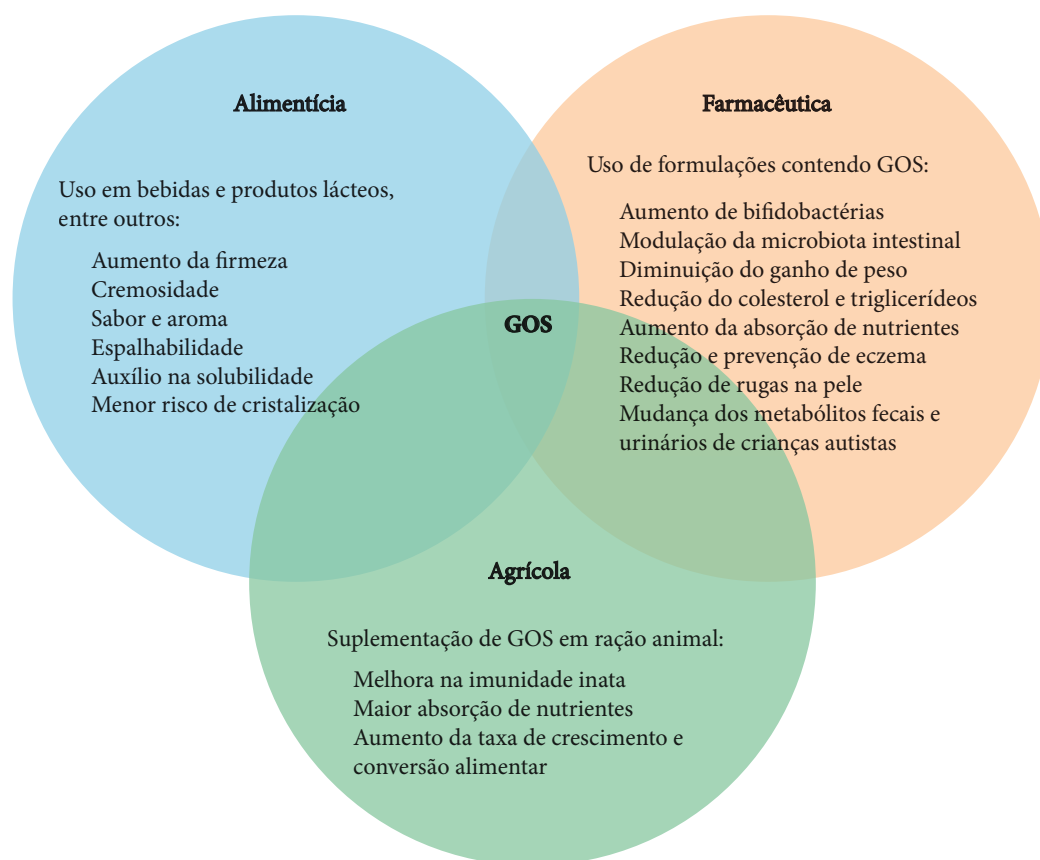


FIGURA 3 - Esquema representativo das potencialidades de uso dos GOS em diversas áreas industriais, como alimentícia, farmacêutica e agrícola.

Fonte: adaptada de Souza, Gabardo e Coelho (2022).

mo ingredientes alimentares se deve às suas propriedades fisiológicas. Dessa forma, à medida que os efeitos benéficos dos GOS evoluem e são cientificamente comprovados, tem-se uma maior demanda por esses produtos. Na indústria farmacêutica, os GOS têm sido reportados em uso em fórmulas infantis, no aumento da atividade bifidogênica, na absorção de ferro, na redução dos sintomas e na modulação da microbiota intestinal de pacientes com intolerância à lactose, na redução e prevenção de eczema, assim como na área cosmética, usado para reduzir o comprimento e a profundidade média das rugas da pele (BEN et al., 2008; KUKKONEN et al., 2007; KRUMBECK et al., 2018; JUNG et al., 2017; JEROENSE et al., 2020). A suplementação de ração animal com GOS também tem sido estudada para aves, peixes, suínos e animais de estimação com a finalidade de fortalecer o sistema imunológico dos animais a partir da manutenção da boa saúde intestinal e sua microbiota. Além disso, em animais de estimação, o uso de GOS pode levar à melhora nas evacuações, aumento na saúde da pele e pelo. A melhora na composição da microbiota intestinal pode minimizar o uso de antibióticos e prevenir a mortalidade precoce do animal (TORRES et al., 2010; SANGWAN et al., 2011; DAVANI-DAVARI et al., 2019). Por causa dos seus benefícios nutricionais, tecnológicos e de sua aplicação mundial nos diferentes setores industriais, são de extrema relevância estudos que visem contribuir para o entendimento da produção de GOS, as variáveis envolvidas no processo e as tecnologias empregadas.

6. CONCLUSÃO

O aproveitamento do soro do queijo porungo em bioprocessos ainda não tem sido relatado, sendo este grupo pioneiro nas pesquisas sobre seu potencial de uso em processos biotecnológicos para a produção de enzima e prebióticos. Este capítulo explorou de forma abrangente as metodologias, as estratégias e os avanços tecnológicos da produção de GOS e enzimas, dando ênfase às pesquisas realizadas no âmbito do CCA. Esses processos, quando associados ao uso de soro de queijo, permitem minimizar os impactos ambientais ocasionados pela própria indústria de alimentos, por meio da obtenção biomoléculas de grande interesse para a própria indústria alimentícia, farmacêutica e agrícola. Essas pesquisas podem contribuir para a ampla utilização dos GOS a indivíduos com diferentes exigências nutricionais e para as mais variadas aplicações tecnológicas industriais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABURTO, C. et al. Co-immobilized β -galactosidase and *Saccharomyces cerevisiae* cells for the simultaneous synthesis

- and purification of galacto-oligosaccharides. **Enzyme and Microbial Technology**, Amsterdam, v.102, p.108-108, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.enzmictec.2018.08.003>.
- AHMAD, A. M. R. et al. Prebiotics and iron bioavailability? Unveiling the hidden association-a review. **Trends in Food Science & Technology**, Cambridge, v. 110, p. 584-590, 2021. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tifs.2021.01.085>.
- BEN, X. M. et al. Low level of galacto-oligosaccharide in infant formula stimulates growth of intestinal Bifidobacteria and Lactobacilli. **World Journal of Gastroenterology**, Beijing, v. 14, n. 42, p. 6564-6568, 2008. <http://dx.doi.org/10.3748/wjg.14.6564>. PMID:19030213.
- BINDELS, L. B. et al. Towards a more comprehensive concept for prebiotics. **Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology**, London, v. 12, p. 303-310, 2015. <https://doi.org/10.1038/nrgastro.2015.47>.
- BOLOGNESI, L. S. et al. Biotechnological production of galactooligosaccharides (GOS) using porungo cheese whey. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 41, p. 1-6, 2021.
- BOON, M. A.; JANSSEN, A. E.; VAN 'T RIET, K. Effect of temperature and enzyme origin on the enzymatic synthesis of oligosaccharides. **Enzyme and Microbial Technology**, Guildford, v. 26, n. 2-4, p. 271-281, 2000. [http://dx.doi.org/10.1016/S0141-0229\(99\)00167-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0141-0229(99)00167-2). PMID:10689088.
- CAREVIĆ, M. et al. Evaluation of β -galactosidase from *Lactobacillus acidophilus* as biocatalyst for galacto-oligosaccharides synthesis: product structural characterization and enzyme immobilization. **Journal of Bioscience and Bioengineering**, Osaka, v. 126, n. 6, p. 697-704, 2018. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jbiosc.2018.06.003>. PMID:30401452.
- CAVAILLE, D.; COMBES, D. Characterization of beta-galactosidase from *Kluyveromyces lactis*. **Biotechnology and Applied Biochemistry**, Clifton, v. 22, p. 55-64, 1995.
- CHEN, S. C.; DUAN, K. J. Production of galactooligosaccharides using β -galactosidase immobilized on chitosan-coated magnetic nanoparticles with Tris(hydroxymethyl)phosphine as an optional coupling agent. **International Journal of Molecular Sciences**, Basel, v. 16, n. 12, p. 12499-12512, 2015. <http://dx.doi.org/10.3390/ijms160612499>. PMID:26047337.
- CHENG, C. et al. Production of High-content Galacto-oligosaccharide by Enzyme Catalysis and Fermentation with *Kluyveromyces marxianus*. **Biotechnology Letters**, Amsterdam, v. 28, p. 793-797, 2006. <http://dx.doi.org/10.1007/s10529-006-9002-1>.
- CHRISTENSEN, A. D. et al. Production of bioethanol from organic whey using *Kluyveromyces marxianus*. **Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology**, Houndmills, v. 38, n. 2, p. 283-289, 2011. <http://dx.doi.org/10.1007/s10295-010-0771-0>. PMID:20632200.
- COELHO, R. J. S. et al. Porungo cheese whey: a new substrate to produce β -galactosidase. **Annals of the Brazilian Academy of Sciences**, Rio de Janeiro, 2020. In press.
- CRUZ-GUERRERO, A. et al. Commercial probiotic bacteria and prebiotic carbohydrates: a fundamental study on prebiotics

- uptake, antimicrobials production and inhibition of pathogens. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Oxford, v. 94, n. 11, p. 2246-2252, 2014. <http://dx.doi.org/10.1002/jsfa.6549>. PMID:24374769.
- DAS, M.; RAYCHAUDHURI, A.; GHOSH, S. K. Supply chain of bioethanol production from whey: a review. **Procedia Environmental Sciences**, Amsterdam, v. 35, p. 833-846, 2016. <http://dx.doi.org/10.1016/j.proenv.2016.07.100>.
- DAVANI-DAVARI, D. et al. Prebiotics: definition, types, sources, mechanisms, and clinical applications. **Foods**, Basel, v. 8, n. 3, p. 92, 2019. <http://dx.doi.org/10.3390/foods8030092>. PMID:30857316.
- DUAN, F. et al. Integrated utilization of dairy whey in probiotic β -galactosidase production and enzymatic synthesis of galactooligosaccharides. **Catalysts**, Basel, v. 11, n. 658, p. 1-12, 2021. <http://dx.doi.org/10.3390/catal11060658>.
- ESKANDARLOO, H.; ABBASPOURRAD, A. Production of galactooligosaccharides from whey permeate using β -galactosidase immobilized on functionalized glass beads. **Food Chemistry**, Barking, v. 251, p. 115-124, 2018. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.01.068>. PMID:29426417.
- FAI, A. E. C. et al. Production of prebiotic galactooligosaccharides from lactose by *Pseudozyma tsukubaensis* and *Pichia kluyveri*. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, Atlanta, v. 3, n. 4, p. 343-350, 2014. <http://dx.doi.org/10.1016/j.bcab.2014.04.005>.
- FAI, A. E. C.; PASTORE, G. M. Galactooligosaccharídeos: produção, benefícios à saúde, aplicação em alimentos e perspectivas. **Scientia Agropecuaria**, Trujillo, v. 6, p. 69-81, 2015.
- FARIAS, D. et al. Prebiotics: trends in food, health and technological applications. **Trends in Food Science & Technology**, Cambridge, v. 93, p. 23-35, 2019. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tifs.2019.09.004>.
- FISCHER, C.; KLEINSCHMIDT, T. Effect of glucose depletion during the synthesis of galactooligosaccharides using a trienzymatic system. **Enzyme Microbial Technology**, Amsterdam, v. 121, p. 45-50, 2019. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enzmictec.2018.10.009>.
- FREITAS, M. F. M. et al. Simultaneous hydrolysis of cheese whey and lactulose production catalyzed by β -galactosidase from *Kluyveromyces lactis* NRRL Y1564. **Bioprocess and Biosystems Engineering**, Berlin, v. 43, n. 4, p. 711-722, 2020. <http://dx.doi.org/10.1007/s00449-019-02270-y>. PMID:31932907.
- FRENZEL, M. et al. Comparison of the galacto-oligosaccharide forming activity of different β -galactosidases. **LWT - Food Science and Technology**, London, v. 60, n. 2, Part 1, p. 1068-1071, 2015. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2014.10.064>.
- FÜREDER, V. et al. Selective synthesis of galactooligosaccharides containing $\beta(1\rightarrow3)$ linkages with β -galactosidase from *Bifidobacterium bifidum* (Saphera). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 68, n. 17, p. 4930-4938, 2020. <http://dx.doi.org/10.1021/acs.jafc.0c00997>. PMID:32279499.
- GABARDO, S. et al. Dynamics of ethanol production from whey and whey permeate by immobilized strains of *Kluyveromyces marxianus* in batch and continuous bioreactors. **Renewable Energy**, United Kingdom, v. 69, p. 89-96, 2014. <http://dx.doi.org/10.1016/j.renene.2014.03.023>.
- GABARDO, S. et al. Dynamics of yeast immobilized-cell fluidized-bed bioreactors systems in ethanol fermentation from lactose-hydrolyzed whey and whey permeate. **Bioprocess and Biosystems Engineering**, Berlin, v. 39, n. 1, p. 141-150, 2016. <http://dx.doi.org/10.1007/s00449-015-1498-0>. PMID:26527573.
- GAUR, R. et al. Galacto-oligosaccharide synthesis by immobilized *Aspergillus oryzae* β -galactosidase. **Food Chemistry**, Barking, v. 97, n. 3, p. 426-430, 2006. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.05.020>.
- GEIGER, B. et al. From by-product to valuable components: efficient enzymatic conversion of lactose in whey using β -galactosidase from *Streptococcus thermophilus*. **Biochemical Engineering Journal**, Amsterdam, v. 116, p. 45-53, 2016. <http://dx.doi.org/10.1016/j.bej.2016.04.003>. PMID:27885320.
- GEKAS, V.; LOPEZLEIVA, M. Hydrolysis of lactose - a literature-review. **Process Biochemistry**, London, v. 20, p. 2-12, 1985.
- GIBSON, G. R. et al. Dietary modulation of the human colonic microbiota: updating the concept of prebiotics. **Nutrition Research Reviews**, Cambridge, v. 17, n. 2, p. 259-275, 2004. <http://dx.doi.org/10.1079/NRR200479>. PMID:19079930.
- GIBSON, G. R. et al. Dietary prebiotics: current status and new definition. **Food Science and Technology Bulletin: Functional Foods**, Tokyo, v. 7, n. 1, p. 1-19, 2010. <http://dx.doi.org/10.1616/1476-2137.15880>.
- GIBSON, G. R. et al. Expert consensus document: The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics (ISAPP) consensus statement on the definition and scope of prebiotics. **Nature Reviews. Gastroenterology & Hepatology**, London, v. 14, n. 8, p. 491-502, 2017. <http://dx.doi.org/10.1038/nrgastro.2017.75>. PMID:28611480.
- GIBSON, G. R.; ROBERFROID, M. B. Dietary modulation of the human colonic microbiota: introducing the concept of prebiotics. **The Journal of Nutrition**, New York, v. 125, n. 6, p. 1401-1412, 1995. <http://dx.doi.org/10.1093/jn/125.6.1401>. PMID:7782892.
- GONAL, M. et al. Galacto-oligosaccharides ameliorate dysbiotic Bifidobacteriaceae decline in Japanese patients with type 2 diabetes. **Beneficial Microbes**, Wageningen, v. 8, n. 5, p. 705-716, 2017. <http://dx.doi.org/10.3920/BM2016.0230>. PMID:28884590.
- GONZÁLEZ-CATAÑO, F. et al. Improvement of covalent immobilization procedure of β -galactosidase from *Kluyveromyces lactis* for galactooligosaccharides production: modeling and kinetic study. **Biotechnology Progress**, New York, v. 33, n. 6, p. 1568-1578, 2017. <http://dx.doi.org/10.1002/btpr.2509>. PMID:28571115.
- GONZÁLEZ-DELGADO, I. et al. Optimisation of the synthesis of high galacto-oligosaccharides (GOS) from lactose with β -galactosidase from *Kluyveromyces lactis*. **International Dairy Journal**, Barking, v. 61, p. 211-219, 2016. <http://dx.doi.org/10.1016/j.idairyj.2016.06.007>.
- GONZÁLEZ-DELGADO, I. et al. Production of High Galactooligosaccharides by Pectinex Ultra SP-L: optimization of reaction

- conditions and immobilization on glyoxyl-functionalized silica. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 65, p. 1649-1658, 2017. <http://dx.doi.org/10.1021/acs.jafc.6b05431>.
- GONZÁLEZ-DELGADO, I. et al. β -galactosidase covalent immobilization over large-pore mesoporous silica supports for the production of high galacto-oligosaccharides (GOS). **Microporous and Mesoporous Materials**, Amsterdam, v. 257, p. 51-61, 2018. <http://dx.doi.org/10.1016/j.micromeso.2017.08.020>.
- GOSLING, A. et al. Effect of the substrate concentration and water activity on the yield and rate of the transfer reaction of β -galactosidase from *Bacillus circulans*. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 59, n. 7, p. 3366-3372, 2011. <http://dx.doi.org/10.1021/jf104397w>. PMID:21375323.
- GOSLING, A. et al. Recent advances refining galactooligosaccharide production from lactose. **Food Chemistry**, Barking, v. 121, n. 2, p. 307-318, 2010. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.12.063>.
- GOULAS, A.; TZORTZIS, G.; GIBSON, G. R. Development of a process for the production and purification of α - and β -galactooligosaccharides from *Bifidobacterium bifidum* NCIMB 41171. **International Dairy Journal**, Barking, v. 17, n. 6, p. 648-656, 2007. <http://dx.doi.org/10.1016/j.idairyj.2006.08.010>.
- GROSOVA, Z.; ROSENBERG, M.; REBROS, M. Perspectives and applications of immobilised beta-galactosidase in food industry - a review. **Czech Journal of Food Sciences**, Praha, v. 26, n. 1, p. 1-14, 2008. <http://dx.doi.org/10.17221/1134-CJFS>.
- GUIMARÃES, P. M. R.; TEIXEIRA, J. A.; DOMINGUES, L. Fermentation of lactose to bio-ethanol by yeasts as part of integrated solutions for the valorization of cheese whey. **Biotechnology Advances**, Oxford, v. 28, n. 3, p. 375-384, 2010. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biotechadv.2010.02.002>. PMID:20153415.
- GUPTE, A. M.; NAIR, J. S. β -Galactosidase production and ethanol fermentation from whey using *Kluyveromyces marxianus* NCIM 3551. **Journal of Scientific and Industrial Research**, India, v. 69, p. 855-859, 2010.
- HACKENHAAR, C. R. et al. Batch synthesis of galactooligosaccharides from co-products of milk processing using immobilized β -galactosidase from *Bacillus circulans*. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, Atlanta, v. 36, p. 102-136, 2021. <http://dx.doi.org/10.1016/j.bcab.2021.102136>.
- HERNÁNDEZ, O. et al. Comparison of fractionation techniques to obtain prebiotic galactooligosaccharides. **International Dairy Journal**, Barking, v. 19, n. 9, p. 531-536, 2009. <http://dx.doi.org/10.1016/j.idairyj.2009.03.002>.
- HUANG, J. et al. A novel β -galactosidase from *Klebsiella oxytoca* ZJUH1705 for efficient production of galacto-oligosaccharides from lactose. **Applied Microbiology and Biotechnology**, Berlin, v. 104, n. 14, p. 6161-6172, 2020. <http://dx.doi.org/10.1007/s00253-020-10679-9>. PMID:32436034.
- HUERTA, L. M. et al. Synthesis of galacto-oligosaccharides at very high lactose concentrations with immobilized β -galactosidases from *Aspergillus oryzae*. **Process Biochemistry**, London, v. 46, n. 1, p. 245-252, 2011. <http://dx.doi.org/10.1016/j.procbio.2010.08.018>.
- JEROENSE, F. M. D. et al. Acute consumption of prebiotic galacto-oligosaccharides increases iron absorption from ferrous fumarate, but not from ferrous sulfate and ferric pyrophosphate: stable iron isotope studies in iron-depleted young women. **The Journal of Nutrition**, New York, v. 150, n. 9, p. 2391-2397, 2020. <http://dx.doi.org/10.1093/jn/nxaa199>. PMID:32692367.
- JL, D. et al. Production and identification of galacto-oligosaccharides from lactose using β -D-galactosidases from *Lactobacillus leichmannii* 313. **Carbohydrate Polymer: Technologies and Applications**, Amsterdam, v. 2, p. 1-8, 2021. <http://dx.doi.org/10.1016/j.carpta.2021.100038>.
- JOVANOVIC-MALINOVSKA, R. et al. Galacto-oligosaccharides Synthesis from Lactose and Whey by β -Galactosidase Immobilized in PVA. **Applied Biochemistry and Biotechnology**, Clifton, v. 168, n. 5, p. 1197-1211, 2012. <http://dx.doi.org/10.1007/s12010-012-9850-1>. PMID:22941309.
- JUNG, E. Y. et al. Evaluation of anti-wrinkle effects of duoligo, composed of lactulose and galactooligosaccharides. **Preventive Nutrition and Food Science**, Pusan, v. 22, n. 4, p. 381-384, 2017. <http://dx.doi.org/10.3746/pnf.2017.22.4.381>. PMID:29333394.
- KLEIN, M. P. et al. High stability of immobilized β -D-galactosidase for lactose hydrolysis and galactooligosaccharides synthesis. **Carbohydrate Polymers**, London, v. 95, n. 1, p. 465-470, 2013. <http://dx.doi.org/10.1016/j.carbpol.2013.02.044>. PMID:23618294.
- KOSSEVA, M. R. et al. Use of immobilized biocatalysts in the processing of cheese whey. **International Journal of Biological Macromolecules**, Amsterdam, v. 45, n. 5, p. 437-447, 2009. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2009.09.005>. PMID:19766668.
- KRUMBECK, J. A. et al. Probiotic *Bifidobacterium* strains and galactooligosaccharides improve intestinal barrier function in obese adults but show no synergism when used together as synbiotics. **Microbiome**, London, v. 6, n. 1, p. 121, 2018. <http://dx.doi.org/10.1186/s40168-018-0494-4>. PMID:29954454.
- KUKKONEN, K. et al. Probiotics and prebiotic galacto-oligosaccharides in the prevention of allergic diseases: a randomized, double-blind, placebo-controlled trial. **The Journal of Allergy and Clinical Immunology**, St Louis, v. 119, n. 1, p. 192-198, 2007. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jaci.2006.09.009>. PMID:17208601.
- LAMSAL, B. P. Production, health aspects and potential food uses of dairy prebiotic galactooligosaccharides. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 92, n. 10, p. 2020-2028, 2012. <http://dx.doi.org/10.1002/jsfa.5712>. PMID:22538800.
- LANS, A. M. et al. Physical properties and sensory analysis of galacto-oligosaccharide glassy confections. **Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie**, London, v. 96, p. 499-506, 2018. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2018.05.056>.
- LISBOA, C. R. et al. Response surface methodology applied to the enzymatic synthesis of galacto-oligosaccharides from cheese whey. **Food Science and Biotechnology**, Seoul, v. 21, n. 6, p. 1519-1524, 2012. <http://dx.doi.org/10.1007/s10068-012-0202-2>.







- LIU, J.-F. et al. Reversible immobilization of *K. fragilis* β -galactosidase onto magnetic polyethylenimine-grafted nanospheres for synthesis of galacto-oligosaccharide. **Journal of Molecular Catalysis B. Enzymatic**, Amsterdam, v. 82, p. 64-70, 2012. <http://dx.doi.org/10.1016/j.molcatb.2012.06.001>.
- LIU, Y. et al. Biochemical characterization of a novel β -galactosidase from *Paenibacillus barengoltzii* suitable for lactose hydrolysis and galactooligosaccharides synthesis. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 104, n. Part A, p. 1055-1063, 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.06.073>. PMID:28652150.
- MACFARLANE, G. T.; STEED, H.; MACFARLANE, S. Bacterial metabolism and health-related effects of galacto-oligosaccharides and other prebiotics. **Journal of Applied Microbiology**, Oxford, v. 104, n. 2, p. 305-344, 2008. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2672.2007.03520.x>. PMID:18215222.
- MARIM, A. V. C.; GABARDO, S. Xylooligosaccharides: prebiotic potential from agro-industrial residue, production strategies and prospects. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, Atlanta, v. 27, p. 102-190, 2021. <http://dx.doi.org/10.1016/j.bcab.2021.102190>.
- MARIM, A. V. C.; GABARDO, S.; AYUB, M. A. Z. Porungo cheese whey: β -galactosidase production, characterization and lactose hydrolysis. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 24, p. 1-11, 2021. <http://dx.doi.org/10.1590/1981-6723.03821>.
- MARTÍNEZ-VILLALUENGA, C. et al. Optimization of conditions for galactooligosaccharide synthesis during lactose hydrolysis by β -galactosidase from *Kluyveromyces lactis* (Lactozym 3000 L HP G). **Food Chemistry**, Barking, v. 107, n. 1, p. 258-264, 2008. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.08.011>.
- MAUGARD, T. et al. Microwave-assisted synthesis of galacto-oligosaccharides from lactose with immobilized β -galactosidase from *Kluyveromyces lactis*. **Biotechnology Letters**, Dordrecht, v. 25, n. 8, p. 623-629, 2003. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1023060030558>. PMID:12882156.
- MEDEIROS, F. O. et al. Ondas ultrassônicas e pérolas de vidro: um novo método de extração de β -galactosidase para uso em laboratório. **Química Nova**, São Paulo, v. 31, n. 2, p. 336-339, 2008. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-40422008000200028>.
- MISSION, M. et al. Interfacial biocatalytic performance of nanofiber-supported β -galactosidase for production of galacto-oligosaccharides. **Catalysts**, Basel, v. 10, n. 1, p. 81, 2020. <http://dx.doi.org/10.3390/catal10010081>.
- MISTRY, R. H. et al. Long-Term β -galacto-oligosaccharides supplementation decreases the development of obesity and insulin resistance in mice fed a western-type diet. **Molecular Nutrition & Food Research**, Weinheim, v. 64, n. 12, p. e1900922, 2020. <http://dx.doi.org/10.1002/mnfr.201900922>. PMID:32380577.
- MOREL, F. B. et al. α -galacto-oligosaccharides dose-dependently reduce appetite and decrease inflammation in overweight adults. **The Journal of Nutrition**, New York, v. 145, n. 9, p. 2052-2059, 2015. <http://dx.doi.org/10.3945/jn.114.204909>. PMID:26180243.
- MUSSATTO, S. I.; MANCILHA, I. M. Non-digestible oligosaccharides: a review. **Carbohydrate Polymers**, London, v. 68, n. 3, p. 587-597, 2007. <http://dx.doi.org/10.1016/j.carbpol.2006.12.011>.
- NATH, A.; BHATTACHARJEE, C.; CHOWDHURY, R. Synthesis, and separation of galacto-oligosaccharides using membrane bioreactor. **Desalination**, Amsterdam, v. 316, p. 31-41, 2013. <http://dx.doi.org/10.1016/j.desal.2013.01.024>.
- PANESAR, P. S. et al. Biocatalytic strategies in the production of galacto-oligosaccharides and its global status. **International Journal of Biological Macromolecules**, Amsterdam, v. 111, p. 667-679, 2018. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.01.062>. PMID:29339290.
- PANESAR, P. S.; KUMARI, S.; PANESAR, R. Potential applications of immobilized β -Galactosidase in food processing industries. **Enzyme Research**, London, v. 2010, p. 1-16, 2010. <http://dx.doi.org/10.4061/2010/473137>.
- PARK, H. et al. Galactooligosaccharide production by a thermostable β -galactosidase from *Sulfolobus solfataricus*. **World Journal of Microbiology & Biotechnology**, Oxford, v. 24, n. 8, p. 1553-1558, 2008. <http://dx.doi.org/10.1007/s11274-007-9642-x>.
- PEREIRA, G. F. et al. Solid-state cultivation of recombinant *Aspergillus nidulans* to co-produce xylanase, arabinofuranosidase, and xylooligosaccharides from soybean fibre. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, Atlanta, v. 15, p. 78-85, 2018. <http://dx.doi.org/10.1016/j.bcab.2018.05.012>.
- PEREIRA, M. C. S. et al. Low-lactose dairy: a necessity for people with lactose maldigestion and a niche Market. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, Juiz de Fora, v. 67, n. 389, p. 57-65, 2012. <https://doi.org/10.5935/2238-6416.20120079>.
- PEZZO, M.; SANTI, T. Porungo: queijo tradicional da Região do *Campus Lagoa do Sino* está no centro de parceria entre pesquisadores e produtores locais. **Revista da Universidade Federal de São Carlos, São CARLOS**, v. 2, p. 36-52, 2017.
- PRAZERES, A. R.; CARVALHO, F.; RIVAS, J. Cheese whey management: a review. **Journal of Environmental Management**, London, v. 110, p. 48-68, 2012. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2012.05.018>.
- RASTALL, R. A. Functional oligosaccharides: application and manufacture. **Annual Review of Food Science and Technology**, San Mateo, v. 1, p. 305-339, 2010. <https://doi.org/10.1146/annurev.food.080708.100746>.
- RECH, R.; AYUB, M. A. Z. Simplified feeding strategies for fed-batch cultivation of *Kluyveromyces marxianus* in cheese whey. **Process Biochemistry**, London, v. 42, n. 5, p. 873-877, 2007. <http://dx.doi.org/10.1016/j.procbio.2007.01.018>.
- REID, G. et al. New scientific paradigms for probiotics and prebiotics. **Journal of Clinical Gastroenterology**, New York, v. 37, n. 2, p. 105-118, 2003. <http://dx.doi.org/10.1097/00004836-200308000-00004>. PMID:12869879.
- RENGEL DOS PASSOS, F. et al. Production of a synbiotic composed of galacto-oligosaccharides and *Saccharomyces boulardii* using enzymatic-fermentative method. **Food Chemistry**,

- Barking, v. 353, p. 129486, 2021. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129486>. PMID:33735774.
- RESEARCH AND MARKETS. **Galacto-oligosaccharide (GOS) - Global Market Trajectory & Analytics**. 2021. Disponível em: <[https://www.researchandmarkets.com/reports/5302733/galacto-oligosaccharide-gos-global-market?utm_source=BW&utm_medium=PressRelease&utm_code=vsddsc&utm_campaign=1553909+-+Global+Galacto-oligosaccharide+\(GOS\)+Market+Research+Report+2021&utm_exec=chdo54prd](https://www.researchandmarkets.com/reports/5302733/galacto-oligosaccharide-gos-global-market?utm_source=BW&utm_medium=PressRelease&utm_code=vsddsc&utm_campaign=1553909+-+Global+Galacto-oligosaccharide+(GOS)+Market+Research+Report+2021&utm_exec=chdo54prd)>. Acesso em: 10 mar. 2023.
- ROBERFROID, M. B. Prebiotics: concept, definition, criteria, methodologies, and products. In: GIBSON, G. R.; ROBERFROID, M. B. (Ed.). **Handbook of prebiotics**. Boca Raton: CRC Press, 2008. cap. 3, p. 49-78. <http://dx.doi.org/10.1201/9780849381829.ch3>.
- RODRIGUEZ-COLINAS, B. et al. Galacto-oligosaccharide synthesis from lactose solution or skim milk using the β -galactosidase from *Bacillus circulans*. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 60, n. 25, p. 6391-6398, 2012. <http://dx.doi.org/10.1021/jf301156v>. PMID:22676418.
- RODRIGUEZ-COLINAS, B. et al. Galactooligosaccharides formation during enzymatic hydrolysis of lactose: towards a prebiotic-enriched milk. **Food Chemistry**, Barking, v. 145, p. 388-394, 2014. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.08.060>. PMID:24128493.
- SANDERS, M. E. et al. Probiotics and prebiotics in intestinal health and disease: from biology to the clinic. **Nature Reviews. Gastroenterology & Hepatology**, London, v. 16, n. 10, p. 605-616, 2019. <http://dx.doi.org/10.1038/s41575-019-0173-3>. PMID:31296969.
- SANGWAN, V. et al. Galactooligosaccharides: novel components of designer foods. **Journal of Food Science**, Champaign, v. 76, n. 4, p. R103-R111, 2011. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1750-3841.2011.02131.x>. PMID:22417365.
- SANTIAGO, P. A. et al. Estudo da produção da β -galactosidase por fermentação de soro de queijo com *Kuyveromyces marxianus*. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 24, n. 4, p. 567-572, 2004. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612004000400015>.
- SEN, D. et al. Feasibility study of enzyme immobilization on polymeric membrane: a case study with enzymatically galactooligosaccharides production from lactose. **Journal of Membrane Science**, Amsterdam, v. 378, n. 1-2, p. 471-478, 2011. <http://dx.doi.org/10.1016/j.memsci.2011.05.032>.
- SILVA, N. F. N. et al. Milk quality, production process and physicochemical characteristics of Porungo, an artisanal cheese from the state of Sao Paulo, Brazil. **The Journal of Dairy Research**, London, v. 87, n. 4, p. 480-483, 2020. <http://dx.doi.org/10.1017/S0022029920001016>. PMID:33261671.
- SISO, M. I. G. The biotechnological utilization of cheese whey: a review. **Bioresource Technology**, New York, v. 57, n. 1, p. 1-11, 1996. [http://dx.doi.org/10.1016/0960-8524\(96\)00036-3](http://dx.doi.org/10.1016/0960-8524(96)00036-3).
- SOUZA, A. F. C. E.; GABARDO, S.; COELHO, R. J. S. Galactooligosaccharides: physiological benefits, production strategies, and industrial application. **Journal of Biotechnology**, Amsterdam, v. 359, p. 116-129, 2022. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jbiotec.2022.09.020>. PMID:36206850.
- SRIVASTAVA, A.; MISHRA, S.; CHAND, S. Synthesis of galactooligosaccharides from lactose using immobilized cells of *Kluyveromyces marxianus* NCIM 3551. **Journal of Molecular Catalysis B. Enzymatic**, Amsterdam, v. 123, p. 147-153, 2016. <http://dx.doi.org/10.1016/j.molcatb.2015.11.017>.
- TECHNAVIO. **Galacto-oligosaccharide Market by Product and Geography - Forecast and Analysis 2021-2025**. 2021. Disponível em: <https://www.technavio.com/report/galacto-oligosaccharide-market-size-industry-analysis#utm_source=pressrelease&utm_medium=bw&utm_campaign=t17_wk46_discount&utm_content=IRTNTR40057>. Acesso em: 10 mar. 2023.
- TOMAL, A. A. B. et al. Avanços Tecnológicos na obtenção, purificação e identificação de galactooligosaccharídeos e estudo de suas propriedades prébióticas. **Unopar Científica. Ciências Biológicas e da Saúde**, Londrina, v. 12, p. 41-49, 2015. <https://doi.org/10.17921/2447-8938.2010v12n4p%25p>.
- TORRES, D. P. M. et al. Galactooligosaccharides: production, properties, applications, and significance as prebiotics. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, Chicago, v. 9, n. 5, p. 438-454, 2010. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1541-4337.2010.00119.x>. PMID:33467830.
- URRUTIA, P. et al. Improvement of Chitosan derivatization for the immobilization of bacillus circulans β -Galactosidase and its further application in Galacto-oligosaccharide synthesis. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 62, p. 10126-10135, 2014. <http://dx.doi.org/10.1021/jf500351j>.
- URRUTIA, P. et al. Use of chitosan heterofunctionality for enzyme immobilization: β -galactosidase immobilization for galactooligosaccharide synthesis. **International Journal of Biological Macromolecules**, Amsterdam, v. 116, p. 182-193, 2018. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.04.112>.
- UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE - USDA. Service dairy: world markets and trad, dairy production and trade developments, 2021. Disponível em: <https://www.fas.usda.gov/data/dairy-world-markets-and-trade>. Acesso em: 23 jan. 2022.
- VAN-LEUSEN, E. et al. Industrial applications of galactooligosaccharides. In: JAVIER MORENO, F.; SANZ, M. L. (Ed.). **Food oligosaccharides: production, analysis and bioactivity**. Hoboken: John Wiley & Sons, Ltd., 2014. chap. 25, p. 470-491. <https://doi.org/10.1002/9781118817360.ch25>.
- VERA, C. et al. Synthesis and purification of galacto-oligosaccharides: state of the art. **World Journal of Microbiology & Biotechnology**, Oxford, v. 32, n. 12, p. 197, 2016. <http://dx.doi.org/10.1007/s11274-016-2159-4>. PMID:27757792.
- WANG, K. et al. Enzymatic synthesis of galacto-oligosaccharides in an organic-aqueous biphasic system by a novel β -galactosidase from a metagenomic library. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 60, n. 15, p. 3940-3946, 2012. <http://dx.doi.org/10.1021/jf300890d>. PMID:22443294.

- WHISNER, C. M. et al. Galacto-oligosaccharides increase calcium absorption and gut bifidobacteria in young girls: a double-blind cross-over trial. **The British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 110, n. 7, p. 1292-1303, 2013. <http://dx.doi.org/10.1017/S000711451300055X>. PMID:23507173.
- YÁÑEZ-ÑECO, C. et al. Galactooligosaccharide production from *Pantoea anthophila* strains isolated from “Tejuino”, a Mexican traditional fermented beverage. **Catalysts**, Basel, v. 7, n. 8, p. 242, 2017. <http://dx.doi.org/10.3390/catal7080242>.
- YIN, H. et al. Reaction kinetics and galactooligosaccharide product profiles of the β -galactosidases from *Bacillus circulans*, *Kluyveromyces lactis* and *Aspergillus oryzae*. **Food Chemistry**, Barking, v. 225, p. 230-238, 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.01.030>. PMID:28193420.
- YU, L.; O’SULLIVAN, D. J. Immobilization of whole cells of *Lactococcus lactis* containing high levels of a hyperthermostable β -galactosidase enzyme in chitosan beads for efficient galacto-oligosaccharide production. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 101, n. 4, p. 2974-2983, 2018. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2017-13770>. PMID:29397172.
- YOU, S. et al. Utilization of whey powder as substrate for low-cost preparation of β galactosidase as main product, and ethanol as by-product, by a litre-scale integrated process. **Bioresource Technology**, London, v. 245, p. 1271-1276, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.08.092>.
- ZHANG, X. et al. Production of high-purity galacto-oligosaccharides (GOS) by *Lactobacillus*-derived β -galactosidase. **European Food Research and Technology**, Berlin, v. 247, n. 6, p. 1501-1510, 2021. <http://dx.doi.org/10.1007/s00217-021-03727-9>.
- ZHOU, Q. Z. K.; CHEN, X. D. Effects of temperature and pH on the catalytic activity of the immobilized beta-galactosidase from *Kluyveromyces lactis*. **Biochemical Engineering Journal**, Amsterdam, v. 9, n. 1, p. 33-40, 2001. [http://dx.doi.org/10.1016/S1369-703X\(01\)00118-8](http://dx.doi.org/10.1016/S1369-703X(01)00118-8).

A história do LAMAM no CCA: ensino, pesquisa e extensão em microbiologia industrial, agrícola e ambiental no contexto interdepartamental

The history of LAMAM at CCA: teaching, research, and extension in industrial, agricultural, and environmental microbiology within an interdepartmental context

Sandra Regina Ceccato-Antonini¹ 
 Márcia Maria Rosa-Magri² 
 Silvana Perissatto Meneghin³ 
 Renato Nallin Montagnolli⁴ 
 Dânia Elisa Christofolletti Mazzeo Morales⁵ 
 Lucia Therezinha Picollo Silva⁶ 

¹Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Departamento de Tecnologia Agroindustrial e Socioeconomia Rural (DTAISER), Araras, SP, Brasil. antonini@ufscar.br

²Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Departamento de Recursos Naturais e Proteção Ambiental (DRNPA), Araras, SP, Brasil. marcia.magri@ufscar.br

³Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Departamento de Biotecnologia e Produção Vegetal e Animal (DBPVA), Araras, SP, Brasil. silvana.meneghin@ufscar.br

⁴Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Departamento de Ciências da Natureza, Matemática e Educação (DCNME), Araras, SP, Brasil. renatonm@ufscar.br

⁵Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Departamento de Biotecnologia e Produção Vegetal e Animal (DBPVA), Araras, SP, Brasil. daniamazzeo@ufscar.br

⁶Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Departamento de Biotecnologia e Produção Vegetal e Animal (DBPVA), Araras, SP, Brasil. lucinha@ufscar.br



Este é um capítulo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença [Creative Commons Attribution](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

RESUMO O presente capítulo se propõe a mostrar a estrutura do Laboratório de Microbiologia Agrícola e Molecular (LAMAM), sua equipe e as contribuições em termos de ensino, pesquisa e extensão desenvolvidos ao longo de sua existência. Com suas ações enfocadas na ciência da Microbiologia, são desenvolvidos trabalhos nas áreas Industrial, Ambiental e Agrícola, agregando alunos de iniciação científica, mestrado, doutorado e pós-doutorado sob orientação dos docentes que integram o LAMAM. Inicialmente constituído por dois docentes e um técnico de laboratório no final dos anos 1990, conta agora com quatro docentes (de quatro diferentes departamentos acadêmicos) e um técnico de laboratório. Serão abordadas as linhas de pesquisa desenvolvidas e as contribuições para o ensino de graduação, pós-graduação, pesquisa e extensão. Procurar-se-á demonstrar a evolução do LAMAM ao longo do tempo e como o compartilhamento da gestão e uso de um laboratório interdepartamental pode ser uma experiência produtiva e benéfica para a instituição e os usuários.

Palavras-chave: Gestão compartilhada; laboratório; pesquisa; extensão.

ABSTRACT This chapter presents the Laboratory of Agricultural and Molecular Microbiology (LAMAM, from its Portuguese language acronym) facilities, as its research group shares their contributions on research, teaching, and extension initiatives throughout its history. Our current research in diverse microbiology fields, which include industrial, environmental, and agricultural areas are discussed on the scope of bringing together the importance of gathering undergraduate, master's, doctoral, and

post-doctoral students under the guidance of their corresponding advisors. Once composed by two professors and a technician in the late 1990s, it now has four professors from four different departments and a laboratory technician. The laboratory's history and its ongoing activities are addressed, as well as the contributions to both undergraduate, and graduate teaching, research, and extension initiatives. The topics presented demonstrate the evolution of LAMAM over time and how a shared management model can effectively contribute to an interdepartmental laboratory towards a productive and constructive experience for the institution.

Keywords: Shared management; laboratory; research; extension.

1. INTRODUÇÃO E HISTÓRICO

O Laboratório de Microbiologia Agrícola e Molecular (LAMAM) iniciou suas atividades no final dos anos 1990 por iniciativa das professoras Silvana Perissatto Meneghin (DBPVA) e Sandra Regina Ceccato Antonini (DTAiSeR). Motivadas pelas novas tecnologias de biologia molecular surgidas no início da década de 1990 e pelo advento dos primeiros sequenciamentos completos de genomas de microrganismos, as professoras avaliaram a necessidade de criar um laboratório de biologia molecular no CCA, onde pudessem expandir as pesquisas que realizavam prioritariamente na área da Microbiologia Industrial (profa. Sandra) e Ambiental (profa. Silvana) nos laboratórios ligados aos seus departamentos de origem. A intenção era criar um laboratório não ligado necessariamente a um departamento específico, mas que pudesse acolher os docentes com atividades de pesquisa na área de Microbiologia e Biologia Molecular. A primeira ação foi procurar um local no CCA onde o laboratório poderia ser montado, conseguindo, assim, uma casa muito antiga e deteriorada que poderia servir à intenção depois de uma reforma. Esse espaço ficava perto da Seção Administrativa do CCA, onde está sediada a Diretoria do Centro.

Em seguida, foram envidados esforços por parte do CCA para a reforma estrutural da casa, e, em 1998, a profa. Sandra conseguiu aprovar um projeto de infraestrutura em chamada específica da FAPESP (processo 1998/09404-5 - *Implantação do laboratório de biologia molecular no CCA/UFSCar*), que visava ao suporte financeiro para colocação de armários e prateleiras, reforma do piso e compra de equipamentos como máquina de fazer gelo, sistema de ultrapurificação de água e sistema de fotodocumentação de gel. A vigência desse projeto foi de 01/11/1998 a 31/10/1999.

O laboratório recém-criado e denominado de *Laboratório de Microbiologia Agrícola e Molecular*, mais conhecido pela sigla LAMAM, recebeu suporte financeiro do Programa de Melhoramento Genético da Cana-de-Açúcar (PMGCA), na época coordenado pelo prof. dr. Sizuo Matsuo, pertencente ao Departamento ao qual também pertencia a profa. Silvana que integrava o corpo de pesquisadores do PMGCA. O apoio recebido foi investido na compra de equipamentos como balanças, agitadores, câmara de flu-

xo laminar etc. Estava, assim, o laboratório pronto para ser utilizado, planejado também com salas para acomodar os docentes que o integravam.

Ainda na ideia de iniciar pesquisas com biologia molecular, além da criação do LAMAM, a profa. Sandra iniciou um pós-doutoramento na ESALQ/USP - Piracicaba, no período de agosto de 1998 a fevereiro de 1999, para treinamento na técnica de *Random Amplified Polymorphic DNA* (RAPD) aplicada ao estudo e identificação de fungos filamentosos. O projeto teve a supervisão da profa. dra. Aline Aparecida Pizzirani-Kleiner, do Departamento de Genética da referida universidade.

No ano de 2000, o prof. dr. Alfredo Seiti Urashima, hoje docente do CCA, teve um projeto aprovado na modalidade Jovem Pesquisador - FAPESP (*Aspectos moleculares de Magnaporthe grisea do trigo*), o qual foi desenvolvido nas dependências do LAMAM até o ano de 2004. Por meio do projeto, foram comprados equipamentos específicos para biologia molecular, como termociclador, hibridizador e plataforma de agitação, e foram iniciados projetos de orientação de alunos de iniciação científica sob a responsabilidade do prof. Alfredo. Um dos trabalhos de iniciação científica (*Estudos sobre reprodução sexual em Magnaporthe grisea do trigo*), desenvolvido pelo aluno Danilo B. Fávoro, foi premiado no XXXV Congresso Brasileiro de Fitopatologia pela Sociedade Brasileira de Fitopatologia, em 2002.

Em 2002, a profa. Sandra iniciou um pós-doutoramento na University of Sheffield, Inglaterra, permanecendo por 18 meses, em projeto relacionado à genética molecular de leveduras para o estudo do processo de filamentação em leveduras industriais. Nessa universidade, o projeto teve a supervisão do prof. dr. Peter Edwin Sudbery.

Na volta para a UFSCar em 2003, a profa. Sandra se mudou definitivamente para o LAMAM, pois até então alternava suas atividades de pesquisa entre o Laboratório da Microdestilaria do DTAiSeR e o LAMAM. Nessa fase, a profa. Silvana também já havia se transferido do laboratório que ocupava no DBPVA para o LAMAM, juntamente com a técnica de laboratório Lucia Therezinha Picollo Silva (DBPVA), que atuaria no suporte às aulas de graduação da profa. Silvana e nas atividades de extensão do laboratório. As duas professoras e a técnica passaram a ocupar as salas disponíveis no laboratório.

O LAMAM estava, portanto, estabelecido, sem ter um departamento específico ao qual seria vinculado, mas com a proposta de abrigar os docentes que ainda viriam para a UFSCar e que tivessem em comum as atividades de pesquisa na área de Microbiologia. A gestão do laboratório em termos organizacionais e financeiros ficaria a cargo dos docentes que ocupavam o espaço, sem hierarquização, com a proposta de compartilhamento de espaço e equipamentos e trabalhos em colaboração, tanto na pesquisa como na extensão.

Em 2008, a profa. Silvana defendeu o doutorado na UNESP, campus de Rio Claro (*Efeito da aplicação de fitorreguladores em rizobactérias isoladas de diferentes variedades de cana-de-açúcar, no município de Araras - SP*), continuando suas pesquisas no âmbito do PMGCA de cuja equipe participava desde o tempo do Planalsucar. Até 2010, o LAMAM teve somente as professoras Sandra e Silvana como docentes responsáveis pelo laboratório. Naquele ano, a profa. dra. Márcia Maria Rosa Magri (DCNME e depois DRNPA) ingressou na UFSCar e passou a ocupar também o LAMAM. A referida professora, da área de Microbiologia de Solo e Ambiental, havia sido bolsista de iniciação científica (CNPq-PIBIC) sob orientação da profa. Silvana e coorientada de mestrado e doutorado da profa. Sandra, tendo realizado as atividades de pesquisa no LAMAM.

Em 2008, com a aprovação de projeto na Chamada Pública MCT/FINEP/CT-INFRA - novos *Campi* (*Ampliação*

da infraestrutura laboratorial de pós-graduação e pesquisa do Campus de Araras), sob coordenação da profa. Sandra, foram obtidos recursos para a construção de prédio que abrigaria três laboratórios, entre os quais o LAMAM. A construção foi concluída em 2014, e o LAMAM foi transferido das antigas instalações, perto da Seção Administrativa do CCA, para o novo prédio, próximo ao Prédio Central do CCA. O LAMAM estava agora em um espaço planejado e idealizado para suas atividades de pesquisa e extensão (Figura 1).

Em 2018 a profa. Silvana se aposentou, e, em 2018 e 2020, o prof. dr. Renato Nallin Montagnolli (DCNME) e a profa. dra. Dânia Elisa Christofolletti Mazzeo Morales (DBPVA), respectivamente, ingressaram na UFSCar e passaram também a compartilhar o LAMAM com as professoras Sandra e Márcia no ano seguinte ao ingresso deles. A vinda dos dois professores da área de Microbiologia Ambiental evidenciou ainda mais a natureza interdepartamental do LAMAM. A linha do tempo da Figura 2 mostra os principais marcos de evolução e consolidação do laboratório ao longo dos anos.

2. INFRAESTRUTURA DE PESQUISA

Hoje instalado no prédio do CT-Infra 1, o LAMAM conta com cerca de 202 m² e é organizado em uma área de trabalho central para o desenvolvimento das atividades de banca- da por todos os alunos e pesquisadores (Figura 3). A partir



FIGURA 1 - Laboratório de Microbiologia Agrícola e Molecular (LAMAM). Em (A), vista do prédio onde o laboratório funcionou de 1998 a 2014; em (B), inauguração do prédio do CT-Infra 1 onde está localizado o LAMAM, em outubro de 2014; em (C), vista do prédio do CT-Infra 1, onde pode ser observado o LAMAM, à esquerda, a partir da porta de entrada. Na foto (B), da esquerda para a direita, encontram-se o diretor do CCA, prof. dr. Jozivaldo Prudêncio Gomes de Moraes, a profa. dra. Sandra Regina Ceccato Antonini e o reitor da UFSCar, prof. dr. Targino de Araújo Filho.

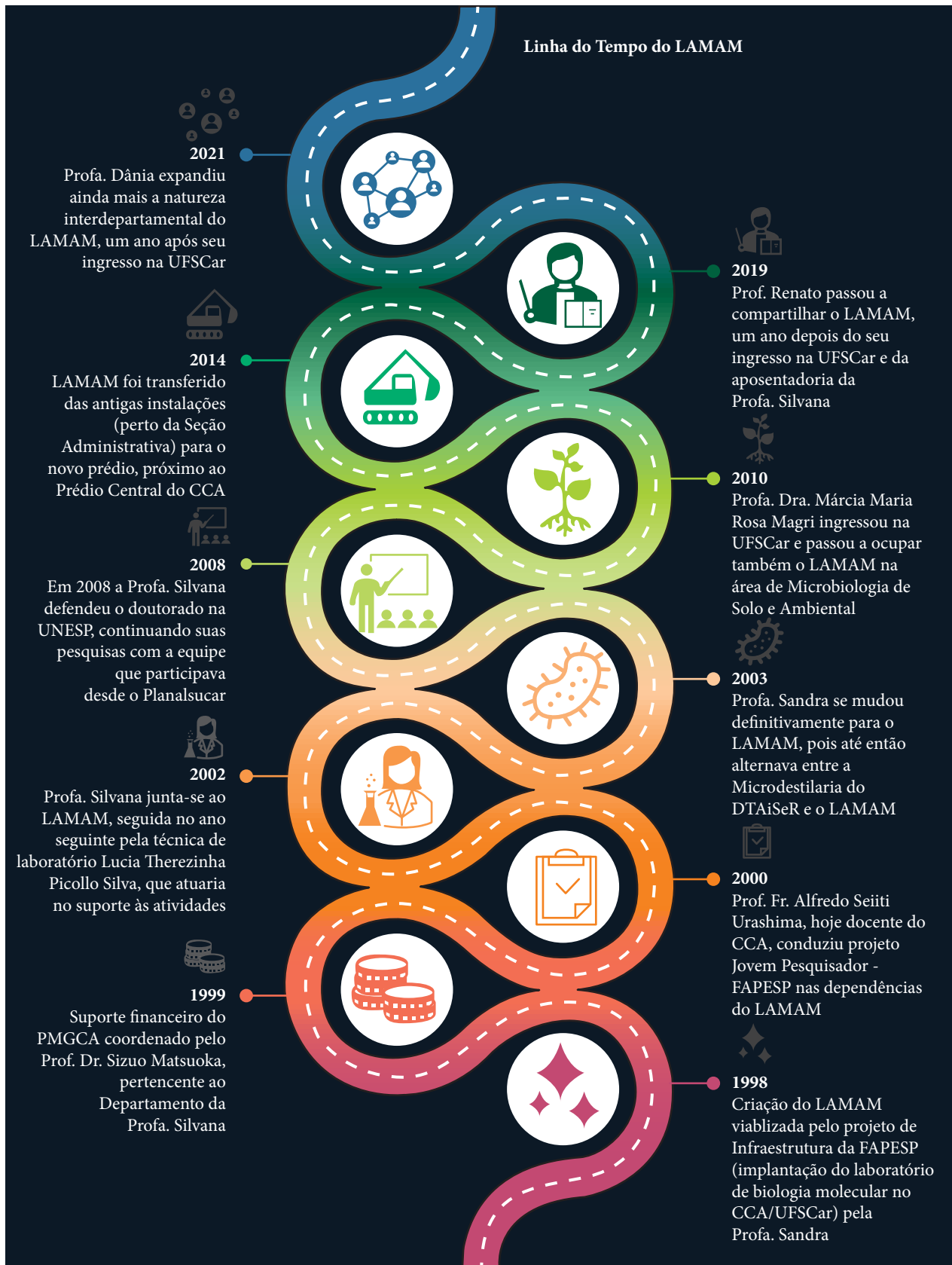


FIGURA 2 - Principais eventos da história do LAMAM representados ao longo do tempo.



FIGURA 3 - Espaço compartilhado principal de trabalho no LAMAM.



FIGURA 4 - Salas de inoculação com as câmaras de fluxo laminar. Em (A), da esquerda para a direita, estão as câmaras para manuseio de fungos, bactérias e de uso misto; em (B) encontra-se uma câmara menor de fluxo laminar.

desse laboratório principal ficam as entradas às áreas anexas para procedimentos específicos em Microbiologia. São nesses espaços compartilhados que as pesquisas são conduzidas, em um ambiente que proporciona o trabalho colaborativo entre os usuários. Os alunos se organizam nesses espaços, ajudando uns aos outros a partir de suas experiências sobre o manuseio dos microrganismos e os conhecimentos adquiridos ao longo da execução de seus projetos.

A manipulação de bactérias e fungos exige ambientes estéreis, e, para isso, os usuários têm à disposição câmaras de fluxo laminar em duas das salas anexas ao laboratório central (Figura 4). Essas câmaras permitem executar o trabalho com esterilidade e biossegurança.

Existe uma sala dedicada ao biorreator (Figura 5). Biorreatores são sistemas complexos projetados para permitir a produção contínua de culturas de células e de biomoléculas. O sistema de biorreator do LAMAM é composto por: um recipiente (cubas de 1 litro e 5 litros), no qual são inocula-



FIGURA 5 - Biorreator e sistemas de controle.

das células vivas e é adicionado o meio de cultura, bem como onde ocorrem as reações bioquímicas; e uma unidade de controle, que controla os parâmetros essenciais às células

(oxigênio, pH, nutrientes, temperatura e agitação). Na sala estão também os componentes e equipamentos auxiliares que conectam os componentes e permitem o funcionamento e monitoramento de todo o sistema: tubos, sensores e sondas, equipamentos de gaseificação, suportes e sistemas eletrônicos. Todo o sistema funciona para controlar o cultivo de bactérias e fungos sob condições específicas.

A sala de esterilização (Figura 6) concentra as atividades de esterilização de vidraria, instrumentos de inoculação e meios de cultura, utilizando, para isso, três autoclaves. Autoclave é um equipamento para aplicação de um método físico de esterilização com efeito letal sobre bactérias e fungos (incluindo esporos termorresistentes) presentes no material colocado dentro do recipiente usando vapor sob pressão. A autoclave esteriliza os materiais em vapor aquecido sob uma pressão operacional de 2 atm. Nessa sala também estão instalados os dispositivos para obtenção de água destilada e de alta pureza isenta de sais (destilador e osmose reversa).

Os microrganismos isolados são cultivados em uma sala dedicada à incubação (Figura 7) e temperatura controlada para maior eficiência energética e preservação da vida útil dos equipamentos ali mantidos. As culturas microbianas são incubadas em estufas de incubação e tipo BOD, ou ainda mesas agitadoras orbitais que permitem o controle de temperatura de acordo com a temperatura ótima de crescimento das linhagens ou de acordo com os objetivos de pesquisa.

O LAMAM conta com outros equipamentos e instrumentos fundamentais para conduzir as pesquisas em Microbiologia, seja na área Agrícola, Industrial ou Ambiental. Outras salas anexas ao laboratório central contam com microscópios, lupas, leitor de microplacas (por absorvância, para protocolos de quantificação de ácidos nucleicos, proteínas e biomassa) e espectrofotômetro. Por fim, o laboratório conta com um *ultrafreezer* que atinge temperaturas tão baixas quanto -80°C . A manutenção em longo prazo permite que os microrganismos prospectados, isolados e cultivados nas pesquisas dos alunos possam ser mantidos em uma coleção microbiana. O *ultrafreezer* possibilita a consolidação de um acervo microbiano de potencial biotecnológico cada vez maior a partir de um legado de pesquisas desde o início da história do laboratório.

Todos os reagentes, meios de cultura e soluções são estocados em um almoxarifado. Os compostos são indexados e numerados para fácil acesso. O uso desses materiais é controlado pelos usuários, que descrevem detalhadamente o volume ou massa consumidos em seus ensaios. Esse controle rigoroso faz parte da gestão do laboratório para viabilizar a continuidade dos trabalhos de bancada.

Por fim, o laboratório conta também com um espaço dedicado para encorajar os alunos a aprofundar seus estudos sobre seus projetos e analisar seus resultados experimentais (Figura 8). A sala de estudos conta com bancadas, armários e climatização. É um ambiente de socialização dos



FIGURA 6 - Sala de esterilização por autoclave de vidraria, instrumentos e meios de cultura.



FIGURA 7 - Sala de incubação dos microrganismos em estufas e mesas agitadoras com controle de temperatura.



FIGURA 8 - Sala de estudos para uso dos alunos e pesquisadores.

interesses científicos e de ajuda mútua entre os alunos, conforme elaboram suas pesquisas. A sala de estudos é adjacente às salas dos docentes e do técnico de laboratório, onde se busca orientação sobre os desenvolvimentos mais recentes.

3. LINHAS DE PESQUISA

Ecologia microbiana e vegetal

- Avaliação de interações eficientes entre fungos micorrízicos arbusculares e plantas (principalmente variedades de cana-de-açúcar e arbóreas nativas) na produção de mudas.
- Efeitos da aplicação de fitorreguladores nas rizobactérias isoladas de diferentes variedades de cana-de-açúcar.
- Estudos de germinação e produção de mudas de plantas nativas e exóticas.

Promoção de crescimento vegetal

- Bioprospecção de bactérias e leveduras rizosféricas, epífitas e endofíticas de cana-de-açúcar e milho, promotoras do crescimento vegetal.
- Produção de fitormônios, solubilização de minerais e controle biológico de fitopatógenos.

Microbiologia industrial

- Microrganismos contaminantes da fermentação alcoólica para produção de etanol combustível.
- Prospecção de compostos naturais com atividade antimicrobiana para aplicação na indústria, agricultura e alimentos.

- Fermentação de pentoses para produção de etanol de segunda geração.

Microbiologia ambiental e biorremediação

- Interação de bactérias e fungos com o ambiente e entre si, incluindo seus efeitos nos ciclos biogeoquímicos, sua diversidade filogenética e metabólica, e as implicações associadas para o ecossistema.
- Desenvolvimento e escalonamento de processos e sistemas biológicos (bactérias, microalgas, fungos e plantas), para despoluição de água, solo, efluentes industriais etc.
- Biossorção, biotransformação, bioacumulação e/ou biodegradação de poluentes e emergentes.
- Bioprospecção de culturas puras ou consórcios microbianos a partir da compatibilidade metabólica com poluentes.
- Desenvolvimento de técnicas de bioaumentação e bioestimulação em sistemas *in situ* ou *ex situ*.

Ecotoxicologia

- Emprego de bioensaios para avaliação da efetividade de processos de biorremediação e biotransformação de resíduos.
- Avaliação do efeito tóxico de contaminantes ambientais sobre organismos vivos pertencentes a diferentes níveis tróficos.

4. EQUIPE DOCENTE



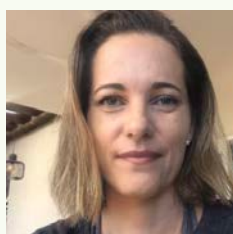
Profa. Sandra Regina Ceccato Antonini
DTAiSeR

Tempo de atuação	1992 - Presente
Formação	Graduação em Licenciatura em Ciências Biológicas (1984), Mestrado em Ciências Biológicas (Biologia Vegetal, 1989) e Doutorado em Ciências Biológicas (Biologia Vegetal, 1993) pela UNESP, campus de Rio Claro. Fez pós-doutorado na ESALQ/USP em Piracicaba e na Universidade de Sheffield, Inglaterra, em Genética Molecular de Fungos
Disciplinas ministradas	Fundamentos de Microbiologia, Introdução à Biotecnologia, Taxonomia e Genética Microbiana
Atuação institucional	Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio) ligada ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) no período de 2017-2023; Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal e Bioprocessos Associados (CCA-UFSCar) desde 2014; e Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos (ESALQ-USP) desde 2002
Área de pesquisa	Microbiologia Industrial e de Fermentação
Linhas de pesquisa atuais	Fermentação etanólica, leveduras, <i>Saccharomyces cerevisiae</i> , leveduras e bactérias contaminantes, antimicrobianos



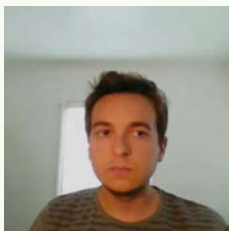
Profa. Silvana Perissatto Meneghin
DBPVA

Tempo de atuação	1991 - 2018
Formação	Graduação em Licenciatura em Ciências Biológicas pela Faculdade de Ciências Biológicas de Araras (1980), Mestrado em Ciências Biológicas (Biologia Celular e Molecular, 1997) e Doutorado em Ciências Biológicas (Microbiologia Aplicada, 2008) pela UNESP, campus de Rio Claro
Disciplinas ministradas	Biologia Celular, Botânica e Microbiologia Ambiental
Atuação institucional	Coordenadora de área do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID)
Área de pesquisa	Microbiologia Agrícola e Ambiental
Linhas de pesquisa	Atividade microbiana, rizobactérias promotoras de crescimento vegetal e de controle biológico e fungos micorrízicos arbusculares



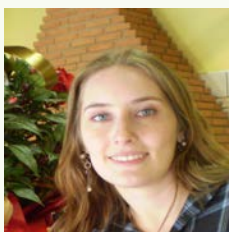
Profa. Márcia Maria Rosa Magri
DRNPA

Tempo de atuação	2010 - Presente
Formação	Graduação em Engenharia Agrônoma pela Universidade Federal de São Carlos (2003), Mestrado em Ciências Biológicas (Microbiologia Aplicada, 2006), Doutorado em Ciências Biológicas (Microbiologia Aplicada, 2009), pela UNESP, campus de Rio Claro
Disciplinas ministradas	Microbiologia do Solo, Biotecnologia do Solo, Biorremediação e Tratamento Biológico de Resíduos, Interação entre plantas e microrganismos
Atuação institucional	Representante titular no Comitê de Patrimônio Genético da UFSCar; e Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal e Bioprocessos Associados (CCA-UFSCar) desde 2014
Área de pesquisa	Microbiologia Agrícola
Linhas de pesquisa atuais	Microrganismos de solo e interações com plantas na promoção de crescimento vegetal



Prof. Renato Nallin Montagnolli
DCNME

Tempo de atuação	2018 - Presente
Formação	Graduação em Licenciatura e Bacharelado em Ciências Biológicas (2009), Mestrado em Ciências Biológicas (Microbiologia Aplicada, 2011) e Doutorado em Ciências Biológicas (Microbiologia Aplicada, 2015) pela UNESP, campus de Rio Claro, tendo sido bolsista do convênio Petrobrás e PRH-05. Desenvolveu atividade de pesquisa de doutorado-sanduíche na Universidade da Califórnia, em Berkeley (EUA)
Disciplinas ministradas	Microbiologia Geral / Básica, Microbiologia Ambiental, Extremófilos e Bioprospecção
Atuação institucional	Representante titular na Coordenadoria de Iniciação Científica e Tecnológica da UFSCar; Programa de Pós-Graduação em Agricultura e Ambiente (CCA-UFSCar) desde 2019; e Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas - Biologia Celular, Molecular e Microbiologia (UNESP, campus de Rio Claro) desde 2016
Área de pesquisa	Microbiologia Ambiental
Linhas de pesquisa atuais	Biorremediação de ambientes contaminados, produção e aplicação de biossurfactantes, biotransformação de fluorcarbonados, biodegradação de compostos orgânicos



Profa. Dânia Elisa Christofolletti Mazzeo Morales
DBPVA

Tempo de atuação	2020 - Presente
Formação	Graduação em Bacharelado e Licenciatura em Ciências Biológicas (2006), Mestrado em Ciências Biológicas (Biologia Celular e Molecular, 2009) e Doutorado em Ciências Biológicas (Biologia Celular e Molecular, 2013) pela UNESP, campus Rio Claro. Realizou doutorado-sanduíche no CSIC, Barcelona, Espanha (2012). Fez pós-doutorado no Instituto de Química da UNESP, campus de Araraquara, na Goethe Universität Frankfurt am Main, Alemanha, e no Instituto de Biociências da UNESP, campus de Rio Claro
Disciplinas ministradas	Biologia Celular, Microbiologia Ambiental e Biotransformação de resíduos
Atuação institucional	Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal e Bioprocessos Associados (CCA-UFSCar) desde 2021; e Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas - Biologia Celular, Molecular e Microbiologia (UNESP, campus de Rio Claro) desde 2020
Área de pesquisa	Microbiologia Ambiental e Ecotoxicologia
Linhas de pesquisa atuais	Biotransformação de resíduos (lodo de esgoto, lodo de água), biofertilizante, mutagênese ambiental, detecção de alteradores endócrinos e dioxin-like, biorremediação, monitoramento e despoluição ambiental

5. PRODUÇÃO CIENTÍFICA E FORMAÇÃO DE RECURSOS HUMANOS

Microbiologia de solo e associação entre plantas e microrganismos

Rizobactérias e fungos micorrízicos em cana-de-açúcar

Os estudos dos microrganismos do solo no LAMAM tiveram início com os trabalhos realizados pela profa. Silvana. Servidora desde o Planalsucar (Instituto do Açúcar e Álcool), quando o extinto instituto (infraestrutura e recursos humanos) foi transferido à UFSCar, iniciou seu trabalho como docente da universidade. Realizou o curso de mestrado em Biologia Celular e Molecular pela UNESP, campus de Rio Claro, onde defendeu seu trabalho com o emprego de reguladores vegetais no cultivo de cana-de-açúcar. Mais tarde, defendeu sua tese de doutorado, na mesma universidade, no Programa de Pós-Graduação em Microbiologia Aplicada, sobre rizobactérias promotoras de crescimento, também em cana-de-açúcar.

Seus trabalhos no LAMAM consistiram no isolamento de diversas linhagens de bactérias do microbioma da cana-de-açúcar e na construção de um banco de diferentes espécies que apresentavam mecanismos relacionados ao estímulo do desenvolvimento vegetal e à proteção contra o ataque de fitopatógenos.

Além das rizobactérias, desenvolveu, com seus orientados, projetos de pesquisa com fungos micorrízicos arbusculares em cana-de-açúcar e em outras espécies vegetais. No total, orientou 33 alunos de iniciação científica, sendo eles dos cursos de Engenharia Agrônoma, Biotecnologia e Ciências Biológicas. Publicou 11 artigos científicos, apresentou 70 trabalhos em eventos, dos quais 7 em eventos internacionais.

Além de pesquisa, trabalhou de forma significativa no projeto de extensão do LAMAM (*Análise microbiológica de solo, produtos e processos agrícolas e industriais*), o qual está ainda em atividade. Foi responsável por consultorias em empresas de produtos biológicos e por análises de produtos biológicos comerciais e multiplicados microbianos para aplicação em lavouras de diferentes culturas, em propriedades rurais de médio e grande porte. Organizou cursos na área, recebendo alunos de diferentes estados interessados em adquirir conhecimento no tema de produtos biológicos, da qual foi referência.

Leveduras isoladas de área agrícola: inovação na promoção de crescimento vegetal

Outro grupo microbiano do solo que foi alvo de pesquisa no LAMAM foram as leveduras. Entre os microrganismos do solo, as leveduras são pouco estudadas se comparadas às rizobactérias ou até mesmo aos fungos filamentosos. Esta foi a motivação para que a professora Márcia Maria Rosa Magri, na época doutoranda, decidisse por isolar e avaliar

o papel desse grupo no controle de fungos fitopatogênicos. A partir de isolamentos de leveduras de cana-de-açúcar e milho, de solo, folhas e colmos, conseguiu selecionar linhagens que apresentaram significativo antagonismo contra fungos que causavam doenças em sorgo e milho. Das linhagens selecionadas, foi possível observar que as leveduras poderiam apresentar outros mecanismos relacionados à promoção de crescimento vegetal, como produção de fitormônios e solubilização de minerais.

Esses resultados possibilitaram o desenvolvimento de diversos projetos, entre os quais a participação do laboratório no projeto *Rochas potássicas como fonte de nutrientes para a agricultura*, o qual contou com a participação da profa. dra. Maria Leonor Casimiro Ribeiro Lopes-Assad, docente do DRNPA (atualmente aposentada) e de outras instituições e universidades do país, como EMBRAPA e UnB. O papel da espécie de levedura *Torulaspota globosa*, isolada de solo de cana-de-açúcar na solubilização de pós de rocha, foi importante para a publicação de artigo e trabalho apresentado no *Simpósio Nacional de Bioprocessos (SINAFERM)* e selecionado para publicação na revista *Brazilian Archives of Biology and Technology*. No trabalho, a levedura mostrou ser mais eficiente na solubilização da rocha do que o fungo *Aspergillus niger*, conhecido pela produção de ácidos orgânicos e solubilização de fosfatos.

Após sucessivos isolamentos da espécie de levedura *T. globosa* nos solos de cana-de-açúcar e milho cultivados no campus de Araras, e as linhagens sempre se destacando quanto aos mecanismos avaliados de promoção de crescimento vegetal, um banco de leveduras com seis linhagens da espécie se tornou alvo de vários projetos de pesquisa e publicações do LAMAM. Parcerias foram realizadas com outros docentes do CCA e de outras universidades, interessados em estudar e avaliar seus mecanismos na promoção de crescimento vegetal. Com o prof. dr. Fernando César Sala (DBPVA), pesquisador da área de horticultura, um projeto de inoculação de mudas de alface, realizado pela aluna Paloma Garcia Cabrini em seu mestrado, observou estímulo de mais de 20% em aumento de massa fresca do vegetal quando tratado com células da levedura. Nos últimos anos, as linhagens de levedura também foram empregadas, com sucesso, no controle de podridão de frutos no pós-colheita e como indutoras de resistência vegetal contra estresses bióticos e abióticos no campo.

Microbiologia industrial

O fator killer em leveduras industriais

O primeiro projeto financiado pela FAPESP e sob coordenação da profa. Sandra foi o de *Biotipagem de leveduras industriais pelo sistema killer*, em 2003, após a sua mudança para o LAMAM. Com este projeto, foi possível a identifi-

cação de linhagens do banco de culturas do laboratório, as quais foram e ainda têm sido utilizadas em diversos projetos no laboratório em estudos sobre a filamentação em *S. cerevisiae* e de comportamento de leveduras contaminantes na fermentação alcoólica. Além disso, a identificação das linhagens *killer* possibilitou que outros grupos de pesquisa utilizassem as cepas do nosso banco. Com esse projeto, concluiu-se a primeira orientação de mestrado da profa. Sandra com o aluno Christiann Davis Tosta (em 2004), ex-diretor e professor do Instituto Federal de São Paulo, campus de Matão. Duas alunas de iniciação científica também trabalharam no projeto, dois artigos foram publicados e três apresentações foram apresentadas em congressos.

Filamentação em *Saccharomyces cerevisiae*: aspectos genéticos e fisiológicos

Este tema foi amplamente estudado pela profa. Sandra desde o seu pós-doutoramento na University of Sheffield, Inglaterra, em 2002-2003, tendo projeto aprovado na FAPESP no período de 2004-2007. Os resultados obtidos na Inglaterra permitiram verificar que as linhagens industriais de *S. cerevisiae*, entre as quais a linhagem PE-2 extensivamente utilizada no processo industrial de fermentação etanólica, eram capazes de filantar (mudar da morfologia unicelular para pseudo-hifal e/ou células deformadas) sob condições de deficiência de nitrogênio e na presença de álcool isoamílico, um componente do óleo fúsel (subproduto da fermentação etanólica). Aspectos genéticos da filamentação foram também estudados, destacando a influência dos genes *MPK1*, *SIC1* e *PHO85* na alteração morfológica. No retorno para o Brasil, a profa. Sandra passou a investigar os aspectos biotecnológicos do processo de filamentação, enfocando o efeito sobre a fermentação caso a alteração morfológica ocorresse. Esses estudos renderam uma matéria na Revista FAPESP em 2009 e um artigo de revisão escrito a convite do editor do periódico *Biotechnology Letters*. Os resultados indicaram que as leveduras que apresentavam filamentação em resposta aos estresses teriam vantagem em relação às que não apresentavam, pois permitiam que sobrevivessem no ambiente desfavorável, e a alteração morfológica não seria necessariamente ruim. Nessa temática, houve o desenvolvimento de uma dissertação de mestrado, seis trabalhos de iniciação científica e um trabalho de conclusão de curso. Foram publicados três artigos em periódicos internacionais e ocorreram 20 apresentações em congressos.

Aspectos microbiológicos do caldo de cana e da produção de bebidas

No período de 2006 a 2013, foram desenvolvidos trabalhos quanto aos aspectos microbiológicos do caldo de cana-de-açúcar visando à produção de cachaça, assim como a influência do tipo de fermento na obtenção da bebida. Paralelamente foi também estudada a produção de tiquira, a

aguardente de mandioca. Os projetos desenvolvidos enfocavam especialmente os pequenos produtores para obtenção de bebida com maior valor agregado. Os trabalhos foram financiados pela FAPESP e resultaram na orientação de quatro projetos de mestrado, publicação de três artigos e apresentação de trabalhos em eventos nacionais.

Microrganismos contaminantes da fermentação etanólica: caracterização fenotípica e molecular, comportamento fermentativo, resistência ao estresse, interação leveduras- bactérias, efeito do substrato de fermentação e tratamento celular

Esta temática de pesquisa foi desenvolvida no período de 2005 a 2019, com foco em leveduras contaminantes das espécies *Dekkera bruxellensis* e *S. cerevisiae* e bactérias do gênero *Lactobacillus*. Foram aprovados quatro auxílios à pesquisa na FAPESP, com produção de cinco dissertações de mestrado, duas teses de doutorado, cinco projetos de iniciação científica, cerca de 40 apresentações em congressos nacionais e internacionais, dez artigos publicados em periódicos nacionais e internacionais e um trabalho de conclusão de curso. Com essa temática, a profa. Sandra foi contemplada com Bolsa de Produtividade Pesquisa do CNPq em 2013, renovada até o presente momento. Inicialmente, procurou-se demonstrar o efeito que as leveduras *D. bruxellensis* ocasionavam na fermentação etanólica, uma informação que ainda não havia sido registrada no contexto da fermentação. Em seguida, a caracterização molecular e fenotípica das leveduras *D. bruxellensis* e *S. cerevisiae*, que apresentavam colônia rugosa e células pseudo-hifais, e a resistência ao estresse mostraram diferenças entre elas e a levedura industrial PE-2, que poderiam explicar a sobrevivência e persistência das contaminantes no ambiente fermentativo. A produção de fenóis voláteis por *D. bruxellensis*, comum em linhagens contaminantes do vinho, foi também demonstrada em condições de fermentação alcoólica nos meios de caldo de cana e melão, com efeito sobre os parâmetros de fermentação. Estudos da interação entre elas e a bactéria *Lactobacillus fermentum*, um dos mais importantes contaminantes bacterianos da fermentação, tanto em caldo de cana quanto em melão, apontaram que a presença da bactéria poderia potencializar o efeito da levedura contaminante, especialmente em melão como meio de fermentação. Os trabalhos nessa área renderam parcerias com a Universidade Federal de Pernambuco, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, campus de Botucatu, e Universidade de Santiago de Chile.

Novos antimicrobianos para o controle da contaminação bacteriana na fermentação etanólica

Este trabalho começou em 2014 com o objetivo de procurar por novos antimicrobianos em substituição ao ácido sulfúrico e antibióticos no tratamento celular realizado na indús-

tria para inibir a contaminação bacteriana. Foram testados metabissulfito de potássio, própolis, quitosana, extrato de resíduos de uva e óleo essencial de *Citrus*, com destaque para quitosana e óleo essencial cítrico. Quanto ao óleo essencial e extrato de resíduos de uva, foi demonstrado o alto potencial inibitório contra *L. fermentum*. No caso da quitosana, propusemos uma fermentação láctica inicial para liberação de quitina de resíduos de casca e cabeça de camarão e posterior desacetilação para obtenção de quitosana. Foi possível também substituir o meio semissintético por melação diluído para a fermentação láctica, um subproduto da indústria do açúcar. A quitosana assim obtida tem sido avaliada quanto ao potencial antibacteriano contra *L. fermentum* tanto em solução quanto na forma de esferas para emprego na fermentação. Filmes de quitosana foram também produzidos na forma de *coatings* para emprego na proteção de frutos e para embalagens de alimentos. O trabalho com a quitosana tem parceria com a University of Florida, Estados Unidos. Outra vertente dentro do mesmo tema tem explorado o emprego de etanol como adjuvante no tratamento ácido, dióxido de cloro e ácido clorídrico no controle da contaminação bacteriana. Resultados promissores foram obtidos com o emprego de etanol, e os outros produtos estão sendo testados. Três projetos foram aprovados pela FAPESP para conduzir os experimentos com esses antimicrobianos, um deles aprovado em meados de 2022. A produção científica e os recursos humanos formados foram de cinco dissertações de mestrado, quatro trabalhos de iniciação científica, sete artigos publicados em periódicos nacionais e internacionais, um mestrado e dois doutorados em andamento, um trabalho de conclusão de curso, um pós-doutorado supervisionado e apresentações em congressos nacionais e internacionais.

Seleção de linhagens fermentadoras de pentoses para produção de etanol 2G

Esta linha de pesquisa teve início no ano 2009 com a aprovação do projeto do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol (INCT-Bioetanol), financiado pela FAPESP e CNPq. Sob a coordenação do prof. dr. Marcos Buckering (USP), o LAMAM passou a compor o INCT com o objetivo de selecionar leveduras fermentadoras de pentoses e otimizar o meio de cultura para produção de etanol a partir de bagaço de cana. Foram isoladas leveduras do ambiente e avaliado seu potencial fermentativo e de crescimento em hidrolisados, procurando selecionar linhagens com alta produção de etanol e capacidade de tolerar/assimilar ácidos orgânicos e compostos fenólicos presentes nos hidrolisados. O projeto foi concluído em 2014, mas a linha de pesquisa permanece até hoje, tendo produzido cinco artigos, um capítulo de livro, apresentações em congressos nacionais e internacionais, além de dois doutorados e dois mestrados sob orientação da profa. Sandra.

Microbiologia ambiental

Biorremediação de ambientes contaminados

Mais recentemente, desde 2019, as pesquisas direcionadas para biorremediação foram expandidas conforme a área de atuação do prof. Renato em Microbiologia Ambiental. A primeira pesquisa de pós-graduação orientada pelo docente foi concluída em 2022 com a aluna de mestrado Biana Pelissari. Nessa primeira iniciativa de estudos em biorremediação, foi explorado o potencial bioativo de *Phyllosticta citricarpa* para controle biológico de fungos fitopatogênicos combinados com a biorremediação de solos contaminados por pesticidas. Para isso, foi analisada a atividade antifúngica contra *Sclerotinia sclerotiorum*, *Rhizoctonia solani* e *Fusarium verticillioides*, determinando a produção de metabólitos como fatores de inibição de crescimento ou de estruturas de resistência. Associado a isso, as linhagens foram bioprospectadas para otimizar a biodegradação do herbicida flumioxazina ao mesmo tempo que promoveram a ação antifúngica em campo.

Atualmente, as pesquisas em biorremediação são conduzidas no LAMAM por dois alunos de mestrado e oito alunos de iniciação científica do Grupo de Pesquisas em Biorremediação, Bioprospecção e Biodegradação (Gr3B), coordenado pelo prof. Renato. Em geral, os projetos utilizam o potencial de microrganismos isolados do solo e da água para biodegradar poluentes diversos: herbicidas, inseticidas, polímeros, derivados do petróleo, compostos aromáticos, complexos com metais pesados, corantes têxteis, entre outros. Por meio de ensaios respirométricos, colorimétricos, enzimáticos e de interação, ambientes diversos (de solos agrícolas a oceanos) são simulados em laboratório para modelar e prever o papel dos microrganismos em solucionar cenários de poluição. Somado a isso, a interação de comunidades microbianas na ecologia de abelhas sujeitas à perturbação por controle por agentes químicos é investigada em parceria com a profa. dra. Roberta Nocelli (DCNME), com o desenvolvimento de ensaios de interação microbiana e desenvolvimento larval. Todas as pesquisas em andamento contam com equipamentos e protocolos experimentais que analisam a composição e atividade da microbiota, incluindo diversidade microbiana, interação com substratos e produção de metabólitos intermediários, expandindo, dessa forma, o conhecimento sobre o papel das bactérias e fungos no ambiente. Os pesquisadores do Gr3B compõem a equipe de alunos do LAMAM e, atualmente, elaboram as publicações resultantes de suas descobertas sobre o comportamento ambiental dos poluentes quanto à biodegradabilidade e interações ecológicas.

6. EXTENSÃO

Desde 2004, o LAMAM tem um projeto de extensão registrado na Pró-Reitoria de Extensão (Proex) e Fundação de

Apoio Institucional ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FAI) intitulado *Análise microbiológica de solo, produtos e processos agrícolas e industriais*. O objetivo do projeto é realizar análises microbiológicas de solo, produtos, processos e insumos agrícolas e industriais, com vistas ao controle de qualidade, detecção de microrganismos contaminantes/predominantes/patogênicos, avaliação de biodiversidade microbiana, objetivando redução de custos e promovendo maior interação com o meio produtor (industrial e rural).

O presente projeto é uma possibilidade de ampliação dos conhecimentos no que diz respeito aos aspectos microbiológicos de produtos e processos, bem como manter um banco de dados sobre a qualidade dos produtos e propiciar aos pesquisadores o contato com a realidade, questões e problemas. Abre novas perspectivas de pesquisa, seja básica ou aplicada, uma vez que possibilita adquirir material biológico para estudos, por exemplo, o banco de culturas de microrganismos formado por intermédio de projetos de extensão, nas parcerias com unidades produtoras de etanol. Esse banco tem fornecido linhagens para projetos de mesclado em andamento no laboratório e iniciação científica, além de atender às solicitações de pesquisadores, inclusive do exterior. Ademais, os resultados obtidos irão contribuir com o conhecimento que será difundido por meio dos cursos de Engenharia Agrônoma e Biotecnologia, estágios em Microbiologia Aplicada e Agrícola e iniciação científica. É também uma possibilidade para os alunos conhecerem de perto os problemas, apresentarem soluções e estabelecerem contato com o setor produtivo e as demandas do mercado de trabalho.

Ao longo do período de 2004 a 2022, foram realizadas análises microbiológicas em cerca de 2.500 amostras, constituídas de solo, açúcares, bioinoculantes, água, leveduras, fermentação etanólica, entre outras, objetivando a determinação do número de microrganismos, eficiência de antimicrobianos, capacidade fermentativa de isolados, resistência a fatores de estresse, capacidade de solubilização de fosfatos insolúveis etc. Foram ministrados cursos de aperfeiçoamento ao público em geral e a grupos de funcionários de empresas para capacitação nas análises microbiológicas.

7. COMPARTILHAMENTO DE GESTÃO E USO DE LABORATÓRIO INTERDEPARTAMENTAL: BENEFÍCIOS, DESAFIOS E PERSPECTIVAS

Cumprindo o seu objetivo de ser um laboratório interdepartamental, o LAMAM abriga hoje a pesquisa de docentes vinculados a quatro departamentos distintos dos cinco existentes no CCA. Ao exercer a gestão compartilhada do laboratório, esses docentes são responsáveis pelo gerenciamento financeiro e executivo de modo igualitário, o que possibilita a otimização de recursos e descentraliza a sobrecarga da tomada de decisões. Esse modelo de gestão permi-

te o melhor aproveitamento de reagentes, evita que equipamentos fiquem ociosos e que os recursos sejam alocados em pontos estratégicos, sem a necessidade de duplicidade (ou mais) de um mesmo material ou componente em prédios distintos. Além disso, embora um número maior de estudantes e profissionais conviva em um mesmo espaço, isso estimula a cooperação, a organização e o desenvolvimento de relações interpessoais. Essa estrutura também potencializa a realização de parcerias entre os próprios docentes e alunos, o que resulta em ganhos significativos em termos de aprovação de projetos, obtenção de recursos, formação de recursos humanos e aumento do número de publicações. Em 2019, o prof. Renato passou a compor a equipe de docentes do LAMAM, com a proposta de complementar as pesquisas do laboratório com seus projetos na área de Microbiologia Ambiental.

No ano de 2021, o LAMAM abriu suas portas para sediar as pesquisas da profa. Dânia, que passou a integrar a equipe permanente de docentes desse laboratório. Assim, uma nova linha de pesquisa foi incluída, a biotransformação de resíduos. Em consonância com as outras linhas já estabelecidas no LAMAM, o desenvolvimento de fertilizantes orgânicos a partir da transformação microbiana de resíduos provenientes de diferentes fontes (tratamento de água e esgoto, indústria sucroalcooleira, atividades de cultivo de cogumelos), como uma alternativa sustentável para o seu gerenciamento, amplia as possibilidades de obter resultados e desenvolver tecnologias que contribuam para a sustentabilidade ambiental e agrícola. Adicionalmente, novos ensaios ecotoxicológicos estão sendo implementados, entre os quais o teste de *Allium cepa* para detecção de atividades citotóxicas e genotóxicas, o teste de Ames (*Salmonella* / microssoma) para avaliação do potencial mutagênico e o ensaio com leveduras recombinantes para verificação da presença de alteradores endócrinos em amostras ambientais.

O acolhimento desses docentes busca dar continuidade aos trabalhos de excelência já estabelecidos até então pela equipe atual, incorporando novas metodologias, experiências, parcerias e possibilidades de cooperação interdepartamental e interinstitucional.

O futuro das pesquisas no laboratório é promissor, uma vez que a vasta experiência da equipe docente permite produzir resultados que vão da microbiologia clássica às tecnologias mais recentes em biologia molecular. O LAMAM pretende consolidar sua coleção microbiana das linhagens fúngicas e bacterianas exploradas nas pesquisas desenvolvidas até então. Esse acervo biológico contribuirá para explorar efetivamente todo o potencial biotecnológico microbiano. Associado a isso, a infraestrutura tecnológica do campus de Araras da UFSCar permite a inclusão de protocolos avançados de estudos. Equipamentos multiusuários permitirão a melhor caracterização do papel dos microrganismos em processos industriais e no ambiente, por

meio da análise de expressão gênica dos microrganismos via qPCR. A utilização de técnicas cromatográficas permitirá também o monitoramento e a quantificação detalhada de metabólitos microbianos. Dessa forma, as publicações e iniciativas de extensão irão corresponder ainda mais às demandas de desenvolvimento tecnológico de ponta na geração de conhecimento e descobertas, sejam elas de base ou aplicadas, envolvendo fungos e bactérias.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Certamente existem desafios de gestão quando muitos alunos trabalham no mesmo ambiente. Para isso, o LAMAM está implementando um sistema *online* que permitirá: acompanhamento em tempo real de reserva de equipamentos, controle de estoque fundamentado no consumo de reagentes, meios de cultura e materiais descartáveis; manutenção dos equipamentos; controle de acesso de usuários; e principalmente demandas de treinamento de bancada por novos membros. Essa implementação é fundamental, afinal hoje o LAMAM não conta com um técnico de laboratório dedicado a essas funções. Sobre o treinamento dos usuários, todos os equipamentos estão sendo etiquetados com *QR code* para acesso de uma página com instruções de uso (incluindo material de autoria própria em vídeo sobre os protocolos de uso), além de avisos importantes de segurança e boas práticas em laboratório.

A compreensão da colaboração interdepartamental dos docentes que compõem o laboratório, aliada à multidisciplinaridade das aplicações dos projetos, garante o cumprimento dos objetivos de uma pesquisa aplicada: a excelência nos métodos e análises de resultados, além do comprometimento com ensino e extensão universitária. No LAMAM, a ideia de sua concepção e funcionamento concorda com a fala do dr. Carlos Henrique de Brito Cruz, diretor científico da FAPESP: *Um equipamento que fica em uso constante, em geral, está sempre em melhores condições do que um que é usado esporadicamente*¹. Os atuais 22 alunos que integram a equipe de trabalho no laboratório mantêm a produtividade constante e a geração de conhecimento com seus projetos de pesquisa desenvolvidos nas áreas de Microbiologia Agrícola, Ambiental e Industrial.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ESTADÃO. **Universidades públicas passam a ter 'uber' de equipamentos de laboratórios**. 2019. Disponível em: <https://ciencia.estadao.com.br/noticias/geral,universidades-publicas-passam-a-ter-uber-de-equipamentos-de-laboratorios,70003083249?utm_source=estadao:whatsapp&utm_medium=link>. Acesso em: 9 mar. 2023.

¹ ESTADÃO (2019).

Temas, metodologias e estratégias para a alfabetização científica e tecnológica: dos anos iniciais à formação de professores

Subjects, methodologies and strategies for scientific and technological literacy: from early years of elementary school to teacher education

Tathiane Milaré¹ 

¹Universidade Federal de São Carlos (UFSCar),
Araras, SP, Brasil. tmilare@ufscar.br

RESUMO Neste capítulo, serão apresentadas atividades de pesquisa, ensino e extensão desenvolvidas na Universidade Federal de São Carlos, campus Araras, sobre o processo de alfabetização científica e tecnológica na educação básica e na formação de professores. Essas atividades envolvem quatro frentes: i) identificação e análise de temáticas em relação à possibilidade de promover a alfabetização científica e tecnológica; ii) elaboração de propostas de ensino; iii) desenvolvimento de propostas de ensino junto aos estudantes e iv) análise dos impactos dessas propostas na formação. As propostas de ensino desenvolvidas têm sido inovadoras, despertando o interesse dos estudantes e contemplam os indicadores do processo de alfabetização científica e tecnológica. A participação de licenciandos nessas atividades também contribui de forma significativa para sua formação docente.

Palavras-chave: Educação em ciências; Ciência-tecnologia-sociedade; Ensino; Pesquisa; Extensão.

ABSTRACT The purpose of this paper is to present teaching, research, and extension projects on the process of Scientific and Technological Literacy in basic education and teacher training developed in Universidade Federal de São Carlos, Araras, SP, Brazil. These projects aim to identify and analyze themes for Scientific and Technological Literacy; to develop teaching proposals; to apply teaching activities with students and to analyze the impacts of these proposals on learning. The teaching proposals developed have been innovative, arouse the interest of students and include the indicators of the Scientific and Technological Literacy process. The projects also contribute to the teacher education of participating undergraduates.

Keywords: Science education; Science-technology-society; Teaching; Research; Extension.



Este é um capítulo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença [Creative Commons Attribution](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

1. INTRODUÇÃO

O ensino de ciências demanda atenção a questões históricas, sociais, políticas e econômicas, tanto para contribuir com a contextualização do que é ensinado, quanto para estabelecer a finalidade dos processos de ensino e aprendizagem e o papel da educação na sociedade. As diversas possibilidades de comunicação e de acesso às informações da atualidade, por exemplo, impõem novos desafios ao ensino de ciências, que perde o significado quando se restringe a uma abordagem conceitual que é acessível fora das instituições de ensino e, muitas vezes, até mais atraente. É nesse contexto em que parte das pesquisas sobre alfabetização científica e tecnológica se insere.

A alfabetização científica e tecnológica é um processo que deve ser promovido no ensino de ciências, em todas as etapas de formação. Teve sua origem nos debates de reformulações curriculares que problematizavam o ensino de ciências tecnicista, com ênfase conceitual e pouco significativa para as pessoas em geral. Desse modo, buscou-se traçar objetivos para o ensino de ciências que contribuíssem para a formação crítica da cidadania (MILARÉ et al., 2021).

Segundo Fourez (2005), a alfabetização científica e tecnológica possui três principais finalidades, também conhecidas como objetivos pedagógicos: a autonomia, que possibilita uma tomada de decisões fundamentada e consciente diante de situações problemas; o domínio dos conhecimentos científicos, que implica saber-fazer e poder-fazer e a comunicação, que possibilita o diálogo por meio da capacidade de compreender e de se fazer compreensível. Essas finalidades estão articuladas a dimensões humanistas, sociais, políticas e/ou econômicas, uma vez que possibilitam uma atuação mais ativa em sociedade, ampliam o capital cultural, promovem a apreciação da ciência e da tecnologia e criam perspectivas profissionais (FOUREZ, 2005).

Esses direcionamentos para o ensino de ciências, que os tornam mais significativo, compromissado e transformador, resultam em outros desafios no que se refere à concretização desse processo em sala de aula em qualquer etapa do ensino. A superação desses desafios demanda pesquisas que identifiquem e analisem temáticas de importância social, política, econômica ou ambiental, a fim de que possam ser mais bem compreendidas por meio do domínio de conhecimentos científicos, ao mesmo tempo em que proponham e avaliem metodologias e estratégias de ensino, que possam ser conduzidas em diferentes etapas da formação, visando ao desenvolvimento da autonomia, da comunicação e da aprendizagem das ciências da natureza, de forma significativa.

Neste capítulo, serão apresentados os resultados das atividades de pesquisa, ensino e extensão desenvolvidas na Universidade Federal de São Carlos, UFSCar, campus Araras, sobre o processo de alfabetização científica e tecnoló-

gica, envolvendo a educação básica, desde os anos iniciais, e a formação de professores.

As atividades de ensino nos cursos de licenciatura das áreas de ciências da natureza e os projetos de extensão nos quais os professores em formação inicial podem participar são espaços potentes no desenvolvimento de pesquisas em educação em ciências. Além de contribuírem para a construção de conhecimentos da área, subsidiam uma formação de professores-pesquisadores mais alinhada às demandas educacionais atuais. Nesse contexto, a seguinte questão orienta diferentes ações desenvolvidas em atividades de extensão, em atividades de pesquisa na iniciação científica e na pós-graduação e em atividades de ensino: de que forma a alfabetização científica e tecnológica pode ser desenvolvida no ensino de ciências, contribuindo para a formação crítica e para a ação responsável?

A busca por respostas para essa questão envolve quatro frentes, que agregam diferentes projetos:

- Identificação e análise de temáticas em relação à possibilidade de promover a alfabetização científica e tecnológica – engloba pesquisas que buscam investigar assuntos de importância social, política, econômica e/ou ambiental que envolvam conhecimentos das ciências da natureza passíveis de serem abordados em determinado nível de ensino. Além disso, esses assuntos são discutidos a partir das relações entre ciência, tecnologia e sociedade (CTS) e de critérios ou indicadores da alfabetização científica e tecnológica.
- Elaboração de propostas de ensino – além da identificação de temas, são elaboradas propostas de ensino voltadas a grupos específicos de pessoas, como uma série ou turma de determinada escola ou faixa etária no caso de projetos de extensão. São estabelecidos os objetivos, os conteúdos, as metodologias e as estratégias de ensino de forma fundamentada nos pressupostos da alfabetização científica e tecnológica e nas relações CTS. Novos materiais didáticos, como jogos, textos, simulações ou novas propostas experimentais, são criados nesse processo. Essa etapa compreende a extensão e a elaboração de trabalhos de conclusão de cursos (TCC) de licenciatura em química, envolvendo estudantes de graduação e contribuindo para a formação inicial de professores. Em alguns casos, o tempo de elaboração do TCC não é suficiente para realizar a proposta junto a estudantes, mesmo assim, esses trabalhos ficam à disposição no repositório institucional da UFSCar para outros pesquisadores ou professores utilizarem e darem sequência às investigações ou uso em sala de aula.
- Desenvolvimento de propostas de ensino junto aos estudantes – as propostas de ensino são colocadas em prática em escolas, no âmbito da pesquisa ou do estágio supervisionado do curso de licenciatura em química, ou em projetos de extensão de oficinas temáticas sobre ci-

ência/química e cidadania. Neste último caso, as propostas são organizadas como oficinas para as quais é solicitada uma inscrição prévia das pessoas interessadas em participar. A grande maioria das oficinas foi realizada de modo presencial no próprio campus da universidade, no Laboratório Interdisciplinar de Formação de Educadores, embora algumas delas tenham sido remotas devido ao contexto da pandemia.

- Análise dos impactos dessas propostas na formação – sempre que possível e com a autorização dos participantes¹, as atividades realizadas são gravadas em áudio e vídeo para a coleta de informações e dados. Questionários e outras produções textuais dos participantes também são utilizados com essa finalidade, constituindo os dados para pesquisas com objetivos particulares, mas que se complementam.

Os trabalhos de pesquisa, ensino ou extensão realizados por parte dos estudantes do mestrado em Educação em Ciências e Matemática (PPGE dCM) e do curso de licenciatura em química do Centro de Ciências Agrárias (CCA) da UFSCar, campus Araras, se inserem em uma ou mais frentes, ou seja, contribuem para a construção de conhecimentos sobre a alfabetização científica e tecnológica em diferentes momentos e atingem diferentes públicos, dos anos iniciais à formação de professores. Dá-se uma maior ênfase aos conhecimentos relacionados à química devido à área de formação da coordenadora e dos estudantes participantes dos projetos. Mesmo assim, as temáticas escolhidas exigem uma abordagem interdisciplinar, como será visto a seguir.

2. EM BUSCA DE TEMAS E PROBLEMÁTICAS PARA A ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA

A perspectiva da alfabetização científica e tecnológica adotada nos trabalhos em discussão neste capítulo considera que ser alfabetizado científica e tecnologicamente implica também compreender as relações existentes entre ciência, tecnologia e sociedade (CTS). A abordagem CTS no ensino de ciências tem como objetivo evidenciar as relações entre os componentes dessa tríade de modo a favorecer uma participação ativa e crítica dos estudantes na sociedade. Embora esse objetivo seja semelhante ao do processo de alfabetização científica e tecnológica exposto anteriormente, Fourez (2005) indica que essas abordagens possuem diferentes nuances.

A alfabetização científica e tecnológica implica a “[...] promoção de uma cultura científica e tecnológica”, enquanto a abordagem CTS questiona o lugar das ciências e das tecnologias na sociedade (FOUREZ, 2005, p. 18). Ricardo et al. (2004) destacam ainda que a abordagem CTS se originou de

um movimento mais amplo, envolvendo também contextos não educacionais. A necessidade de aprendizagem aprofundada de conceitos científicos nem sempre é um enfoque na abordagem CTS e, conseqüentemente, as metodologias e estratégias de ensino se diferenciam daquelas que promovem a alfabetização científica e tecnológica, podendo, por exemplo, privilegiar o desenvolvimento de debates e a tomada de decisões. (RICARDO et al., 2004).

Apesar desses diferentes aspectos, a compreensão das relações entre ciência, tecnologia e sociedade amplia as possibilidades de desenvolvimento da autonomia, da comunicação e do domínio, previstas como objetivos da alfabetização científica e tecnológica por Fourez (2005), o que é corroborado por outros pesquisadores. Por meio de uma revisão bibliográfica, Sasseron e Carvalho (2011, p. 76) identificaram convergências nas habilidades previstas por diferentes autores e propuseram três eixos estruturantes da alfabetização científica, dentre eles o “[...] entendimento das relações existentes entre ciência, tecnologia, sociedade e meio-ambiente”, que remete à abordagem CTS.

Nesse sentido, é necessário repensar as questões a respeito do que ensinar e da organização dos conteúdos de ensino, visando a assuntos que evidenciem o aspecto processual da construção do conhecimento e as influências e implicações tecnológicas e sociais, pois a compreensão das relações entre ciência, tecnologia e sociedade não pode ser alcançada se considerando apenas conceitos e teorias científicas. Refletir sobre esses assuntos e relações é um exercício interessante e, muitas vezes, desafiador, já que nem sempre os processos educativos adotam essa perspectiva na educação básica ou, até mesmo, de modo incisivo na graduação. Muitos dos materiais indicados nas bibliografias básicas dos cursos também não contemplam essas relações.

Em seu trabalho de conclusão de curso, Gombradi e Santana (2014) analisaram como as relações entre ciência, tecnologia e sociedade são abordadas nos conteúdos escolares sobre propriedade das substâncias e dos materiais, constituição da matéria e transformações químicas em quatro livros didáticos de química para o ensino médio aprovados pelo Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio (PNLEM) de 2015. As autoras concluíram que embora aspectos sociais, econômicos e ambientais sejam abordados nos livros, as relações entre eles e os conteúdos de química analisados não eram estabelecidas. Considerando que os livros didáticos muitas vezes balizam o trabalho realizado em sala de aula, a falta da abordagem das relações CTS nesses materiais constitui mais um obstáculo importante para o ensino de ciências nessa perspectiva.

Outros trabalhos de conclusão de curso de licenciatura em química do CCA, como os de Salmazo (2014), Benedito e Amaral (2014), Santos (2015), Dias (2016), Brancher (2017), Silva (2017) e Bressan (2021), lidaram com esses desafios por meio da imersão dos licenciandos em temáticas específicas,

¹ Os trabalhos de pesquisa envolvendo participantes de projetos de extensão são submetidos ao Comitê de Ética da instituição e conduzidos apenas após sua aprovação.

que possibilitaram a proposição de materiais e de formas de abordagem das relações CTS em sala de aula.

Salmazo (2014) elaborou um jornal informativo sobre alimentação, contemplando dimensões científicas, tecnológicas e sociais, bem como as interações CTS apresentadas por Silva (2005). Na dimensão científica, evidenciou conceitos da biologia, bioquímica, química e medicina apresentados no jornal, tais como hipertensão, dislipidemia, diabetes, substâncias hidrossolúveis e lipossolúveis, minerais, elementos químicos, carboidratos, enzimas, tecidos, hormônios, entre outros. A dimensão tecnológica foi abordada por meio de gráficos sobre o consumo de alimentos e da pirâmide alimentar, por exemplo. A obesidade e a ocorrência de outras doenças entre os adolescentes decorrentes de uma alimentação inadequada contemplaram a dimensão social. As interações CTS foram evidenciadas principalmente nas relações entre o desenvolvimento científico e o bem-estar social e nos reflexos dos produtos tecnológicos sobre a saúde e o comportamento humano. Sobre isso, destacaram-se as relações entre o aumento da oferta de alimentos industrializados, o estilo de vida da população e os problemas de saúde. (SALMAZO, 2014).

A alimentação também foi o tema central abordado por Benedito e Amaral (2014), em sua proposta para o ensino de termoquímica. As autoras apresentaram uma sequência de estratégias, partindo da problematização sobre o que ocorre com um sanduíche depois que é mastigado e engolido. Experimentos, simulações, textos e debates são propostos enfatizando as questões energéticas de forma contextualizada.

A variedade de estratégias didáticas também foi explorada no trabalho de Brancher (2017), que desenvolveu uma proposta em torno do tema “a química do álcool”, indicando o uso de vídeos, textos e experimentos. As estratégias propostas no trabalho foram organizadas em torno dos Três Momentos Pedagógicos.

Os três momentos pedagógicos, ou 3MPs, consistem em uma metodologia de ensino que orienta o trabalho em sala de aula por meio da problematização, organização do conhecimento e aplicação do conhecimento. Na problematização, são apresentadas situações reais para discussão, evidenciando a necessidade de se adquirirem novos conhecimentos para o enfrentamento dos problemas. Durante a organização do conhecimento, esses conhecimentos são sistematizados e estudados. No último momento, a aplicação do conhecimento, os conhecimentos aprendidos são utilizados na retomada do problema inicial ou na abordagem de outros problemas. (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2011).

Na problematização, Brancher (2017) explora questões como os lucros relacionados à produção do álcool, as condições de trabalho dos cortadores de cana-de-açúcar, acidentes de trânsito ocasionados pelo consumo de álcool, a composição da gasolina no Brasil e a adulteração de combustível. Para isso, são propostos documentários, imagens,

debates e reportagens. Na organização do conhecimento, é proposta a abordagem da fermentação, da produção de álcool e da concentração alcoólica. Nesse momento, são sugeridos experimentos e atividades práticas como a fermentação, a construção de bafômetro e a determinação da quantidade de álcool na gasolina. Nota-se que, além dos conhecimentos químicos, também são abordados outros assuntos, tais como questões legais, éticas e sociais, favorecendo a compreensão das relações CTS (BRANCHER, 2017).

Bressan (2021) propõe o tema perfumaria para explorar as relações CTS no ensino de química. Para tanto, faz um resgate histórico do tema, evidenciando os conhecimentos químicos envolvidos e identificando aspectos sociais, científicos e tecnológicos passíveis de serem problematizados em sala de aula. Dentre esses aspectos, destaca o veganismo como uma demanda social para a substituição de ingredientes de origem animal, o consumismo, o papel da biotecnologia na busca por novos processos de extração e obtenção de matérias-primas, questões éticas relacionadas ao uso de animais e impactos ambientais do processo de produção industrial de perfumes.

As propostas desenvolvidas nesses trabalhos enfatizaram as relações CTS sem, no entanto, negligenciarem os conhecimentos científicos, especialmente os químicos. Relacionados ao tema central, diferentes aspectos são problematizados, sem que os conteúdos químicos, previstos nos currículos escolares, deixem de ser explorados. Para uma melhor compreensão do tema em estudo, são essenciais conceitos químicos como substâncias, misturas, técnicas de separação de misturas, propriedades físicas e químicas, massa e estrutura moleculares, solubilidade, concentração e funções orgânicas.

De fato, articular os conhecimentos previstos nos currículos escolares com as temáticas é uma preocupação na promoção da alfabetização científica e tecnológica, embora tal articulação nem sempre seja evidente para os professores e licenciandos formados na perspectiva tradicional de ensino. No caso do tema perfumaria, por exemplo, buscou-se valorizar o ensino e a aprendizagem das estruturas químicas dos componentes do perfume, para uma discussão sobre a necessidade do uso de determinadas matérias primas, o que implica questões éticas do processo de obtenção, em detrimento da aprendizagem das estruturas químicas com o objetivo único de resolver exercícios teóricos descontextualizados. No primeiro caso, a aprendizagem não se restringe ao conceito, outras relações são estabelecidas e podem ser transpostas a situações diversas da vida social. Todavia, estabelecer essas relações é um processo aprendido, sendo que a falta dessa aprendizagem implica a concepção de que “não há conteúdo” nas abordagens temáticas.

Dessa forma, contemplar os conhecimentos químicos escolares é um dos critérios utilizados para se analisar a potencialidade de temas ou problemáticas para a alfabetiza-

ção científica e tecnológica, mas não o único. Baseando-se nos objetivos propostos por Fourez (2005), Milaré, Richetti e Alves-Filho (2011, p. 7) propuseram os seguintes critérios:

Objetivos humanistas - Identificação da possibilidade de abordar princípios, valores e normas e do reconhecimento da Ciência e Tecnologia como parte do desenvolvimento da humanidade.

Objetivos sociais - Identificação das possíveis contribuições para a formação do cidadão participativo da sociedade.

Objetivos econômicos e políticos - Identificação de aspectos políticos e econômicos relacionados à situação-problema e ao contexto apresentado.

Autonomia - Verificação da possibilidade de desenvolver, através do estudo da situação proposta, a capacidade dos estudantes em tomar decisões razoáveis e racionais.

Domínio - Verificação da possibilidade de desenvolver o domínio do conhecimento pelos estudantes, atrelando-se o saber-fazer ao poder-fazer.

Comunicação - Verificação da necessidade de comunicação sobre a situação estudada e das formas de se fazê-la.

Relações com os conhecimentos químicos escolares - Identificação de conhecimentos químicos envolvidos para compreensão e busca de respostas à situação e ao contexto apresentados.

Possibilidade de abordagem interdisciplinar - Identificação de conhecimentos necessários de outras áreas para o estudo da situação-problema.

Relação com a realidade/cotidiano dos estudantes - Estabelecer possíveis relações da situação-problema com as vivências mais comuns de estudantes do Ensino Médio.

Esses critérios foram utilizados inicialmente para a análise de informações de *e-mails* viralizados, quando as redes sociais ainda não eram tão populares. Muitas das mensagens alarmantes, com conteúdo enganoso ou falso, que são compartilhadas em aplicativos instantâneos de mensagens, como o *WhatsApp*, e nas redes sociais, já eram divulgadas nas décadas anteriores por meio de *e-mails* conhecidos como correntes. Isso porque, além dos alertas sobre as consequências de uso de produtos, as mensagens apresentavam um apelo para que fossem encaminhadas ao maior número possível de pessoas. Tais características remetem ao que é conhecido atualmente como *fake news*, fenômeno contra o qual o

ensino de ciências na perspectiva da alfabetização científica e tecnológica pode atuar (DELGADO; MILARÉ, 2022).

Os resultados da análise indicaram que por meio da problematização do conteúdo dessas mensagens no ensino de ciências, é possível alcançar os objetivos gerais da alfabetização científica e tecnológica. Para isso, a abordagem deve desmistificar e promover a compreensão da ciência, relacionar o conhecimento científico ao cuidado com o próprio corpo e a saúde, além do uso do conhecimento científico para basear atitudes, tomada de decisões e avaliação dos custos e benefícios (MILARÉ; RICHETTI; ALVES-FILHO, 2011).

Silva (2017) alcançou resultados semelhantes quando utilizou os mesmos critérios para analisar vídeos viralizados na *internet* sobre dicas e truques para limpeza doméstica. Esse tipo de vídeo é bastante popular nas redes sociais e em plataformas como *Youtube* e apresentam procedimentos sobre como remover determinados tipos de sujeira utilizando estratégias e produtos que não são fabricados com essa finalidade. Por envolverem o uso de substâncias e misturas, assim como reações químicas e propriedades dos materiais, são vídeos passíveis de serem utilizados e discutidos em aulas de química.

Em relação aos objetivos humanistas, é possível discutir sobre saberes populares e conhecimentos científicos, problematizar a ideia de que aquilo que é experimentalmente demonstrado é necessariamente verdadeiro e comprovado, bem como os significados atribuídos à palavra química. A análise e a discussão sobre os vídeos implicam a avaliação de sua veracidade e as decisões sobre o impacto da criação e disseminação desses tipos de materiais, contemplando dessa forma os objetivos sociais. Os objetivos econômicos e políticos podem ser contemplados de maneira mais restrita, principalmente no que se refere à relação entre custo e benefício do uso desses produtos, comparativamente ao uso de produtos produzidos com a finalidade de limpar. (SILVA, 2017).

A investigação sobre a veracidade desses conteúdos disseminados na *internet* exige a compreensão de conhecimentos químicos que também compõem o currículo escolar. Além disso, contemplam habilidades e competências previstas na Base Nacional Comum Curricular (BNCC) para a área de ciências da natureza e suas tecnologias no ensino médio. Entre elas, destaca-se a competência 3, “Investigar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC)”, bem como a habilidade de “Analisar as propriedades dos materiais para avaliar a adequação de seu uso em diferentes aplicações (industriais,

cotidianas, arquitetônicas ou tecnológicas) e/ ou propor soluções seguras e sustentáveis considerando seu contexto local e cotidiano” (BRASIL, 2018).

Mais recentemente, os critérios para avaliar a potencialidade de temas para a alfabetização científica e tecnológica também foram utilizados para a divulgação do uso da “solução mineral milagrosa” (conhecida como MMS, do termo em inglês *Miracle Mineral Solution*) contra doenças diversas (MILARÉ; RICHETTI; SILVA, 2020). O MMS é uma solução a base de cloro amplamente divulgada e comercializada na *internet* para o tratamento de diversas doenças, sem qualquer respaldo científico. A análise do contexto envolvido com a divulgação, o uso e a comercialização da solução, assim como a atuação de seus defensores, contemplou todos os critérios apresentados anteriormente, indicando a importância e potencialidade da problematização desse tema em sala de aula. Além de se constituir como uma situação-problema real, estritamente relacionada a pseudociências e a *fake news*, que impactam diretamente a sociedade, a abordagem do MMS pode provocar discussões sobre a confiabilidade das informações no âmbito ético, científico, social e político (MILARÉ; RICHETTI; SILVA, 2020).

Seguindo na busca por temas e problemas que possam ser utilizados para a promoção da alfabetização científica e tecnológica e que tenham relevância social, tem-se o derramamento de petróleo ocorrido no litoral brasileiro em 2019. Richetti e Milaré (2021) analisaram as atitudes e ações das pessoas, divulgadas na maior mídia nacional, diante do derramamento de petróleo no litoral nordestino brasileiro, ocorrido em 2019 e considerado um dos maiores acidentes ambientais no país. Apontam que não ocorreu comunicação efetiva ou igualitária entre as pessoas impactadas pelo derramamento, o que teve como consequência discursos e tomadas de decisões que evidenciaram a analfabetização científica e tecnológica.

Para avaliar qualquer temática ou conteúdo com os quais se tenha contato no dia a dia, seja uma reportagem, uma notícia ou conteúdos digitais viralizados nas redes sociais, é necessário o domínio de conhecimentos. Isso permite o desenvolvimento da autonomia das pessoas frente a esses conteúdos, com avaliação crítica quanto à tomada de decisões sobre acatar, disseminar ou atuar em relação àquilo que está sendo transmitido. Em todo esse contexto, a comunicação é promovida por meio do diálogo e da negociação.

Por um lado, os objetivos pedagógicos da alfabetização científica e tecnológica, propostos por Fourez (2005), podem ser contemplados na abordagem e problematização de temas como limpeza doméstica, remédios milagrosos e desastres ambientais, entre outros, conforme visto anteriormente. Por outro lado, cabe destacar que não é qualquer temática que pode ser explorada visando à promoção da ACT. As relações do tema com os conhecimentos científicos e tecnológicos devem ser estabelecidas. Da mesma forma, mesmo

que o tema seja científico ou tecnológico, não é por meio de qualquer metodologia ou estratégia de ensino que se promove a ACT em sala de aula. Fourez (2005) apresenta pistas metodológicas para a realização de trabalhos interdisciplinares na perspectiva da ACT, indicando ser necessário estabelecer o objetivo do estudo, caso contrário, a abordagem de um tema é levada pela arbitrariedade.

Os trabalhos citados nesta seção foram desenvolvidos no plano teórico e contribuem para a área de educação em ciências por apresentarem possibilidades para o ensino de química e para a formação de professores, dentro ou fora das instituições de ensino. Na próxima seção, serão apresentados os trabalhos que contemplaram a prática em atividades extensionistas.

3. RELAÇÕES CTS E ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA NO ÂMBITO DA EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA

Os projetos de extensão de oficinas temáticas sobre ciência/química e cidadania, oferecidos desde 2016 pelo Departamento de Ciências da Natureza, Matemática e Educação, têm sido um importante contexto de aprendizagem da docência para os licenciandos, bem como de criação e avaliação de propostas de ensino que abordem as relações CTS e contribuam para a alfabetização científica e tecnológica. Os projetos consistem em elaborar e oferecer à comunidade em geral oficinas ou cursos com temas que relacionem conhecimentos químicos ou das demais áreas da ciência da natureza com a cidadania, como consumismo, uso de cosméticos, poluição, automedicação, entre outros.

Uma das primeiras iniciativas do projeto de extensão foi a oficina de química forense, da qual participaram centenas de estudantes, dentre eles graduandos de diferentes universidades e estudantes da educação básica. Além de conhecer sobre a química forense e suas relações com aspectos sociais e políticos, os participantes tinham como objetivo desvendar o que teria acontecido em uma cena de crime simulada por meio da realização de experimentos.

A proposta foi elaborada por licenciandas em química e era constituída por: i) apresentação de aspectos históricos da química forense por meio de vídeo; ii) visita à cena de crime simulada para observação, levantamento de hipóteses e coleta de amostras; iii) análise das amostras por meio da experimentação envolvendo extração de DNA de frutas, análise de impressões digitais, revelação de mensagem secreta com reação de combustão e cromatografia em papel para análise de pigmentos; iv) discussão dos resultados e aprendizagem dos conceitos químicos envolvidos; v) revelação do crime com fenômeno de luminescência e vi) discussão de aspectos políticos e econômicos a partir da exibição do documentário sobre as investigações da morte de Paulo César Faria, empresário envolvido em escândalo de corrupção no

início dos anos 90, e de sua namorada, Suzana Marcolino. Todos os experimentos e atividades foram propostos envolvendo o uso de materiais de baixo custo e de fácil acesso, visando facilitar a realização da oficina em escolas públicas, considerando possíveis dificuldades na aquisição de materiais mais sofisticados nessas instituições.

A abordagem realizada nessa oficina foi contextualizada e investigativa, atribuindo protagonismo aos participantes, ao mesmo tempo em que se promovia a aprendizagem de conhecimentos e habilidades científicas. As potencialidades da oficina para o ensino de química e para a alfabetização científica dos participantes foram analisadas por meio da análise de conteúdo (BARDIN, 2018) das respostas dos participantes a questionários aplicados ao final das atividades.

Os resultados indicaram a importância de propostas de ensino serem fundamentadas na pesquisa em ensino, uma vez que os participantes destacaram a organização e a estruturação da oficina comprometidas com os processos de ensino e aprendizagem. As atividades também contribuíram para a ampliação cultural dos participantes, que indicaram terem construído novas aprendizagens durante a oficina. No âmbito da alfabetização científica, foram contempladas as seguintes dimensões: i) cívica – a oficina promoveu a compreensão de diferentes aspectos relacionados à ciência forense, contribuindo para a interpretação de acontecimentos e de crimes de grande repercussão, que demandam um posicionamento das pessoas; ii) cultural – os participantes puderam construir uma noção sobre o funcionamento das investigações criminais e como estas foram influenciadas pelo desenvolvimento científico e tecnológico; iii) prática – os participantes compreenderam os procedimentos de análise e interpretação de fenômenos com base em conhecimentos químicos e iv) profissional – a participação na oficina despertou curiosidade e interesse pela área e pelos profissionais envolvidos. (OLIVEIRA; MILARÉ, 2022).

Também foi possível identificar os três eixos propostos por Sasseron e Carvalho (2011), a saber: i) “compreensão básica de termos, conhecimentos e conceitos científicos fundamentais”, ii) “compreensão da natureza da ciência e dos fatores éticos e políticos que circundam sua prática” e iii) “entendimento das relações existentes entre ciência, tecnologia, sociedade e meio-ambiente”, bem como seus respectivos indicadores: i) “trabalho com dados obtidos – seriação, organização e classificação de informações”, ii) “estruturação do pensamento – raciocínio lógico e proporcional” e iii) “procura de entendimento da situação analisada – levantamento e teste de hipóteses, justificativa, previsão e explicação”. Isso porque os participantes tiveram de levantar e testar hipóteses, realizar experimentos, discutir resultados e estabelecer conclusões com base nas atividades e conhecimentos construídos. (OLIVEIRA; MILARÉ, 2022).

Dias (2016) elaborou, ministrou e analisou uma oficina sobre consumismo e química com abordagem CTS. A oficina

teve diversas atividades: i) indo às compras – atividade lúdica em que os participantes simularam a compra de cosméticos; ii) propagandas – análise de propagandas de cosméticos problematizando aspectos sociais e psicológicos e contemplando discussões sobre os impactos sociais da tecnologia; iii) história dos cosméticos – em que foram abordados os aspectos históricos da criação e do uso de cosméticos, evidenciando aspectos sociais, culturais, políticos e econômicos; iv) atividades práticas – realização de extração de óleos essenciais, análise de rótulo e comparação com testes de pH, fabricação de sabonetes e teste do efeito de protetores solares; v) exibição e discussão de vídeo sobre a história dos cosméticos; vi) o que você “realmente” está comprando – atividades de análise e discussão sobre os impactos ambientais do consumo de cosméticos e sobre a influência da mídia no consumismo; vii) questões relevantes – abordagem, por meio de leitura e discussão de reportagens, de temas como o alto consumo de água para produção de cosméticos, a biopirataria, os testes em animais e o consumismo e viii) propaganda na real – em que os participantes deveriam elaborar uma propaganda de cosméticos com base no que aprenderam na oficina.

Para investigar as contribuições da oficina, foram analisados dados obtidos por meio de questionários estruturados, filmagens, observação e cartazes produzidos pelos participantes. Foram utilizados como critérios de análise os seguintes indicadores: i) conhecimento, compreensão, uso e aplicação – buscando identificar o domínio de conhecimento e o estabelecimento de relações entre os conhecimentos e as vivências; ii) exploração e descoberta – identificando momentos em que os participantes levantaram e testaram hipóteses, observaram e analisaram os resultados das atividades práticas; iii) imaginação e criação – avaliando o protagonismo em propostas inovadoras dos participantes e iv) sensibilização e reflexão – em que foram consideradas as falas dos participantes nos momentos de discussão. A autora apresentou evidências para cada um desses critérios. A análise dos resultados obtidos indicou a contribuição da oficina desenvolvida para a reflexão sobre a prática de consumo e as consequências que essas práticas podem gerar para toda a sociedade partindo dos participantes (DIAS, 2016).

Pistarini (2018) desenvolveu uma oficina sobre cervejas, abordando o tema de forma inovadora e investigativa, pois endereçou aspectos históricos, sociais, políticos e culturais da produção e consumo da bebida, evidenciando as influências do desenvolvimento científico e tecnológico. Além disso, elaborou uma atividade prática, com os ingredientes da produção de cerveja, e uma atividade investigativa, em que os participantes deveriam relacionar o tipo de cerveja ao copo recomendado, identificar o teor alcoólico, calcular taxas de alcoolemia e identificar em uma história qual teria sido o consumo dos personagens e sua participação em

um acidente, problematizando a atuação no trânsito após consumo de álcool (PISTARINI, 2018).

Para analisar a contribuição da oficina no processo de alfabetização científica e tecnológica, Pistarini (2018) elaborou um instrumento em que os participantes deveriam indicar o nível em que julgaram desenvolver a criatividade, participação, reflexão, argumentação, interpretação, problematização, trabalho em grupo e discussões. Para isso, deveriam indicar em uma escala de 0 a 5 (0 para nada, 1 para pouco, 2 para razoável, 3 para considerável, 4 para muito e 5 para significativamente). A maioria das respostas, para todos os indicadores, foi 4 e 5, evidenciando a potencialidade das atividades desenvolvidas para a formação dos participantes na perspectiva da alfabetização científica e tecnológica (PISTARINI, 2018).

“O que vai pelo ralo – rastros ambientais de produtos que consumimos” foi outra oficina criada no projeto de extensão, organizada com base nos Três Momentos Pedagógicos (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2011). Na problematização inicial, houve questionamentos sobre os tipos de lixo produzidos nas atividades diárias dos participantes. Na organização do conhecimento, foram realizados experimentos com o objetivo de identificar esses materiais. No último momento, aplicação do conhecimento, as situações problematizadas inicialmente foram retomadas, utilizando-se um aplicativo que identifica os produtos com microplásticos e discutindo novas situações como as limitações do tratamento de água para eliminar resíduos como medicamentos, hormônios, cafeína e colesterol (PISTARINI; MILARÉ, 2019).

A oficina teve, ainda, como uma de suas contribuições, a proposição de uma atividade prática contextualizada em uma polêmica entre blogueiras de produtos de beleza que denunciavam a presença de chumbo em um esmalte para unhas que produzia um efeito degradê. Para a análise da veracidade dessa polêmica, foi desenvolvido um experimento utilizando material de baixo custo, possibilitando assim identificar a presença de compostos de ferro no esmalte (PISTARINI; MILARÉ, 2019).

A atividade lúdica de quebra-cabeças da molécula de talidomida também foi criada no contexto da extensão, aplicada em uma oficina sobre automedicação. Cada parte da molécula foi representada em material transparente, de modo que a montagem do quebra-cabeça poderia resultar em qualquer um dos enantiômeros da molécula. O jogo problematizou a abordagem sobre isômeros, contextualizada nos impactos da administração da talidomida no final da década de 50 (ROCHA; MILARÉ, 2019).

Além do jogo, a oficina sobre automedicação envolveu outras atividades, tais como experimentos, exibição de vídeos e debates. A prática e os impactos da automedicação foram problematizados considerando aspectos como o acesso à saúde pública de qualidade, história dos medica-

mentos, diferenciação entre remédio e medicamento, tipos de medicamentos, consumismo e propaganda. Nesse contexto, foram estudados conhecimentos químicos como ácidos, bases, pH, estrutura molecular, nomenclatura e isomeria óptica (ROCHA; MILARÉ, 2019).

Na oficina sobre aditivos alimentares, foram desenvolvidas cinco atividades: i) “Somos o que comemos!” Mas o que estamos comendo afinal?, em que foi realizada a avaliação sensorial de produtos naturais e industrializados; ii) “Decifrando a composição do “suco em pó” – em que foram realizados experimentos envolvendo técnicas de destilação e cromatografia; iii) “Decifrando os aromas e corantes”, com a avaliação sensorial de aromas, corantes e matérias primas; iv) O que estamos comprando?, com atividades de análise de rótulos e v) “Criando e comprando!”, propondo aos participantes um desafio de criar, teoricamente, três produtos inovadores com matérias primas aromáticas e corantes em sua formulação, mas considerando a inovação, a relação entre custo e benefício, a preservação das características sensoriais padrões, os riscos e impactos da formulação. Para análise da oficina, foram utilizados os mesmos indicadores adaptados por Dias (2016), indicando que todos eles foram contemplados em, pelo menos, uma atividade proposta (PINTO; MILARÉ, 2020).

Nas atividades de extensão, as propostas de ensino ganham outra dimensão em relação àquelas apresentadas na seção anterior: a articulação teoria-prática. Isso porque além de todo o trabalho de busca por subsídios e planejamento, as propostas são colocadas em prática com o público externo à universidade e com estudantes dos cursos de graduação do CCA, que, ao participarem das atividades, são certificados para horas complementares. Verifica-se, também, a necessidade de examinar os impactos das atividades realizadas, assim como investigar como os participantes as avaliam. Nesse contexto, ocorre a articulação da extensão com a pesquisa.

Na próxima seção, serão apresentados outros trabalhos de pesquisa no âmbito da iniciação científica e pós-graduação.

4. LITERATURA E CIÊNCIAS NO ENSINO FUNDAMENTAL

O ensino de ciências é muitas vezes negligenciado nos anos iniciais da educação. Dentre os motivos está a falta de subsídios para a abordagem das ciências nos cursos de pedagogia, em que é formada grande parte do corpo docente dessa etapa. Outro aspecto se refere à relação frequentemente estabelecida entre ensinar ciências e abordar conceitos e conteúdos abstratos, principalmente ao se considerar o conhecimento químico. Diante desses desafios, como promover a alfabetização científica e tecnológica nessa etapa do ensino com a abordagem da química?

Pensar no processo de alfabetização científica e tecnológica de crianças demanda compreender quais metodologias, estratégias e conhecimentos são mais adequados a essa faixa etária. Nesse sentido, procurou-se identificar na Base Nacional Comum Curricular (BRASIL, 2018) quais conhecimentos científicos, especialmente os de química, são previstos para o primeiro ciclo do ensino fundamental. Além disso, buscaram-se recursos e estratégias já utilizadas com as crianças visando à oportunidade de articulação com o ensino de ciências.

Um dos recursos amplamente utilizados no ensino com crianças é a leitura de histórias infantis, mas sua articulação com a química ainda é incipiente. Mesmo assim, os trabalhos encontrados na literatura indicam a potencialidade dessa articulação por favorecer a interdisciplinaridade, estimular a criatividade, o interesse e a formulação de perguntas, contribuindo para a alfabetização científica e literária (CRISTIANO; MILARÉ, 2019). Dessa forma, foi identificada uma lacuna na literatura da área e uma potencialidade dessa articulação na promoção da alfabetização científica nos anos iniciais. Cabe destacar que, para essa série, os aspectos tecnológicos não tiveram ênfase, por isso o uso da terminologia alfabetização científica, suprimindo a vertente tecnológica.

Uma vez identificadas a lacuna existente e a potencialidade do uso de histórias, a próxima etapa consistiu na busca por histórias que permitissem uma abordagem de conhecimentos químicos. Dentre as possibilidades, verificou-se a possibilidade de explorar as propriedades dos materiais em “A história dos três porquinhos” (JACOBS, 2010), uma vez que o enredo se desenvolve em torno da construção de casas de palha, madeira e tijolos e de sua resistência perante o sopro do lobo mau.

Em seu trabalho de iniciação científica, Cristiano (2021) desenvolveu uma proposta de ensino para o 3º ano do ensino fundamental, retomando assuntos e habilidades previstos na Base Nacional Curricular Comum em anos anteriores, tais como:

(EF02CI01) Identificar de que materiais (metais, madeira, vidro, etc.) são feitos os objetos que fazem parte da vida cotidiana, como esses objetos são utilizados e com quais materiais eram produzidos no passado.

(EF02CI02) Propor o uso de diferentes materiais para a construção de objetos de uso cotidiano, tendo em vista algumas propriedades desses materiais (flexibilidade, dureza, transparência, etc.). (BRASIL, 2018).

Além disso, a proposta visou contribuir para a habilidade (EF03CI02) de: “Experimentar e relatar o que ocorre com a passagem da luz através de objetos transparentes (copos, janelas de vidro, lentes, prismas, água, etc.), no contato com

superfícies polidas (espelhos) e na intersecção com objetos opacos (paredes, pratos, pessoas e outros objetos de uso cotidiano)”. (BRASIL, 2018).

Cristiano (2021) desenvolveu experimentos sobre as propriedades de materiais que pudessem ser utilizados na construção de casinhas, simulassem os acontecimentos da história infantil e pudessem ser utilizados em sala de aula. Assim, construiu casinhas de papel, palitos de madeira, parafina, filme de PVC, cimento, papel alumínio, acrílico e capim seco. Para simular o que ocorreria com as casinhas dos porquinhos se chovesse, se houvesse um incêndio, se nevasse ou se o lobo mau a assoprasse, foram realizados experimentos colocando-as no *freezer*, sob o vento de secador de cabelos e aproximando fósforo aceso e borrifando-as com água. Os resultados obtidos identificaram os materiais que apresentaram transformações mais visíveis, que seriam os mais adequados para uso em sala de aula, já que essas transformações poderiam ser percebidas pelas crianças.

A partir das contribuições de Cristiano (2021) na proposição de experimentos e do reconto, Bonini (2022), em sua pesquisa de mestrado, ainda em andamento, elaborou uma proposta de ensino investigativa, adaptando o final do reconto. Na adaptação, os três porquinhos foram morar em lugares diferentes (na neve, no deserto e em um lugar chuvoso) e poderiam escolher o material de suas casinhas. Os estudantes, então, por meio da experimentação investigativa deveriam ajudar os porquinhos a escolherem o melhor material para suas casinhas, entre metal, papel, parafina, madeira, acrílico e plástico. A proposta foi desenvolvida em uma escola pública, com uma turma do terceiro ano do ensino fundamental, sendo que os resultados estão sendo analisados.

Seguindo as mesmas etapas de identificação das bifurcações e de proposição de atividades experimentais, em seu trabalho de conclusão de curso de licenciatura em química, Cristiano (2022) problematizou os impactos da produção de semijoias na cidade de Limeira. Identificou na história “Rumpelstiltskin” (GRIMM; GRIMM, 2013) a potencialidade de trabalhar o tema e propôs uma adaptação para o ensino de química no ensino fundamental. Com o desenvolvimento de propostas de ensino dessa natureza, baseadas em recontos de histórias infantis, busca-se promover a alfabetização científica das crianças, contemplando os eixos propostos por Sasseron e Carvalho (2011), já citados anteriormente.

Dessa forma, no que se refere ao ensino fundamental, as pesquisas desenvolvidas no CCA visam à proposição de critérios de análise de histórias da literatura infantil para o ensino de ciências, assim como de uma metodologia de ensino de ciências para os anos iniciais. Inovam principalmente porque articulam literatura, experimentação, abordagem investigativa e conhecimento científico.

5. PROBLEMATIZANDO A REALIDADE NO ENSINO MÉDIO

Para o ensino médio, a abordagem lúdica das histórias infantis, utilizada para contextualizar os conhecimentos científicos no nível fundamental, foi substituída por estudos de temas com importância social, política e ambiental. Foram problematizados temas relacionados a *fake news*, principalmente aquelas difundidas por meio de aplicativos de mensagens como *Whatsapp* e redes sociais. Na perspectiva da alfabetização científica e tecnológica (FOUREZ, 2005), o domínio de conhecimentos científicos contribui para avaliar as situações do dia a dia. Desse modo, promover situações de aprendizagem que possibilitem aos estudantes avaliarem criticamente os conteúdos disponíveis na *internet* por meio dos conteúdos curriculares da educação básica é uma forma não apenas de contextualizar e atribuir significados ao que se aprende, mas, também, de formar pessoas mais críticas que possam combater a disseminação de *fake news*.

Em termos de metodologia de ensino, visando alcançar os objetivos da alfabetização científica e tecnológica e promover a interdisciplinaridade, Fourez (2005) propõe as Ilhas Interdisciplinares de Racionalidade (IIR). O nome dessa proposta metodológica remete à necessidade de se organizar as ideias e conhecimentos para uma determinada investigação, ou seja, para se construir uma representação em torno de um problema, em um universo caótico. Assim, para lidar com uma situação problema, são necessárias ideias, teorias e conceitos de diferentes naturezas e áreas de conhecimento.

O desenvolvimento das IIRs ocorre por meio de etapas diante de uma situação problema estabelecida: i) clichê, momento em que as ideias iniciais são exploradas; ii) panorama espontâneo, quando são identificados os possíveis caminhos para a abordagem do problema, delimitando as pessoas, normas, condições, conhecimentos, tensões, entre outros, potencialmente envolvidos; iii) consulta aos especialistas e especialidades para o aprofundamento dos conhecimentos com a ajuda de pessoas das áreas de interesse; iv) indo a campo, em que são exploradas situações concretas como atividades práticas; v) abertura de caixas pretas (que podem ser definidas como conhecimentos sobre os quais se tem uma noção, mas não o domínio aprofundado), quando se busca o aprofundamento nos conhecimentos disciplinares; vi) esquematização global, elaboração de uma síntese parcial do que foi construído; vii) abertura de caixas pretas sem ajuda de especialistas, ou seja, os participantes aprofundam seus próprios conhecimentos sem respaldo de outras pessoas ou de novos materiais e viii) síntese ou produção de um produto final, em resposta à situação problema inicial (FOUREZ, 2005).

Em seus trabalhos de iniciação científica e de conclusão de curso de licenciatura em química, Delgado (2019a; 2019b) propôs, desenvolveu e analisou uma Ilha Interdisciplinar de Racionalidade com estudantes de uma turma

de Educação de Jovens e Adultos de uma escola pública de Araras-SP. Para isso, inicialmente, foi realizada uma investigação sobre a realidade e os contextos social e escolar dos estudantes. Os resultados obtidos dessa fase preliminar da pesquisa indicou que a maior parte dos estudantes da turma tinha mais de 25 anos de idade, trabalhava fora de casa e usava as redes sociais como fonte de informações, principalmente o *Whatsapp*. Verificou-se, ainda, que os analgésicos eram o principal tipo de medicamento consumido pela turma. Com base nessas informações, Delgado (2019b) elaborou uma situação-problema sobre automedicação. A situação-problema foi elaborada como uma mensagem de *Whatsapp* e alertava sobre o uso do paracetamol por crianças menores de dois anos. Caberia aos estudantes investigar a situação-problema, verificando e argumentando sobre sua veracidade. No total, oito aulas foram utilizadas para o desenvolvimento das etapas da IIR.

As transcrições das gravações em áudio das atividades desenvolvidas em sala de aula e as produções textuais dos estudantes constituíram os dados da pesquisa de iniciação científica (DELGADO, 2019a). A análise desses dados foi realizada com base nos critérios apresentados por Maingain, Dufour e Fourez (2002), que visam avaliar o processo de construção de uma representação interdisciplinar concretizada no produto final, a saber: formulação e contextualização da problemática, domínio do método, produção de uma síntese apropriada do projeto, utilização das disciplinas, consulta aos especialistas e reflexividade epistemológica. Delgado (2019a) identificou todos os critérios nas falas e nas produções dos estudantes, indicando que a atividade planejada contribuiu para a alfabetização científica e tecnológica dos estudantes, assim como para uma formação interdisciplinar.

Delgado (2019b) destacou o interesse e a participação dos estudantes, apesar das dificuldades decorrentes da implementação de uma atividade diferenciada e inovadora em um contexto tradicional de ensino, que causou estranheza e dificuldades nos estudantes pela necessidade de desempenharem sua autonomia durante as aulas e nas atividades. A participação nas atividades e nos debates foi significativa, assim como as relações estabelecidas entre os assuntos abordados em aula e o cotidiano dos estudantes.

Kanada (2021) também elaborou uma situação-problema baseada em *fake news* e contextualizada como mensagem de *Whatsapp* para abordar o conhecimento químico sobre ácidos e bases com estudantes e professores do ensino médio. Em seu trabalho de iniciação científica, investigou o desenvolvimento da proposta metodológica de Ilhas Interdisciplinares de Racionalidade na promoção da alfabetização científica e tecnológica no contexto do ensino remoto, identificando suas possibilidades e limitações. A pesquisa foi desenvolvida no contexto pandêmico da Covid-19, período em que as escolas de educação básica estavam fechadas e as

aulas ocorreriam de modo remoto. Dessa forma, a investigação ocorreu no âmbito da extensão universitária por meio do projeto “Oficinas e cursos sobre Ciência e Cidadania”, com os participantes de um minicurso de 20 horas, denominado “Coronavírus... será que existe um vilão para ele?”.

Utilizando-se dos mesmos critérios que Delgado (2019b), Kanada (2021) verificou que foi possível desenvolvê-los também no contexto remoto, embora a IIR nessa modalidade não contemplasse todas as possibilidades das atividades presenciais. Destaca as dificuldades do desenvolvimento de atividades de natureza investigativa, como é o caso das IIRs, no contexto remoto, quando as interações entre os participantes e com a professora podem ser prejudicadas por fatores externos, tais como condições da rede (KANADA, 2021). Nas atividades síncronas, a falta de uso das câmeras também não permite a visualização das expressões faciais dos estudantes, as quais podem indicar ao professor compreensão, dúvidas, espanto, dentre outros, por parte dos estudantes.

Também no contexto remoto, Silva (2022) elaborou uma sequência didática contextualizada no Ribeirão Santa Rita da cidade de Fernandópolis, SP. O objetivo foi investigar as contribuições e limitações do processo de implementação de uma sequência didática sobre o Ribeirão Santa Rita para a formação crítica dos estudantes. Para isso, elaborou, baseando-se nos pressupostos da alfabetização científica e tecnológica e da educação freireana, uma sequência didática com a metodologia dos Três Momentos Pedagógicos (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2011). Utilizou diferentes estratégias de ensino e recursos didáticos, estimulando os estudantes a pesquisarem, produzirem textos e debaterem sobre a água e a importância do ribeirão para a região de forma crítica.

Em sua dissertação de mestrado, Silva (2022), por meio da análise textual discursiva (MORAES; GALIAZZI, 2016), analisou a produção textual dos estudantes e as transcrições das falas dos estudantes durante a implementação da sequência didática. As categorias emergentes da análise foram contexto histórico da cidade, saúde e meio ambiente, interesses empresariais, relações com o cotidiano e conceitos teóricos. Essas categorias foram relacionadas aos critérios de alfabetização científica e tecnológica apresentados por Bocheco (2011), evidenciando a contribuição das atividades realizadas para a formação dos estudantes. As atividades promoveram a reflexão, a discussão, o posicionamento e a busca por soluções para problemas por parte dos participantes.

Os resultados dos trabalhos com estudantes do ensino médio indicam que os objetivos da alfabetização científica e tecnológica puderam ser alcançados em sala de aula, mesmo as virtuais no contexto pandêmico, no entanto, ações pontuais não são suficientes para efetivar esse processo. Além disso, a análise dos resultados aponta as temáticas e estratégias que contribuem para o processo, como os temas relacio-

nados à realidade dos estudantes e as atividades interativas, que demandam debate e criatividade dos estudantes. Para promover ações dessa natureza, é necessário que os professores possuam experiências como essas em sua formação.

6. PARA ENSINAR, É PRECISO SABER: A ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA NA FORMAÇÃO DE PROFESSORES

Em sua dissertação de mestrado, Oliveira (2019) realizou um levantamento bibliográfico buscando identificar quais são os aspectos necessários na formação de professores para que sejam capazes de promover a alfabetização científica e tecnológica com seus estudantes. Foram identificados 11 aspectos em 21 artigos da área de ensino de ciências: domínio do conteúdo; disponibilidade de tempo; compreensão de questões sociocientíficas; conhecimento de alfabetização científica e tecnológica; compreensão das interações discursivas; formação continuada; capacidade de problematizar; formação de professor reflexivo; conhecimento e inserção da história e epistemologia da ciência; conhecimento de abordagens metodológicas que promovam a alfabetização científica e tecnológica e conhecimento das relações ciência, tecnologia e sociedade (OLIVEIRA, 2019).

Esses aspectos foram utilizados para estabelecer categorias norteadoras para a formação, que foram utilizadas na análise de entrevistas com licenciandas em química da UFSCar, campus Araras. Como resultado, Oliveira (2019) verificou a contribuição de disciplinas como metodologia do ensino de química 1 e 2, ciências dos materiais, geoquímica, estágio, seminário e psicologia do desenvolvimento para a formação dos aspectos necessários para a promoção da alfabetização científica e tecnológica.

Especificamente no âmbito da disciplina de metodologia do ensino de química 2, são desenvolvidas IIRs com os licenciandos. Com base nos resultados apresentados no trabalho de conclusão de curso de Silva (2017), em que foram identificadas as potencialidades dos truques de limpeza doméstica no ensino de química, foi criada uma situação-problema sobre o uso de bicarbonato de sódio, vinagre, limão e água oxigenada para limpeza. Ao longo da IIR, os estudantes desenvolveram experimentos, pesquisas, debates, sistematização e avaliação das aprendizagens construídas ao longo do curso para investigar se o uso dessas misturas funciona.

A realização da IIR contribuiu para o desenvolvimento da autonomia, da capacidade de tomada de decisões, do domínio de conhecimentos, do trabalho coletivo, bem como a análise de quais seriam as contribuições e os obstáculos para a condução dessa metodologia na educação básica (MILARÉ, DELGADO, ORZARI, 2019). Para além da alfabetização científica e tecnológica, os licenciandos puderam perceber, na articulação entre teoria e prática, como é possível aproximar os conhecimentos estudados nas disci-

plinas das áreas da química daqueles estudados nas disciplinas da área pedagógica e de ensino. Essa é uma contribuição importante, já que esse distanciamento é histórico e a pesquisa em educação em ciências vem atuando para a reversão desse quadro (MILARÉ, 2020).

Silva (2020) também buscou promover os aspectos necessários para a formação de professores na perspectiva da alfabetização científica e tecnológica, contudo, na formação continuada, em um curso a distância sobre o uso de saberes populares nas aulas de ciências. Sua pesquisa de mestrado investigou as implicações do uso da sabedoria popular como tema para o trabalho docente e nos processos de ensino e aprendizagem em ciências na perspectiva da alfabetização científica e tecnológica.

Os resultados da investigação indicaram a necessidade de se aprofundarem na formação de professores a contextualização, a investigação e a problematização de situações externas aos contextos escolares, pois foram manifestadas distorções importantes sobre tais aspectos pelos professores participantes da pesquisa. A articulação dos saberes populares com o ensino de ciências na perspectiva da alfabetização científica e tecnológica evidenciou oportunidades para a formação do senso crítico, da argumentação, do domínio de conhecimento e da autonomia. Mesmo assim, ainda são muitos os desafios relacionados a políticas públicas de formação e trabalho docente que precisam ser superados para tornar mais ampla a atuação em sala de aula sob essa perspectiva. (SILVA, 2020).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os principais resultados obtidos nesses projetos indicam: i) as potencialidades e contribuições de determinados temas para a promoção da alfabetização científica e tecnológica; ii) as potencialidades e como utilizar as *fake news* na elaboração de situações-problema para o ensino de ciências; iii) os impactos e a inovação de experiências investigativas na formação inicial de professores; iv) as possibilidades de promover objetivos da alfabetização científica e tecnológica em atividades não escolares, em cursos de licenciatura e de formação continuada de professores; v) como a análise dos conhecimentos científicos envolvidos em situações reais favorece a contextualização dos conceitos estudados na educação básica e vi) as possibilidades e limitações do desenvolvimento de atividades no ensino de ciências no modo remoto.

Além dessas contribuições para a educação em ciências como área de conhecimento, os trabalhos desenvolvidos no CCA ainda tiveram como resultado a produção de seqüências de ensino, de materiais didáticos e de roteiros experimentais sobre diversos temas como química forense, consumismo, impactos ambientais de produtos cotidianos, automedicação, alimentação, bebidas alcoólicas, aditivos alimentares e recursos hídricos, que podem ser utilizados por

professores em outros contextos. Grande parte desses trabalhos está disponível por meio do repositório institucional da UFSCar ou artigos científicos publicados em periódicos ou anais de eventos da área.

A promoção da alfabetização científica e tecnológica não é uma responsabilidade única da escola. Outros espaços não escolares também contribuem de forma significativa para essa proposta. Assim, as atividades de extensão são potentes para promover a divulgação e a educação científica nessa perspectiva. No contexto específico das atividades de extensão relatadas, o envolvimento de estudantes do curso de licenciatura em química evidencia as contribuições de ações dessa natureza para a formação de professores. A elaboração, realização e avaliação de propostas temáticas de ensino favorecem a aprendizagem de diversos conhecimentos relacionados à atuação docente, de maneira crítica e reflexiva. Afinal, para promover a alfabetização científica e tecnológica é necessário ser alfabetizado científico e tecnologicamente.

As pesquisas desenvolvidas no CCA têm contribuído para a inovação na área de educação em ciências, uma vez que apresentam novas metodologias e recursos didáticos para diversas etapas do ensino. A elaboração de propostas didáticas fundamentadas nos principais direcionamentos indicados pela pesquisa em educação em ciências se constitui como um processo trabalhoso. Entretanto, além de contribuir para a formação docente daquelas que a fazem, também possui maior probabilidade de alcançar o sucesso em sala de aula no que diz respeito à aprendizagem dos estudantes. Cabe destacar, no entanto, que esse processo de construção de propostas inovadoras nem sempre é possível aos professores da educação básica, seja pela carga-horária excessiva, formação insuficiente ou falta de incentivo no contexto escolar. Nesse sentido, mesmo que a universidade promova ações que contribuam para uma atuação docente inovadora, tanto na pesquisa quanto no ensino, cabe às autoridades governamentais a promoção de políticas públicas que possibilitem a efetivação e continuidade dessa atuação no chão da escola.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS



- BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. 5. ed. Lisboa: Edições 70, 2018. 288 p.
- BENEDITO, A. F.; AMARAL, S. **Termoquímica: uma nova proposta de ensino**. 2014. 51 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Química)-Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2014.
- BOCHECO, O. **Parâmetros para a abordagem de evento no enfoque CTS**. 2011. 165 f. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica)-Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2011.

- BONINI, A. P. **Alfabetização científica nos anos iniciais do Ensino fundamental**: a ciência e a literatura infantil. Araras: PPGEdCM/UFSCar, 2022. Projeto de pesquisa de mestrado.
- BRANCHER, R. **Proposta de oficina temática sobre a química do álcool**. 2017. 29 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Química)-Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2017.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018.
- BRESSAN, P. D. **A química do perfume**: uma proposta CTS para o ensino de química. 2021. 80 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Química)-Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2021.
- CRISTIANO, G. A. **Histórias infantis para a abordagem da química no ensino de ciências das séries iniciais**. Araras: UFSCar, 2021. Relatório de Iniciação Científica.
- CRISTIANO, G. A. **Ensino de ciências e contos de fadas**: uma adaptação da narrativa Rumpelstichen. 2022. 52 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Química)-Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2022.
- CRISTIANO, G. A.; MILARÉ, T. Contos infantis no ensino de Química para as séries iniciais do Ensino Fundamental. In: EVENTO DE EDUCAÇÃO EM QUÍMICA, 17., 2019. Araraquara. **Anais...** Araraquara: IQ/Unesp, 2019.
- DELGADO, K. P. **Automedicação e ensino de química**: contribuições de uma ilha de racionalidade para a educação de jovens e adultos. São Paulo: FAPESP, 2019a. Relatório de iniciação científica.
- DELGADO, K. P. **Automedicação e ensino de química**: uma Ilha Interdisciplinar de Racionalidade para a Educação de Jovens e Adultos. 2019. 76 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Química)-Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2019b.
- DELGADO, K. P.; MILARÉ, T. Las fake news y la enseñanza de las ciencias: comprensiones y discusiones para la docencia y la investigación. **Ciencia, Docencia y Tecnología**, Concepción del Uruguay, v. 33, n. 65, 2022. <https://doi.org/10.33255/3365/1190>.
- DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. **Ensino de Ciências**: fundamentos e métodos. 4. ed. São Paulo: Cortez, 2011. (Coleção Docência em Formação).
- DIAS, A. C. **Química, consumismo e cosméticos**: uma oficina temática com abordagem CTS. 2016. 76 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Química)-Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2016.
- FOUREZ, G. **Alfabetización científica y tecnológica**: acerca de las finalidades de la enseñanza de las ciencias. Buenos Aires: Ediciones Colihue, 2005. 249 p.
- GOMBRADI, M. C.; SANTANA, V. T. **A abordagem das relações CTS em livros didáticos de Química**. 2014. 26 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Química)-Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2014.
- GRIMM, J.; GRIMM, W. Rumpelstiltskin. In: TATAR, M. (Ed.). **Contos de fadas**. 2. ed. Rio de Janeiro: Zahar, 2013. p. 139-146.
- JACOBS, J. **A história dos três porquinhos**: um conto de fadas. São Paulo: Companhia das Letras, 2010. 9 p. e-book.
- KANADA, L. F. **Ilha interdisciplinar de racionalidade no contexto do ensino remoto**: possibilidades e desafios. Araras: UFSCar, 2021. Relatório de Iniciação Científica.
- MAINGAIN, A.; DUFOUR, B.; FOUREZ, G. **Abordagens didáticas da interdisciplinaridade**. Lisboa: Instituto Piaget, Horizontes Pedagógicos, 2002.
- MILARÉ, T. et al. **Alfabetização científica e tecnológica na educação em ciências**: fundamentos e práticas. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2021.
- MILARÉ, T. Aspectos da formação de professores no desenvolvimento de uma Ilha Interdisciplinar de Racionalidade sobre uso de misturas caseiras na limpeza. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 25, n. 2, p. 221-234, 2020. <http://dx.doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2020v25n2p221>.
- MILARÉ, T.; DELGADO, K. P.; ORZARI, L. O. Ilha Interdisciplinar de Racionalidade na formação de professores de química: um relato de experiência. **Revista Ciências & Ideias**, Rio de Janeiro, v. 10, n. 3, p. 224-235, 2019. <http://dx.doi.org/10.22407/2176-1477/2019.v10i3.1234>.
- MILARÉ, T.; RICHETTI, G. P.; ALVES-FILHO, J. P. Análise da potencialidade das informações em correntes de e-mail para o desenvolvimento da alfabetização científica e tecnológica no ensino de química. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 8., 2011, Campinas. **Atas...** Campinas: Abrapec, 2011.
- MILARÉ, T.; RICHETTI, G. P.; SILVA, L. A. R. Solução mineral milagrosa: um tema para o ensino de química na perspectiva da alfabetização científica e tecnológica. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 26, p. e20005, 2020. <http://dx.doi.org/10.1590/1516-731320200005>.
- MORAES, R.; GALIAZZI, M. C. **Análise textual discursiva**. Ijuí: Editora Unijuí, 2016. 264 p.
- OLIVEIRA, A. C. D. **Alfabetização Científica e Tecnológica na formação inicial de professores de química**. 2019. 120 f. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática)-Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2019.
- OLIVEIRA, A. C. D.; MILARÉ, T. Abordagem do tema química forense e suas contribuições para o processo de alfabetização científica. **e-Mosaicos - Revista Multidisciplinar de Ensino, Pesquisa, Extensão e Cultura**, Rio de Janeiro, 2022. No prelo.
- PINTO, N. R.; MILARÉ, T. Relações entre ciência, tecnologia e sociedade em uma oficina temática sobre aditivos alimentares. **#Tear: Revista de Educação, Ciência e Tecnologia**, Canoas, v. 9, n. 1, 2020. <http://dx.doi.org/10.35819/tear.v9.n1.a4015>.
- PISTARINI, N. Água, malte e lúpulo: uma investigação cervejeira - oficina temática para o desenvolvimento da alfabetização científica. 2018. 70 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Química)-Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2018.

- PISTARINI, N.; MILARÉ, T. Ensino de Química em Oficina Temática: “O que vai pelo ralo, rastros ambientais de produtos que consumimos”. **Revista Debates em Ensino de Química**, Recife, v. 5, n. esp., p. 32-41, 2019.
- RICARDO, E. C. et al. A abordagem CTS e a alfabetização científica e tecnológica: conflitos e aproximações. In: SEMINÁRIO IBÉRICO CTS NO ENSINO DAS CIÊNCIAS, 3., 2004, Aveiro. **Anais...** Aveiro: AIA-CTS, 2004. p. 1-7.
- RICHETTI, G. P.; MILARÉ, T. O óleo no nordeste brasileiro: aspectos da (an)alfabetização científica e tecnológica. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Rio de Janeiro, v. 21, e29065, 2021. <https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2021u11871215>.
- ROCHA, V. G.; MILARÉ, T. Riscos e abusos da automedicação: uma abordagem para o ensino de química. In: EVENTO DE EDUCAÇÃO EM QUÍMICA, 17., 2019, Araraquara. **Anais...** Araraquara: IQ/Unesp, 2019.
- SALMAZO, L. G. S. **Elaboração e análise de um jornal informativo sob a perspectiva Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS)**. 2014. 44 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Química)-Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2014.
- SANTOS, N. H. S. **Interpretação das habilidades argumentativas de alunos do Ensino Médio em produções textuais sobre fontes de energia**. 2015. 46 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Química)-Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2015.
- SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. Alfabetização científica: uma revisão bibliográfica. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 16, n. 1, p. 59-77, 2011.
- SILVA, L. A. R. **Saberes populares e alfabetização científica e tecnológica: possibilidades e desafios para a formação continuada de professores de ciências da natureza**. 2020. 187 f. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática)-Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2020.
- SILVA, L. A. R. **Truques populares de limpeza doméstica e suas potencialidades para Alfabetização Científica e Tecnológica**. 2017. 79 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Química)-Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2017.
- SILVA, M. J. S. **O ensino CTS através de revistas de divulgação científica**. 2005. 148 f. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica)-Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.
- SILVA, P. M. **Alfabetização Científica e Tecnológica por meio de uma sequência didática interdisciplinar sobre o Ribeirão Santa Rita**. 2022. 126 f. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática)-Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2022.

Sementes crioulas: importância e qualidade

Landrace seeds: importance and quality

Victor Augusto Forti¹ 
Christiane de Fátima Martins França² 

¹Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Tecnologia Agroindustrial e Socioeconomia Rural, Araras, SP, Brasil. viaugu@ufscar.br

²Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Tecnologia Agroindustrial e Socioeconomia Rural, Araras, SP, Brasil. christiane@ufscar.br

RESUMO As sementes crioulas têm papel fundamental dentro da agroecologia por se caracterizarem como um material de multiplicação vegetal mantido e preservado por comunidades indígenas e tradicionais.

Esses materiais são importantes por contribuírem para a conservação da agrobiodiversidade e permitirem a diversificação de sistemas produtivos, levando resistência e resiliência a esses sistemas. Além disso, promovem autonomia aos agricultores e agricultoras, contribuem para a manutenção das identidades cultural, produtiva e alimentar, além de fortalecerem práticas coletivas no contexto da realidade rural das comunidades que as mantêm. Entretanto, as sementes crioulas apenas assumem essas funções quando são produzidas e mantidas com qualidade, considerando seus atributos físicos, fisiológicos, genéticos e sanitários. Dessa maneira, estudos aprofundados visando diagnosticar os problemas de qualidade de sementes são necessários para o fortalecimento dessas comunidades, a fim de que possam se manter firmes em relação à resistência na manutenção dessa agrobiodiversidade. No Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de São Carlos, diversos trabalhos de pesquisa têm sido realizados com os objetivos de analisar a qualidade de sementes crioulas, compreender as práticas de produção, realizar reflexões acerca da manutenção e preservação desses materiais, compreender as relações e a importância das feiras de trocas de sementes crioulas e do banco comunitário de sementes crioulas e identificar os desafios da manutenção de sementes crioulas no Brasil. Além disso, atividades de extensão têm sido executadas com o intuito de analisar a qualidade das sementes crioulas produzidas no país e discutir esses atributos visando melhorar as práticas produtivas para garantir a manutenção dessas sementes dentro das comunidades que as produzem.

Palavras-chave: Agrobiodiversidade; comunidades tradicionais; casas comunitárias de sementes; agroecologia.

ABSTRACT Landrace seeds have a fundamental role within agroecology, as they are characterized as a material for plant multiplication maintained and preserved by indigenous and traditional communities. These materials are important for contributing to the agrobiodiversity conservation and allowing the diversification of production systems, bringing resistance and resilience to these systems. In addition, it promotes autonomy for farmers, contributes to the maintenance of cultural, productive and food identity and strengthens collective practices on the rural reality of the



Este é um capítulo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença [Creative Commons Attribution](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

communities that maintain them. However, landrace seeds only assume these functions when they are produced and maintained with quality, considering the physical, physiological, genetic, and sanitary attributes. In this way, in-depth studies aimed at diagnosing seed quality problems are necessary to strengthen these communities to remain as resistance in the maintenance of this agrobiodiversity. At the Centro de Ciências Agrárias, at the Federal University of São Carlos, several researches have been carried out with the objective of analyzing the quality of landrace seeds, understanding production practices, reflecting on the maintenance and preservation of these materials, understanding the relationships and the importance of landrace seed exchange fairs and the landrace seed bank community and identify the challenges of landrace seed maintenance in Brazil. In addition, extension activities have been carried out with the aim of analyzing the quality of landrace seeds produced in the country and discussing these attributes to improve production practices to ensure the maintenance of these seeds within the communities that produce them.

Keyword: Agrobiodiversity; traditional communities; community seed banks; agroecology.

Com foco em práticas no contexto agroecológico, este capítulo visa discutir sobre os aspectos relacionados à importância e qualidade de sementes crioulas e destacar o que vêm sendo construído nessa temática de estudo no Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), campus Araras. Apesar de ser um assunto de extrema relevância, ainda é pouco tratado dentro da academia, mas tem ganhado destaque devido às ameaças imposta em decorrência dos modelos de produção convencional. Nessa perspectiva, as sementes crioulas resistem e se tornam fontes de equilíbrio e de preservação da agrobiodiversidade e da cultura de comunidades que as guardam e propiciam a continuidade da sua produção agrícola sustentável.

1. SEMENTES CRIOULAS

Sementes crioulas são materiais de multiplicação vegetal utilizados por indígenas e comunidades tradicionais, tais como quilombolas, ribeirinhos e caipiras, e se caracterizam por sua adaptação às formas de manejo e aos ambientes de cultivo, bem como pelo melhoramento natural realizado pelos povos que as preservam. Dentre esses materiais de multiplicação, podem-se considerar sementes, estacas, propágulos, entre outros.

As sementes crioulas têm papel fundamental dentro de uma perspectiva agroecológica. Assim, fundir esse tema de estudo com os campos da fitotecnia e sociologia rural é essencial para o fortalecimento da agrobiodiversidade gerida por sujeitos que mantêm as sementes crioulas.

A agrobiodiversidade, da qual os cultivos crioulos são parte, é reconhecida como parte importante do patrimônio genético da humanidade. Na Lei do Patrimônio Gené-

tico Brasileiro nº 13.123, de 20 de maio de 2015, os materiais crioulos são definidos como:

[...] variedade proveniente de espécie que ocorre em condição *in situ* ou mantida em condição *ex situ*, composta por grupo de plantas dentro de um táxon no nível mais baixo conhecido, com diversidade genética desenvolvida ou adaptada por população indígena, comunidade tradicional ou agricultor tradicional, incluindo seleção natural combinada com seleção humana no ambiente local, que não seja substancialmente semelhante a cultivares comerciais. (BRASIL, 2015).

Na Lei de Sementes e Mudanças (BRASIL, 2003), as sementes crioulas são designadas também como sementes de variedade local ou tradicional. Trata-se de variedades selecionadas, manejadas e conservadas por agricultores familiares assentados da reforma agrária ou indígenas e outros povos tradicionais, sendo permanentemente sendo adaptadas às formas de manejo dessas populações e aos seus locais de cultivo. Essa lei destaca ainda que esses materiais crioulos poderão, a critério do interessado, serem inscritos no Registro Nacional de Cultivares (RNC), sendo dispensada a realização de ensaios de valor de cultivo e uso (VCU) ou ensaios de adaptação.

Mesmo em meio às demandas e pressões produtivas de cultivares comerciais do mercado de commodities, os materiais crioulos têm ganhado importância por diversas razões, as quais serão discutidas no tópico a seguir. Antonello et al. (2009) destacaram que sementes crioulas, no caso do milho, têm se mantido por conta da produção e do consumo por parte de agricultores e agricultoras familiares, responsáveis pela conservação, manutenção e propagação de sementes crioulas vinculadas às tradições, histórias, cultura e alimentação.

2. IMPORTÂNCIA DAS SEMENTES CRIOULAS

Preservação da agrobiodiversidade e diversificação dos sistemas agrícolas

O sucesso de cultivos agrícolas depende em parte da disponibilidade da biodiversidade para o estabelecimento de campos de produção e o desenvolvimento de novas variedades melhoradas. Essa biodiversidade, com fins e interesses de produção de alimentos e matérias-primas, pode ser tratada como agrobiodiversidade.

A biodiversidade se tornou uma das pedras angulares do desenvolvimento sustentável e pode ser entendida como a soma das diferenças genéticas e fenotípicas existentes nos organismos vivos em nível molecular, níveis individuais, populacionais e ecossistêmicos (GEPTS, 2004).

As sementes crioulas apresentam grande importância para a preservação da agrobiodiversidade, manutenção da variabilidade genética e adaptação às condições de produção, o que permite maior resistência a ocorrências de patógenos e maior tolerância às variações climáticas (RIVAS PLATERO et al., 2013; CATÃO et al., 2013).

Esses materiais têm passado por um processo natural de seleção dentro das comunidades que os mantêm e, por essa razão, conservam uma ampla base genética, resultando, ao longo do tempo, em materiais vegetais com diferentes formas, tamanhos e cores e características nutricionais.

Destaca-se que ao manter uma alta variabilidade genética, promove-se a formação de campos de produção vegetal com maior resistência e resiliência a fatores externos aos agroecossistemas que podem afetar a produção, tais como intempéries climáticas, pragas e doenças. Essa característica se torna mais relevante no contexto da agroecologia, em que se visa campos de produção com menor inserção de insumos externos com melhores condições de superar as limitações impostas pelas condições bióticas e abióticas que envolvem a produção.

Para conservar e manter sementes crioulas, é necessário que os agricultores e agricultoras compreendam o papel da diversidade genética, assim como o seu próprio papel como protagonistas no processo de manutenção e promoção dessa diversidade (TELLES et al., 2018).

As sementes crioulas estão em constante processo de evolução e adaptação à sua condição de produção devido à sua diversidade genética, que permite uma melhor adaptação aos sistemas de produção e às condições climáticas em que estão inseridas. Assim, por conta do uso de sementes crioulas, permite-se uma maior variedade produtiva, o que é de fundamental importância para processos de transição agroecológica (LONDRES, 2014).

A maior variedade produtiva atrelada aos cultivos vegetais com o uso de sementes crioulas possibilita, por consequência, maior equilíbrio ecológico dentro do agroecossis-

tema que as mantêm. Como exemplo, pode-se destacar a atração de inimigos naturais provenientes do aumento da biodiversidade vegetal, o que diminui problemas relacionados a potenciais pragas em cultivos agrícolas.

Além da regulação de potenciais pragas, o aumento da biodiversidade pode trazer diversas vantagens relacionadas a outros processos naturais e aos agroecossistemas, tais como a ciclagem de nutrientes, a fixação biológica de nitrogênio, a atração de organismos polinizadores, o uso eficiente da água, entre outros. Trabalhar com biodiversidade significa otimizar os recursos do agroecossistema de maneira racional, seja por conta da complementariedade do uso de recursos ou pelo sinergismo específico decorrente da interação entre os diferentes organismos que compreendem a biodiversidade.

Muitos agricultores familiares fazem uso de variedades crioulas de milho como forma de conservação dos materiais genéticos contidos na semente, além do apreço sentimental, uma vez que essas sementes foram repassadas de uma geração para a outra, garantindo a autonomia e a qualidade de vida daqueles que a conservam (BEVILAQUA et al., 2014).

Autonomia de agricultores e agricultoras

Para as pessoas que sobrevivem do campo, ter posse de sua própria semente simboliza autonomia, independência e autossuficiência (MONTEIRO et al., 2019). Dessa maneira, as sementes crioulas vêm ao encontro dessa necessidade, pois asseguram a autonomia do agricultor por meio da geração de renda, menor custo de produção (SANTILLI, 2009) e garantia da soberania alimentar e nutricional, sendo características necessárias para promover a permanência da população rural no campo, com diversificação produtiva.

Como já discutido, do ponto de vista genético, a importância das sementes crioulas se dá pela sua adaptabilidade às condições de produção desenvolvidas ao longo de gerações, ao que se acrescenta a autonomia dos agricultores de não usarem insumos e sementes comerciais produzidas por grandes empresas do agronegócio, impactando diretamente na renda dos agricultores familiares. Essa independência diminui a vulnerabilidade social de agricultores e agricultoras envolvidos no processo em relação à insegurança alimentar e nutricional (JANTARA; ALMEIDA, 2009).

Essa independência é mais evidente quando se leva em consideração não apenas a disponibilidade do material de multiplicação, mas também as particularidades das condições de produção desses materiais crioulos. Devido à adaptação às formas de produção mais tradicionais, na maioria das vezes, esses materiais apresentam um desempenho satisfatório até mesmo em sistemas envolvendo a aplicação de baixo nível tecnológico. Pípolo et al (2010) trabalharam com 15 variedades de milho crioulo visando identificar as adaptações a seus locais de cultivo comparativamente aos

materiais comerciais. Os autores identificaram que muitas dessas variedades apresentaram alto potencial produtivo em sistemas de produção de baixo nível tecnológico, demonstrando sua forte adaptabilidade às suas respectivas condições de cultivo.

Além disso, é importante destacar que as sementes crioulas também atuam promovendo segurança alimentar e nutricional, que pode ser entendida, de acordo com a Lei nº 11.346, de 15 de Julho de 2006, como:

[...] a realização do direito de todos ao acesso regular e permanente a alimentos de qualidade, em quantidade suficiente, sem comprometer o acesso a outras necessidades essenciais, tendo como base práticas alimentares promotoras de saúde, que respeitem a diversidade cultural e que sejam social, econômica e ambientalmente sustentáveis. (BRASIL, 2006).

Essa segurança está também associada à diversidade de plantas cultivadas e à garantia de alimentação em quantidade e qualidade para as pessoas que as produzem e delas necessitam. Como exemplo, Pelwing, Frank e Barros (2008) avaliaram 13 propriedades rurais em municípios do Rio Grande do Sul e diagnosticaram ampla diversidade de plantas cultivadas mantidas em propriedades de agricultores tradicionais em bancos de sementes crioulas. Os autores identificaram 39 espécies de plantas, distribuídas em 12 famílias botânicas, totalizando 258 variedades de plantas crioulas cultivadas.

Quando se compara essa realidade aos sistemas de produção convencionais, tem-se uma reduzida agrobiodiversidade associada aos cultivos, sendo que os produtos finais serão destinados frequentemente a mercados maiores, fora daquela realidade de produção, não levando segurança alimentar a todas as pessoas envolvidas no processo de produção de um determinado alimento.

A segurança alimentar e a alimentação saudável, a cultura e tradição familiar, o cuidado com o meio ambiente, a adaptabilidade às condições locais como parte da agroecologia, bem como a elevada capacidade produtiva, fazem com que o agricultor e a agricultora familiares conservem tais sementes afetivamente (SILVA et al., 2017), uma vez que se relaciona às suas identidades cultural e alimentar.

Identidade cultural

Como premissa para que uma semente seja considerada crioula, o manejo dos materiais deve respeitar todas as condições ambientais e culturais da respectiva região em que são frequentemente produzidos (BARBOSA; VIDOTTO; ARRUDA, 2015). A identidade se reflete nas variedades crioulas, reforçando sua grande importância de conservação para o resgate cultural e histórico (BESSA; VENTURA; ALVES, 2016).

As comunidades tradicionais e indígenas valorizam o saber local, seja ele religioso, social ou, no caso das sementes crioulas, o saber cultural, selecionando, armazenando e cuidando de acordo com os princípios da agroecologia (GOHN, 2010).

Muitos dos materiais crioulos estão relacionados a eventos culturais de identidade das comunidades que as mantêm. Feiras de trocas de sementes crioulas, exposições agropecuárias, feiras agroecológicas, festivais (GRIGOLO; DIESEL, 2020), eventos religiosos interligados ao campo e festas da colheita são alguns exemplos de como as sementes crioulas participam da valorização das culturas locais.

A região do sudoeste paulista, por exemplo, é um território rural conhecido pela grande produção agrícola de grãos, inclusive de milho, destacando-se não só com viés econômico, mas também histórico e cultural. Como afirmam Fachini, Mariuzzo e Mundet i Cerdan (2019), o milho é considerado um ícone indenitário devido à relação íntima que os habitantes da região ainda mantêm com essa cultura.

Nesse território, uma ação frequente se refere às feiras de trocas de sementes, que contemplam uma ação de valorização das identidades cultural, produtiva e alimentar das comunidades rurais. Os espaços de produção e de troca das sementes crioulas se dão tradicionalmente com o armazenamento, a reprodução e o melhoramento milenares por parte de famílias camponesas e povos indígenas em todo o mundo (ALVES; MARQUES; MENDONÇA, 2013).

As feiras de trocas de sementes são ambientes que propiciam uma socialização vinculada a tradições como danças, celebrações religiosas, preparo de comidas típicas e disseminação de conhecimentos e práticas agrícolas. A associação da feira de troca com outras manifestações culturais tem se gerado eventos culturais que agregam, além da geração de economia local, meios para a representação de um lugar ou grupo de pessoas.

Para Tapia (2000), as feiras de sementes se mostram como um meio adequado para estimular a conservação *in situ* de recursos fitogenéticos com a vantagem social de encorajar a participação de toda a família na conservação dos recursos genéticos.

As feiras de troca apresentam movimentos recentes de estímulo, expansão e conservação de produtos da agrobiodiversidade brasileira. De acordo com Vaz (2019), muitos agricultores, ao se encontrarem nos locais de trocas, têm a oportunidade de compartilhar entre si sementes de variedades crioulas desenvolvidas em suas propriedades e conhecimento empírico adquirido.

No sudoeste paulista, em um primeiro mapeamento realizado por Fachini (2017), foi observada a existência de várias manifestações mantidas pela população na zona norte de Ribeirão Grande, como a prática dos mutirões comunitários para o manejo agrícola, a alimentação compartilhada e as celebrações. Isso corrobora o fato de haver agricul-

tores familiares que ainda cultivam variedades de milho crioulo e realizam trocas de sementes entre seus familiares e vizinhanças.

Em 2019, ocorreu a primeira feira de trocas de sementes crioulas na região, organizada pela coordenadoria de turismo de Ribeirão Grande, SP, e por outros órgãos públicos, como a Universidade Estadual de Campinas, o Instituto Agrônomo de Campinas e a escola municipal de ensino fundamental Dona Maria Francisca Ferreira. Essa feira foi realizada em um espaço cedido pela prefeitura de Ribeirão Grande, SP, e teve como objetivo valorizar o patrimônio biocultural e as comunidades locais, contando com atividades culturais e uma palestra sobre produção agrícola consorciada e alimentação relacionada ao milho, ministrada por um especialista mexicano (VAZ, 2019).

Enquanto locais de mobilização, as feiras impulsionam pautas como a da biodiversidade, que precisam ser estudadas e difundidas, passando a ser um ambiente em que é possível se construir e legitimar o desenvolvimento sustentável, revitalizar ou mesmo preservar tradições e valorizar as variedades tradicionais de culturas. Portanto, seu campo de observação oferece um estudo inicial das relações e redes constituídas no território que podem conter implicações local-globais que pertencem aos vários processos de valorização patrimonial.

Alguns trabalhos atribuem a preferência de agricultores pelo uso e consumo de sementes crioulas à valorização de costumes, sabor e qualidade dos materiais tradicionais frente aos produzidos de maneira convencional (PELWING; FRANK; BARROS, 2008).

As sementes crioulas trazem também uma conexão emocional com o reconhecimento de costumes e tradições de manejo da agricultura familiar e comunidades tradicionais. Processos, práticas e atividades dos povos indígenas e povos tradicionais geram conhecimentos e inovações relacionadas às espécies e aos ecossistemas, assim como a continuidade desse conhecimento depende das condições particulares para assegurar a sobrevivência física e cultural dessas comunidades (SANTILLI, 2004).

A maior parte dos bancos de sementes crioulas tem mantido materiais tradicionalmente consumidos pelas comunidades que as mantêm. Um exemplo são as casas de sementes crioulas localizadas em alguns estados da região Nordeste do Brasil. Muitas dessas casas têm mantido materiais crioulos específicos de feijão de corda, feijão fradinho, maxixe e abóboras, quase que exclusivamente encontrados nessas regiões específicas de produção, dificilmente disponíveis em redes de supermercados.

Em cada região e em função das dinâmicas sociais, culturais e políticas que impulsionam seu uso e sua conservação, as sementes crioulas podem ganhar um nome e um significado simbólico. Muitas vezes esse significado pode estar atrelado aos modos de vida dos agricultores e guardar rela-

ção com as construções política e identitária das comunidades rurais. Na Paraíba, grupos de agricultores reconhecidos como guardiões intitularam suas sementes crioulas como “sementes da paixão”. Essa designação nasceu no contexto de mobilizações em prol do resgate de sementes crioulas e tradições rurais que estavam caindo em desuso, tal qual a prática de armazenamento de sementes crioulas. O estado da Paraíba é reconhecido por seu êxito na experiência com bancos de sementes comunitários (CAMPOS, SOGLIO, 2020).

Outras regiões do Brasil intituam as suas sementes crioulas por meio de diferentes denominações, tais como “sementes de fartura”, no Piauí, “sementes de resistência”, em Alagoas e Goiás, “sementes da liberdade”, em Sergipe, e “sementes da gente”, em Minas Gerais (PETERSEN et al., 2013).

Fortalecimento de práticas coletivas

Uma grande importância das sementes crioulas e todo o seu processo de produção e manutenção se relaciona ao estímulo de promover o fortalecimento de práticas coletivas nas comunidades rurais.

As sementes crioulas são passadas de geração a geração, sendo que as mulheres normalmente se destacam nos cultivos, mantendo-se como suas principais guardiãs (BESSA; VENTURA; ALVES, 2016). A figura feminina, na maior parte dos casos, assume um papel de liderança e protagonismo no sucesso das estratégias de manutenção dos materiais crioulos e deve articular e equilibrar o ambiente produtivo com todos os aspectos sociais que envolvem a comunidade rural.

Os agricultores e agricultoras responsáveis pela propagação, reprodução, distribuição e armazenamento, ou que se engajam na defesa coletiva de seus direitos de uso, troca, venda e proteção de sementes crioulas são reconhecidos na literatura com o termo de “guardiões” da biodiversidade (LA VIA CAMPESINA, 2018). Muitos estudos têm procurado demonstrar como esses guardiões resistem e são fundamentais para os processos de segurança e soberania alimentar, como protagonistas da preservação e conservação de variedades em extinção (PEREIRA, 2017).

Na região do sudoeste paulista, foram mapeadas iniciativas de guardiões de sementes crioulas de milho em 5 municípios (Capão Bonito, Guapiara, Itapeva, Ribeirão Branco e Ribeirão Grande). A forte presença da monocultura do milho comercial na região, atualmente conhecida como o celeiro da produção de grãos do estado de São Paulo (FACHINI; MARIUZZO; MUNDET I CERDAN, 2019), acarreta dificuldades na conservação, multiplicação e troca de sementes crioulas, dessa maneira, representam atos de resistência frente às ameaças impostas pelos pacotes tecnológicos provenientes da agricultura industrial.

A interação entre os responsáveis pelo cultivo e armazenamento fortalece práticas coletivas de manutenção de se-

mentes crioulas que afirmam sua cultura e resistência a partir da agricultura sustentável (SILVA, 2011).

Os guardiões também são responsáveis por gerir e organizar os bancos comunitários de sementes, locais compartilhados em que vários agricultores depositam suas sementes para serem distribuídas ou trocadas entre todos os interessados daquela região. Esses locais são importantes para a preservação das sementes que poderiam ser perdidas ao serem removidas de seus respectivos ambientes de origem, impedindo a coevolução da planta com o ambiente. Podem desse inserir na iniciativa pública ou privada e é onde se realizam as ações de resgate, conservação e multiplicação de cultivares crioulas, permitindo, assim, o acesso coletivo a ambientes adequados para o armazenamento de sementes (LIMA et al., 2020).

É importante destacar que a manutenção de sementes crioulas depende de práticas coletivas envolvendo a articulação entre organizações de agricultores e diferentes instituições (ONGs, movimentos sociais e instituições públicas), tornando-os responsáveis por passos decisivos na construção de alternativas para a conservação da biodiversidade local (PELWING; FRANK; BARROS, 2008).

Cunha et al. (2020) analisaram como as formas coletivas em torno das sementes crioulas contribuíram para a preservação da identidade sociocultural quilombola na comunidade de quilombo Sítio Veiga em Quixadá, no Ceará. Os autores destacaram que a implantação das casas de sementes crioulas foi uma das maiores conquistas no processo de organização coletiva, visto que fortaleceu a cultura das sementes até então presentes nos seus hábitos cotidianos.

Outro exemplo é baseado na rede de intercâmbio (RIS) no estado do Ceará. A RIS é uma rede de organizações com presença em nível estadual, contando com a participação de agricultores e agricultoras, quilombolas, assentados e assentadas de reforma agrária, técnicos e outros atores, trabalhando de forma conjunta na preservação e multiplicação de sementes crioulas e na estruturação de casas e feiras de sementes no estado.

Os bancos comunitários de sementes proporcionam ao agricultor confiança em relação à origem das sementes, além de um local ao qual recorrer quando suas sementes se esgotam. São espaços coletivos onde é possível armazenar sementes com segurança por um período viável a depender das condições de armazenamento. Os bancos comunitários de sementes proporcionam aos agricultores autonomia e soberania para a perpetuação de suas lavouras e preservação de espécies locais de sementes de maneira ecológica (SALDANHA et al., 2020).

Mais que um alimento, as sementes crioulas são fontes de resistência e cultura de uma comunidade no que tange à preservação desse material, representando grande importância para a vida das famílias, guardiãs e guardiões envolvidas nesse processo, garantindo assim desenvolvimento local, sus-

tentabilidade, soberania e segurança alimentar e bem-viver. Nesse contexto, não somente as relações sociais, a natureza e o processo de trabalho são importantes, mas o território em que vivem possui significado (PALENZUELA, 2014).

As trocas de sementes e experiências também são processos organizativos e coletivos, com um viés comunitário, no sentido de resgatar e perpetuar suas espécies, seus saberes e suas relações. Para Badstue (2007), no Sul do México, os agricultores realizam trocas de sementes baseadas na reciprocidade, relações que se referem a interações nas quais a confiança é mútua, como uma via de mão dupla, que pode estar baseada em interesses, sentimentos de afeto, responsabilidade ou valores compartilhados.

3. QUALIDADE DE SEMENTES

A qualidade das sementes se refere a fatores diretamente ligados à melhoria do campo de produção, ao aumento de produtividade agrícola e, por consequência, à sua contínua existência.

Portanto, a qualidade das sementes crioulas é crucial tanto para a melhoria da produtividade quanto para a manutenção da diversidade agrícola. O conceito de qualidade dessas sementes se refere ao conjunto dos atributos físicos, fisiológicos, sanitários e genéticos, que, juntos, determinam os melhores materiais para a multiplicação de plantas (MARCOS FILHO, 2015).

Cada um desses atributos contribui para determinar a qualidade das sementes. O atributo físico se refere à integridade física das sementes e à composição de um lote de sementes no que diz respeito à presença de sementes puras, de material inerte (sementes quebradas, materiais contidos no lote de sementes, mas que não são sementes da espécie em questão) e de sementes de outras espécies. Lotes com alta qualidade física apresentam altas porcentagens de sementes puras e baixas porcentagens de material inerte.

O potencial fisiológico está relacionado aos parâmetros de viabilidade e vigor das sementes. A viabilidade se refere ao potencial de uma semente germinar e, para a tecnologia de sementes, de produzir plântula normal após um teste de germinação. A germinação é determinada sob condições ótimas, expressando o máximo potencial de formação de plântulas normais de um lote de sementes. O vigor se refere ao parâmetro que determina o potencial das sementes de germinar rápida e uniformemente sob uma ampla variedade de condições ambientais (MARCOS FILHO, 2015).

O atributo sanitário se refere à presença de microrganismos vinculados a sementes que podem promover a deterioração e prejudicar diretamente a germinação destas. Em sementes são encontrados fungos de armazenamento (ex: *Aspergillus* sp. e *Penicillium* sp.) e de campo (Ex: *Fusarium* sp.) que podem provocar danos durante o armazenamento, acelerando as taxas de deterioração ou causan-

do problemas de campo devido à disseminação de doenças em campos de produção em que esta não ocorria.

Por fim, o atributo genético se refere à composição do lote de sementes contendo sementes daquela variedade de interesse, sem a ocorrência de misturas com outras variedades.

É importante destacar que a qualidade das sementes se refere à junção desses atributos e como estes se relacionam entre si. Por exemplo, a presença de um fungo de armazenamento em sementes pode promover sua deterioração, impactando seu potencial fisiológico. Outro exemplo seria a presença de trincas e rachaduras nas sementes que podem interferir facilitando a infecção das sementes por fungos interferindo também na viabilidade e/ou no vigor das sementes.

A qualidade das sementes depende do que é feito no campo, ou seja, se uma semente é produzida no campo com baixa qualidade, os processos de colheita, secagem e armazenamento não conseguirão melhorar o seu desempenho. Entretanto, se realizados de maneira errada, esses processos poderão diminuir a qualidade de um lote de sementes que tenha sido produzido com alta qualidade. Essa é a razão para a preocupação em relação à produção, colheita, secagem e armazenamento das sementes crioulas de qualidade para garantir campos de produção de qualidade e, por consequência, a perpetuação da espécie.

Qualidade das sementes crioulas

A qualidade das sementes impacta diretamente na melhoria do campo de produção de sementes e, por consequência, na sua contínua existência. Por essa razão, a qualidade de sementes se torna crucial tanto para a melhoria da produtividade (FINCH-SAVAGE; BASSEL, 2016) quanto para a manutenção da diversidade agrícola no contexto das sementes crioulas e da agricultura familiar.

Devido à importância das sementes crioulas, conforme já citado, analisar a sua qualidade é crucial para uma produção de sementes com maior potencial de estabelecer campos de produção de qualidade, mantendo a agrobiodiversidade e melhorando a vida das comunidades agrícolas. O emprego de sementes de qualidade é um fator preponderante para o aumento da produtividade agrícola, pois pode determinar o sucesso ou fracasso da produção caso contenha todas as potencialidades da planta (GAZOLA; ZUCARELI; CAMARGO, 2014).

É relevante destacar que, diferentemente do que ocorre para as sementes convencionais, o propósito da avaliação da qualidade de sementes crioulas não se refere ao seu potencial de comercialização, mas sim a garantir altas porcentagens de germinação, promovendo a formação de um estande adequado de plantas a fim de assegurar altas produtividades visando à continuidade dessas sementes para as gerações futuras.

Assim, a determinação da qualidade de sementes crioulas disponibiliza informações de um lote de sementes para auxiliar na tomada de decisão de guardiões de sementes quanto às melhores estratégias de armazenamento (SILVA et al., 2019) e semeadura.

No se refere a sementes crioulas, alguns atributos ganham destaque devido às particularidades desses materiais, o que não quer dizer que todos os atributos não sejam importantes, mas os descritos a seguir apresentam algumas especificidades para as sementes crioulas.

O atributo genético é extremamente relevante considerando que, qualquer contaminação com outros materiais e, principalmente com materiais convencionais e transgênicos, poderá descaracterizar o material de interesse para as gerações futuras. A aplicação de estratégias de isolamento dos campos de produção de sementes e cuidados com a limpeza das máquinas e implementos de colheita, secagem e beneficiamento é essencial para evitar problemas com contaminação genética.

Outro atributo de grande relevância é o sanitário, principalmente por conta das feiras de trocas de sementes crioulas que ocorrem frequentemente. Durante essas trocas de sementes, materiais contaminados por fungos poderão ser compartilhados veiculando fungos importantes para as culturas agrícolas e potencializando a disseminação de doenças.

O cuidado com as sementes durante todas as fases de produção, quanto à ocorrência de doenças, se torna ainda mais importante em sementes crioulas, visto que a prática do tratamento químico de sementes não se aplica nessa realidade de produção. Alguns tratamentos alternativos, entre eles o uso de extratos vegetais e caldas naturais, podem ser utilizados, entretanto, ainda há poucas evidências científicas que comprovem a sua eficiência.

Portanto, é de extrema importância o uso de sementes que apresentem alta qualidade, considerando os atributos físicos, fisiológicos, sanitários e genéticos, podendo assim assegurar ao pequeno produtor um bom desenvolvimento e estabelecimento na produção, com maiores germinação e vigor, ausência de microrganismos fitopatogênicos, pureza genética e adaptabilidade às condições adversas de clima e solo.

Pinto, Noronha e Mosser (2021) trabalharam com sementes crioulas de feijão de corda (*Vigna unguiculata*) no Agreste pernambucano e identificaram a ocorrência de *Aspergillus* sp., *Rhizoctonia* sp., *Botrytis* sp., *Fusarium* sp. e *Alternaria* sp. associada a essas sementes, o que indica seu alto potencial de deterioração por fungos de armazenamento, bem como de disseminação de fungos de campo.

Catão et al. (2013) analisaram a qualidade sanitária e fisiológica de 14 variedades de sementes de milho crioulo em pré- e pós- armazenamento e identificaram ampla ocorrência de *Fusarium moliniforme*, além de germinação acima de 80% para todos os materiais. Vale destacar que para esse trabalho, as sementes foram produzidas com cri-

tério visando obter sementes de alta qualidade fisiológica, com o armazenamento realizado em câmara seca (22°C e 35-45% de umidade relativa do ar) por um período de sete meses. Essas condições ideais de armazenamento contribuíram para a manutenção da alta qualidade das sementes de milho analisadas.

Por outro lado, Lima et al. (2022) trabalharam com sementes de milho crioulo provenientes do sudoeste paulista e avaliaram a qualidade física, fisiológica e sanitária de 20 lotes de sementes provenientes de duas safras (2019 e 2020). De maneira geral, os pesquisadores identificaram baixa germinação e alta ocorrência de fungos de campo, como o *Fusarium* sp., além de, para alguns casos, de fungos de armazenamento, como o *Aspergillus* sp., nos materiais cultivados

no ano de 2019 e armazenados por um período de um ano. Já para os materiais produzidos no ano de 2020, e que não passaram por armazenamento, foi observado maior potencial fisiológico e qualidade sanitária (Quadro 1).

O trabalho mencionado ainda observou alta ocorrência de sementes infestadas por insetos como carunhos e traças, ocorrendo principalmente nos materiais da safra de 2019. Os resultados encontrados indicaram que em algumas condições de produção, existem problemas em relação à produção de sementes de qualidade, sendo que a etapa de armazenamento tem se mostrado como a principal responsável pela queda da qualidade dos materiais crioulos avaliados.

Esses trabalhos têm trazido à tona uma grande preocupação em relação à manutenção de materiais de sementes

QUADRO 1 - Germinação (G), ocorrência de *Fusarium* sp. (F), *Aspergillus* sp. (A) e infestação por insetos (II) em sementes crioulas de milho provenientes do sudoeste paulista produzidas nos anos de 2019 e 2020. Células com (-) demonstram que as sementes não foram analisadas por indisponibilidade do material. (LIMA et al., 2022)

Safra 2019				
Lote	G (%)	F (%)	A (%)	II (%)
APA 1	2,4 f*	13 cde	31 c	-
APA 2	98,5 a	0 e	0 f	6,0 cde
CAR 1	59,0 d	0 e	40 c	33,0 a
CID 1	0,0 f	5 de	12 de	0,0 e
IVO 1	80,5 b	28 cd	57 b	3,0 cde
IVO 2	62,0 cd	28 cd	79 a	11,0 bc
IVO 3	74,5 b	3 e	0 f	11,0 bc
LED 1	36,0 e	54 ab	2 ef	16,0 b
LED 3	57,0 d	14 cde	0 f	2,0 de
LED 4	70,0 bc	23 cde	5 ef	10,0 bcd
LED 5	35,0 e	47 bc	5 ef	4,0 cde
LED 6	34,5 e	58 ab	0 f	1,0 e
MAR 1	0,0 f	47 bc	5 ef	-
NIV 1	0,0 f	64 a	18 d	-
PED 1	93,0 a	3 e	65 b	1,0 e
CV (%)	9,11	29,78	23,37	48,32
Safra 2020				
Lot	G (%)	F (%)	A (%)	II (%)
APA 3	90,5 a	0 c	1 b	0,0 c
CAR 2	98,0 a	0 c	2 b	0,0 c
DAR 1	88,0 a	2 b	1 b	1,0 b
FAB 1	96,0 a	13 a	40 a	2,0 a
NIV 2	84,0 a	4 b	3 b	1,0 b
CV (%)	23,67	22,78	76,21	1,32

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna em cada safra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade
CV = Coeficiente de variação

crioulas, indicando que muitos desses materiais correm risco de serem perdidos devido à baixa qualidade de sementes, prejudicando a manutenção desse patrimônio genético de extrema importância para a melhoria da agrobiodiversidade e a identificação dos povos que o mantêm.

Portanto, estudos aprofundados visando diagnosticar os problemas de qualidade de sementes vem sendo conduzidos, assim como atividades de extensão visando ao fortalecimento dessas comunidades para resistirem na manutenção dessa agrobiodiversidade.

4. PESQUISA E EXTENSÃO COM SEMENTES CRIOULAS NO CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS (CCA)/UFSCAR

As sementes crioulas com foco na pesquisa científica

As sementes crioulas têm sido foco de estudos em diversas pesquisas de estudantes de graduação e pós-graduação do Centro de Ciências Agrárias (CCA/UFSCar). Estudantes dos cursos de graduação em engenharia agrônoma e agroecologia e do curso de pós-graduação em agroecologia e desenvolvimento rural têm trabalhado com essa temática a partir de diferentes objetivos de pesquisa, tais como:

- Compreender as práticas agrícolas utilizadas na produção de sementes crioulas em propriedades familiares e comunidades tradicionais.
- Estabelecer reflexões acerca da manutenção e da preservação de sementes crioulas por agricultores e agricultoras familiares e comunidades tradicionais.
- Identificar as principais dificuldades impostas aos produtores de sementes crioulas no que se refere aos processos de produção e troca de sementes.
- Avaliar a qualidade física, fisiológica e sanitária das sementes crioulas.
- Conhecer as relações estabelecidas em feiras de trocas de sementes crioulas em algumas regiões produtoras brasileiras.
- Conhecer os fatores socioeconômicos que mantêm as sementes crioulas nos territórios em que ocorrem.
- Analisar a forma de organização de eventos para troca de sementes crioulas nos territórios em que ocorrem.
- Realizar o mapeamento de casas comunitárias de sementes crioulas e analisar a diversidade e o fluxo de materiais entre elas.
- Compreender as relações sociais que prevalecem entre e dentro das casas comunitárias de sementes crioulas.
- Identificar os desafios da manutenção de sementes crioulas no Brasil.

Até o momento, os trabalhos desenvolvidos nessa linha de pesquisa têm considerado principalmente as sementes

crioulas de milho produzidas e mantidas na região sudoeste paulista, que conta com uma grande aptidão e um histórico de produção do milho no estado. Além disso, tem-se também trabalhado com as casas comunitárias de sementes crioulas na região do Cariri cearense, onde as sementes crioulas assumem uma função primordial na autonomia dos agricultores e agricultoras familiares daquele território.

Entretanto, diversos outros projetos de pesquisa têm sido estruturados com essa temática em relação a outros territórios, visando atender à demanda de uma maior parcela da população rural que tem as sementes crioulas como prioridade.

Até o momento, as pesquisas têm demonstrado que é necessário que a academia compreenda as sementes crioulas como área de estudo, porém, atentando-se em manter viva a relação entre o sujeito pesquisador e os agricultores e agricultoras que assumem o papel de guardiões desses materiais. A pesquisa científica deve ser conduzida, nesse caso, visando atender a uma necessidade básica de informação para possibilitar uma melhor condição de vida às pessoas que dependem diretamente dessa agrobiodiversidade.

A análise da qualidade de sementes crioulas como ação de extensão

Em relação às atividades de extensão, os trabalhos com sementes crioulas têm sido realizados por meio do Núcleo de Extensão e Pesquisa em Agricultura Sustentável (NEPAS), grupo composto por estudantes dos cursos de graduação em engenharia agrônoma e agroecologia do Programa de Pós-graduação em Agroecologia e Desenvolvimento Rural do CCA/Araras. Atualmente, o NEPAS é coordenado pela Profa. Christiane de Fátima Martins França e pelo Prof. Victor Augusto Forti, ambos do Departamento de Tecnologia Agroindustrial e Socioeconomia Rural do CCA/Araras.

As atividades têm sido pautadas em participações em eventos de extensão que envolvam a temática de sementes crioulas, como feiras de trocas de sementes crioulas no estado de São Paulo. Além disso, tem se estruturado um projeto de extensão para proporcionar a análise de qualidade de sementes crioulas gratuitamente aos detentores desses materiais.

Esse projeto tem por objetivo realizar o diagnóstico da qualidade de sementes crioulas, de qualquer espécie cultivada, mantidas em todo o território nacional, visando auxiliar na identificação e tomada de decisão em relação às melhores práticas de manejo para a produção de sementes de alta qualidade. Nesta proposta, são contempladas obrigatoriamente três análises: pureza física, germinação e infestação por insetos. As análises de pureza e de infestação por insetos visa identificar a qualidade física de lotes de sementes, enquanto a análise de germinação busca identificar o potencial fisiológico.

Destaca-se que outras análises também podem ser realizadas, tais como o teste de sanidade e testes para determinar o vigor das sementes. Entretanto, essas análises são realizadas com base na demanda dos agricultores e agricultoras, ou quando é necessária a complementação de análises a fim de diagnosticar problemas específicos dos sistemas de produção.

Os resultados das análises são enviados aos agricultores de maneira clara e acompanhados de uma lista de recomendações para melhorar as práticas produtivas. Dentre as principais recomendações, têm sido contempladas informações quanto ao momento adequado de colheita, ao procedimento correto de extração das sementes das espigas, vagens ou frutos, à limpeza e beneficiamento das sementes e às condições e procedimentos adequados para o armazenamento das sementes crioulas nas propriedades ou nas casas comunitárias de sementes crioulas.

Espera-se, como este projeto, auxiliar os detentores de sementes crioulas na melhoria da qualidade dos materiais que mantêm, garantindo sua perpetuação nas próximas gerações e visando proporcionar autonomia aos agricultores e agricultoras, promovendo, assim, a manutenção das identidades cultural, produtiva e alimentar das populações rurais associadas às sementes crioulas.







REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, S. A.; MARQUES, G. P.; MENDONÇA, M. R. A produção de sementes de variedades crioulas e a construção da autonomia camponesa no Movimento Camponês Popular – MCP – no Brasil. In: ENCUESTRO DE GEÓGRAFOS DE AMÉRICA LATINA, 14., 2013, Lima. **Anales...** Lima: Egal, 2013.
- ANTONELLO, L. M. et al. Influência do tipo de embalagem na qualidade fisiológica de sementes de milho crioulo. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 31, n. 4, p. 75-86, 2009. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222009000400009>.
- BADSTUE, L. Confiança mútua como base para a aquisição de sementes. **Agriculturas**, Rio de Janeiro, v. 4, n. 3, p. 18-21, 2007.
- BARBOSA, V. L.; VIDOTTO, R. C.; ARRUDA, T. P. Erosão genética e segurança alimentar. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE CIÊNCIAS INTEGRADAS, 12., 2015, Guarujá. **Anais...** Guarujá: UNAERP, 2015.
- BESSA, M. M.; VENTURA, M. V. A.; ALVES, L. S. Sementes crioulas: construção da autonomia camponesa. **Cadernos de Agroecologia**, Porto Alegre, v. 11, n. 2, 2016.
- BEVILAQUA, G. A. P. et al. Agricultores guardiões de sementes e ampliação da agrobiodiversidade. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 31, n. 1, p. 99-118, 2014.
- BRASIL. Lei n. 10.711, de 5 de agosto de 2003. Dispõe sobre o Sistema Nacional de Sementes e Mudanças e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 6 ago. 2003. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2003/10.711.htm>. Acesso em: 2 ago. 2022.
- BRASIL. Lei n. 11.346, de 15 de setembro de 2006. Cria o sistema nacional de Segurança alimentar e Nutricional – SISAN com vistas em assegurar o direito humano à alimentação adequada e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 18 set. 2006. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/lei/11346.htm>. Acesso em: 2 ago. 2022.
- BRASIL. Lei n. 13.123, de 20 de maio de 2015. Dispõe sobre o acesso ao patrimônio genético, sobre a proteção e o acesso ao conhecimento tradicional associado e sobre a repartição de benefícios para conservação e uso sustentável da biodiversidade; revoga a Medida Provisória nº 2.186-16, de 23 de agosto de 2001; e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 14 maio 2015. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/CCIVIL_03/_Ato2015-2018/2015/Lei/L13123.htm>. Acesso em: 16 ago. 2022.
- CAMPOS, M. L.; SOGLIO, F. K. D. Sementes crioulas e relações de poder na agricultura: Interfaces entre bipoder e agência social. **Revista Ambiente e Sociedade**, São Paulo, v. 23, e02422, 2020. <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4422asoc20180242r2vu202015ao>.
- CATÃO, H. C. R. M. et al. Incidência e viabilidade de sementes crioulas de milho naturalmente infestadas com fungos em pré e pós-armazenamento. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, n. 5, p. 764-770, 2013. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782013000500002>.
- CUNHA, F. I. et al. Organização coletiva e sementes crioulas: uma forma de luta e resistência pela identidade sociocultural quilombola na comunidade Sítio Veiga em Quixadá-CE. **Revista Brasileira de Educação do Campo**, Tocantinópolis, v. 5, p. e9219, 2020. <http://dx.doi.org/10.20873/uft.rbec.e9219>.
- FACHINI, C. **Cartografia do Patrimônio na Bacia do Rio das Almas-São Paulo, Brasil**. 2017. 233 f. Tese (Doutorado em Ambiente e Sociedade)-Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2017.
- FACHINI, C.; MARIUZZO, P.; MUNDET I CERDAN, L. O roteiro do milho: a construção do turismo gastronômico no Vale do Paranapanema - SP. In: LAVANDOSKI, J.; BRAMBILLA, A.; VANZELLA, E. (Ed.). **Alimentação e turismo: oferta e segmentos turísticos**. João Pessoa: Editora do CCTA, 2019. p. 251-278.
- FINCH-SAVAGE, W. E.; BASSEL, G. W. Seed vigour and crop establishment: extending performance beyond adaptation. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 67, n. 3, p. 567-591, 2016. <http://dx.doi.org/10.1093/jxb/erv490>. PMID:26585226.
- GAZOLA, D.; ZUCARELI, C.; CAMARGO, M. C. Comportamento germinativo de sementes de cultivares de milho sob condições de hipóxia. **Científica**, Jaboticabal, v. 42, n. 3, p. 224-232, 2014. <http://dx.doi.org/10.15361/1984-5529.2014v42n3p224-232>.
- GEPTS, P. Who owns biodiversity, and how should the owners be compensated? **Plant Physiology**, Rockville, v. 134, n. 4, p. 1295-1307, 2004. <http://dx.doi.org/10.1104/pp.103.038885>. PMID:15084724.

- GOHN, M. D. G. M. **Educação não formal e o educador social:** atuação no desenvolvimento de projetos sociais. São Paulo: Cortez, 2010.
- GRIGOLO, S.; DIESEL, V. Creole seeds festivals as a strategy of the peasant movements. **Perspectives on Rural Development**, Lecce, v. 2020, n. 4, p. 87-120, 2020. <http://dx.doi.org/10.1285/i26113775n4p87>.
- JANTARA, A. E.; ALMEIDA, P. Sementes Crioulas: Caminho para Transição Agroecológica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROECOLOGIA E CONGRESSO LATINO AMERICANO DE AGROECOLOGIA, 6., 2009, Curitiba. **Anais...** Curitiba: ABA, 2009.
- LA VIA CAMPESINA – LVC. **Global campaign for seeds, a heritage of peoples in the service of humanity**. 2018. Press release. Disponível em: <<https://viacampesina.org/en/16-october-la-via-campesina-relaunches-global-campaign-for-seeds-a-heritage-of-peoples-in-the-service-of-humanity/>>. Acesso em: 4 jun. 2022.
- LIMA, L. S. C. F. et al. Trocas de sementes crioulas de milho no Sudoeste Paulista. In: CONGRESSO ONLINE INTERNACIONAL DE SEMENTES CRIOULAS E AGROBIODIVERSIDADE, 1., 2020, Dourados. **Anais...** Dourados: ABA, 2020.
- LIMA, L. S. C. F. et al. Creole maize from South-West of São Paulo, Brazil: diversity and seed quality. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, Cidade do México, v. 13, n.1, p. 15-28 1., 2022. <https://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v13n1/2007-0934-remexca-13-01-15-en.pdf>
- LONDRES, L. **Las semillas de las políticas de distribución de pasión y semilla em Paraiba**. Rio de Janeiro: As-PTA, 2014.
- MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Londrina: Abrates, 2015. 660 p.
- MONTEIRO, S. S. et al. Características biométricas de sementes crioulas de Crotalaria e Milheto. In: CONGRESSO PARAIBANO DE AGROECOLOGIA, 2., 2019, Lagoa Seca, PB. **Anais...** Lagoa Seca: Editora Verde, 2019. <http://dx.doi.org/10.18378/cvads.v9i7.6878>
- PALENZUELA, P. Culturas del trabajo e identidad local: pescadores y mineros en Quebec. **Sociologia del Trabajo**, Madrid, v. 81, p. 68-89, 2014.
- PELWING, A. B.; FRANK, L. B.; BARROS, I. I. B. Sementes crioulas: o estado da arte no Rio Grande do Sul. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v. 46, n. 2, p. 391-420, 2008. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-20032008000200005>.
- PEREIRA, V. C. **A conservação das variedades crioulas como prática de agricultores no Rio Grande do Sul**. 2017. 336 f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Rural)-Faculdade de Ciências Econômicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2017.
- PETERSEN, P. et al. As sementes das espécies cultivadas são portadoras de mensagens genéticas e de mensagens culturais. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 10, n. 1, p. 36-45, 2013.
- PINTO, K. M.; NORONHA, D. A.; MOSSER, L. M. Qualidade sanitária de sementes crioulas de feijão no agreste de Pernambuco. **Brazilian Journal of Agroecology and Sustainability**, Garanhuns, v. 2, n. 1, p. 153-167, 2021. <http://dx.doi.org/10.52719/bjas.v3i1.3941>.
- PIPOLO, V. C. et al. Avaliação de variedades de milho crioulo em sistema de baixo nível tecnológico. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 32, n. 2, p. 229-233, 2010. <http://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v32i2.430>.
- RIVAS PLATERO, G. G. et al. **Bancos comunitarios de semillas criollas: una opción para la conservación de la agrobiodiversidad**. Turrialba: CATIE, 2013. (Série Divulgativa, 17).
- SALDANHA, M. C. W. et al. Monitoramento dos bancos de sementes comunitários como ferramenta para preservar a biodiversidade de um patrimônio genético: um estudo de caso no município de Solânea-PB-Brasil. In: CONGRESSO ONLINE INTERNACIONAL DE SEMENTES CRIOULAS E AGROBIODIVERSIDADE, 1., 2020, Dourados. **Anais...** Dourados: ABA, 2020.
- SANTILLI, J. Los conocimientos tradicionales asociados a la biodiversidade: elementos de um régimen jurídico sui generis de protección. In: PLATIAU, A. F. B.; VARELLA, M.D. (Ed.). **Diversidad biológica y conocimientos tradicionales**. Belo Horizonte: Editora Del Rey, 2004.
- SANTILLI, J. **Agrobiodiversidade e direitos dos agricultores**. São Paulo: Peirópolis, 2009. 519 p.
- SILVA, G. H. et al. Influence of the storage environment on the physiological quality of millet seeds (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.). **Journal of Seed Science**, Londrina, v. 41, n. 3, p. 286-292, 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/2317-1545v41n3208200>.
- SILVA, M. J. R. et al. Agricultores familiares e cientistas: diálogo de saberes sobre as variedades crioulas de milho no estado da Paraíba. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 69, n. 2, p. 34-37, 2017. <http://dx.doi.org/10.21800/2317-66602017000200012>.
- SILVA, N. C. A. **Manejo da diversidade genética de milho como estratégia para a conservação agrobiodiversidade no norte de Minas Gerais**. 2011. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias)-Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Minas Gerais, Montes Claros, 2011.
- TAPIA, M. E. Mountain agrobiodiversity in Peru. **Mountain Research and Development**, Bern, v. 20, n. 3, p. 220-225, 2000. [http://dx.doi.org/10.1659/0276-4741\(2000\)020\[0220:MAIP\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1659/0276-4741(2000)020[0220:MAIP]2.0.CO;2).
- TELLES, C. S. et al. Semillas criollas que opinan sobre ellas? Um estudio sobre la percepción de los agricultores familiares del municipio de Saudade Iguazu/PR. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, Santa Maria, v. 22, n. 6, p. 1-10, 2018. <http://dx.doi.org/10.5902/2236117032459>.
- VAZ, M. **Ribeirão Grande: 1ª Feira de Sementes Crioulas**. 2019. Disponível em: <<http://www.ribeiraogrande.sp.gov.br/ribeiraogrande-1-feira-de-sementes-crioulas-da-regiao-a-manutencao-da-identidade-atraves-do-cultivo-foi-importante-tema-de-debate/>>. Acesso em: 18 jul. 2022.

Mamíferos do campus da UFSCar-Araras, os fantásticos “seres invisíveis”

Mammals from the UFSCar-Araras campus, the fantastic “invisible beings”

Vlamiir José Rocha^{1,2} 
 Lucas Ribeiro Correa² 
 Lucas Loureiro de Almeida² 
 Gabriele Arthur Ercolin² 
 Carolina Mastriaga Revoredo² 
 Margareth Lumy Sekiama^{3,4} 

¹Universidade Federal de São Carlos (UFSCar),
 Programa de Pós-graduação em Conservação da
 Fauna, São Carlos, SP, Brasil. vlamiir@ufscar.br

²Universidade Federal de São Carlos (UFSCar),
 Centro de Ciências Agrárias - CCA, Araras,
 SP, Brasil. : lrc.lucas@hotmail.com

²Universidade Federal de São Carlos (UFSCar),
 Centro de Ciências Agrárias - CCA, Araras,
 SP, Brasil. lucas.loal03@gmail.com

²Universidade Federal de São Carlos (UFSCar),
 Centro de Ciências Agrárias - CCA, Araras, SP,
 Brasil. gaercolin@estudante.ufscar.br

²Universidade Federal de São Carlos (UFSCar),
 Centro de Ciências Agrárias - CCA, Araras, SP,
 Brasil. carolinamr@estudante.ufscar.br

³Universidade Federal de São Carlos (UFSCar),
 Centro de Ciências Agrárias - CCA, Araras,
 SP, Brasil. margareth@ufscar.br

⁴Universidade Federal de São Carlos (UFSCar),
 Programa de Pós-graduação em Conservação
 da Fauna, São Carlos, SP, Brasil.

RESUMO Este capítulo aborda as espécies de mamíferos com ocorrência ou uso das áreas do campus da UFSCar Araras como rota de deslocamento, além de comentar sobre os principais métodos de registros desses animais no período de 2009 a 2022.

Palavras-chave: Mastofauna; mamíferos silvestres; animais silvestres.

ABSTRACT This chapter deals with the species of mammals that occur or use the areas of the UFSCar- Araras campus as a route, and comments on the main methods of recording these animals between the period 2009 to 2022.

Keywords: Mammalian fauna; wild mammals; wild animals.



Este é um capítulo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença [Creative Commons Attribution](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

1. INTRODUÇÃO

Mastofauna é o termo utilizado pela ciência para se referir ao grupo dos mamíferos, originado da junção da palavra grega *masto* (mama) e a palavra em latim *fauna* (animais), portanto, seu significado se refere aos animais que possuem mamas, mais comumente conhecidos como mamíferos. Além da presença das mamas, outra característica evidente desse grupo é a presença de pelos espalhados pelo corpo (POUGH; JANIS; HEISER, 2008).

Os mamíferos surgiram no período Mesozóico, há pouco mais de 200 milhões de anos, quando os continentes do mundo estavam reunidos numa massa de terra única e de grande extensão conhecida, como Pangeia (POUGH; JANIS; HEISER, 2008). Pouco tempo depois, esse supercontinente começou o seu processo de fragmentação, o que resultou na separação e no isolamento de muitos grupos de mamíferos, contribuindo para sua evolução e diversificação. Mas foi no período Cenozoico, há aproximadamente 65,5 milhões de anos, que houve uma grande irradiação desse grupo pelos continentes, período que ficou então conhecido como “período dos mamíferos”. Houve, portanto, grande diversificação desses animais, que passaram a ocupar vários nichos ecológicos e a desempenhar importantes papéis nos ecossistemas em que habitavam (ROCHA; SEKIAMA 2006; POUGH; JANIS; HEISER, 2008).

Atualmente, muitos mamíferos estão desaparecendo afetados diretamente por ações humanas, o que vem causando consequências ambientais graves, uma vez que esses animais são importantes prestadores de serviços ecossistêmicos, como, por exemplo, a dispersão de sementes, a polinização de muitas espécies de plantas, o controle de pragas agrícolas. Além disso, atuam como predadores de topo de cadeia controlando populações de herbívoros generalistas, além de serem indicadores ambientais, dentre outras funções (JANZEN 1970; VAN DER PIJL 1972; SAZIMA; FABIÁN; SAZIMA, 1982; HOWE; SCHUPP; WESTLEY, 1985; TERBORGH et al., 2001; JORDANO et al., 2006; REIS et al., 2006; NICHOLS et al., 2009; GALETTI et al., 2022).

São reconhecidas mais de 6.400 espécies de mamíferos no mundo todo (BURGIN et al., 2018), sendo que o Brasil, com sua grande diversidade de biomas, é o país com o maior número de espécies, com cerca de 770 (ABREU et al., 2021). Porém, destas, 102 espécies constam na última lista nacional dos animais ameaçados de extinção, conforme a Portaria MMA nº 148, de 07 de junho de 2022 (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2022). Em relação ao estado de São Paulo, onde ocorrem os biomas da Mata Atlântica e do Cerrado, dois importantes *hotspots* da biodiversidade (MYERS et al., 2000), são reconhecidas 255 espécies nativas, que representam um terço do total dos mamíferos brasileiros (GALETTI et al., 2022). Destas, 38 se encontram na lista estadual de espécies ameaçadas (SÃO PAULO, 2009).

Esses dados representam um grande risco de extinção para esses animais em breve, caso medidas conservacionistas não forem implantadas.

Embora sejamos um país com grande riqueza de espécies de mamíferos (PAGLIA et al., 2012; ABREU et al., 2021), a maioria das pessoas pouco conhece nossas espécies, pois cerca de 80% desse grupo compreendem os morcegos, roedores e marsupiais, animais que possuem massa corpórea inferior a 1kg quando adultos (CHIARELLO, 2000). Somando-se a isso, muitos mamíferos possuem baixa densidade populacional, hábitos crípticos e são principalmente noturnos (ROCHA; SEKIAMA 2006; PERACCHI; ROCHA; REIS, 2002; PARDINI et al., 2004), fatos que os tornam “invisíveis” ao observador não especialista.

Mas, então, como os pesquisadores estudam esses animais em seus ambientes naturais? Os cientistas se utilizam de alguns métodos clássicos, tais como “a observação indireta”, a qual se baseia em analisar vestígios deixados pelos animais como pegadas, tocas, fezes e pelos, além de vocalizações e odores que esses animais produzem quando marcam seus territórios. Outro método é por meio da “observação direta”, que consiste em visualizar os animais na natureza, sendo muito utilizado em estudos de comportamentos e censos populacionais. Paralelamente, métodos complementares também são importantes e envolvem desde a captura por meio de diferentes tipos de armadilhas, sem que ocorra qualquer risco aos animais ou aos pesquisadores, até mesmo a captura da imagem do animal por meio de armadilhas fotográficas. (ROCHA; SEKIAMA 2006; CULLEN JUNIOR; RUDRAN.; VALLADARES-PADUA, 2006). Mais recentemente, novas tecnologias de registros das espécies de mamíferos em seus habitats naturais começam a ganhar espaço, como, por exemplo, o uso de drones (MELO, 2021; HACK et al., 2022), que possibilitam realizar monitoramentos dos animais por uma perspectiva totalmente diferente do usual devido as câmeras acopladas na aeronave e obter dados antes inimagináveis com segurança e rapidez.

2. OS MAMÍFEROS DO CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS – UFSCAR

Desde 2009, o Laboratório de Fauna (LabFau) vem realizando pesquisas com mamíferos na área do campus, resultando em diversas publicações (LOPES et al., 2021; GONÇALVES et al., 2020; NAGY-REIS et al., 2020; DIAS et al., 2020; LUZ et al., 2019; BARBOSA et al., 2018; ROCHA et al., 2017, 2018; PACHECO et al., 2017). Nesse mesmo ano, deu-se início ao inventário das espécies de mamíferos que ocorrem no campus ou que utilizam suas áreas como corredor de ligação com outras áreas verdes próximas. Esse inventário é contínuo e se utiliza de várias metodologias, tais como a observação direta e indireta dos

animais, além do uso de vários tipos de armadilhas, como as fotográficas, Sherman, Tomahawk, *pitfall* e redes de neblina, todas colocadas em pontos estratégicos. Dessa forma, novas espécies sempre são acrescentadas à lista do campus. Até o momento, já foram registradas oito ordens, 18 famílias

(Figura 1) e 48 espécies de mamíferos, sendo que 23 são de morcegos, sete de pequenos roedores e marsupiais e 18 de médios e grandes mamíferos. Algumas delas se encontram sob algum grau de ameaça de extinção em nível nacional ou estadual (Quadro 1).



Didelphidae: Cuíca-graciosa (*Gracilinanus agilis*)



Dasypodidae: Tatu-cavalo (*Cabassous tatouay*)



Myrmecophagidae: Tamanduá-mirim (*Tamandua tetradactyla*)



Dasyproctidae: Cutia (*Dasyprocta azarae*)



Caviidae: Capivara (*Hydrochoerus hydrochaeris*)



Erethizontidae: Ouriço (*Coendou spinosus*)

FIGURA 1- Espécies representantes de cada Família de mamífero registrada no campus da UFSCar-Araras.
Fotos: Vlamiir J. Rocha.



Myocastoridae: Ratão-do-banho
(*Myocastor coypus*)



Cricetidae: Rato-do-mato (*Necomys lasiurus*)



Leporidae: Tapiti (*Sylvilagus brasiliensis*)



Phyllostomidae: Morcego-listrado (*Platyrrhinus lineatus*)



Noctilionidae: Morcego-pescador (*Noctylio* sp.)



Molossidae: Morcego-de-cauda-grossa
(*Molossus molossus*)

FIGURA 1- Continuação...



Vespertilionidae: Morcego-orelhudo (*Histiotus velatus*)



Felidae: Onça-parda (*Puma concolor*)



Canidae: Lobo-guará (*Chrysocyon brachyurus*)



Mustelidae: Lontra (*Lontra longicaudis*)



Procyonidae: Quati (*Nasua nasua*)



Cervidae: Veado-catingueiro (*Subulo gouazoubira*)

FIGURA 1- Continuação...

QUADRO 1 - Lista das espécies de mamíferos registradas no campus da UFSCar, Araras no período de 2009 a 2022

Ordem	Família	Espécie	Nome popular	
Didelphimorfia	Didelphidae	<i>Didelphis albiventris</i> Lund, 1840	Gamba-de-orelha-branca	
		<i>Gracilinanus agilis</i> (Burmeister, 1854)	Cuíca-graciosa	
		<i>Monodelphis americana</i> (Müller, 1776)	Cuíca-listrada	
Cingulata	Dasypodidae	<i>Cabassous tatouay</i> (Desmarest, 1804)	Tatu-de-rabo-mole	
		<i>Dasypus novemcinctus</i> Linnaeus, 1758	Tatu-galinha	
Pilosa	Myrmecophagidae	<i>Tamandua tetradactyla</i> (Linnaeus, 1758)	Tamanduá-mirim	
Rodentia	Dasyproctidae	<i>Dasyprocta azarae</i> Lichtenstein, 1823	Cutia	
	Caviidae	<i>Hydrochoerus hydrochaeris</i> (Linnaeus, 1766)	Capivara	
		<i>Cavia fulgida</i> Wagler, 1831	Preá	
	Erethizontidae	<i>Coendou spinosus</i> (Cuvier, 1823)	Ouriço	
	Myocastoridae	<i>Myocastor coypus</i> (Molina, 1782)	Ratão-do-banhado	
	Cricetidae	<i>Oligoryzomys nigripes</i> (Olfers, 1818)	Rato-do-mato-pequeno	
		<i>Necomys lasiurus</i> (Lund, 1840)	Rato-do-mato	
		<i>Rhipidomys mastacalis</i> (Lund, 1840)	Rato-da-árvore	
Lagomorpha	Leporidae	<i>Sylvilagus brasiliensis</i> (Linnaeus, 1758)	Tapiti	
		<i>Lepus europaeus</i> Pallas, 1778 *	Lebre	
Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Micronycteris megalotis</i> (Gray, 1842)	Morcego	
		<i>Desmodus rotundus</i> (É. Geoffroy, 1810)	Morcego-vampiro	
		<i>Phyllostomus hastatus</i> (Pallas, 1767)	Morcego	
		<i>Phyllostomus discolor</i> Wagner, 1843	Morcego	
		<i>Glossophaga soricina</i> (Pallas, 1766)	Morcego-beija-flor	
		<i>Anoura caudifer</i> (E. Geoffroy, 1818)	Morcego-beija-flor	
		<i>Carollia perspicillata</i> (Linnaeus, 1758)	Morcego	
		<i>Artibeus lituratus</i> (Olfers, 1818)	Morcego-listrado-das-frutas	
		<i>Artibeus fimbriatus</i> Gray, 1838	Morcego-grande-das-frutas	
		<i>Platyrrhinus lineatus</i> (É. Geoffroy, 1810)	Morcego	
		<i>Sturnira lilium</i> (É. Geoffroy, 1810)	Morcego	
		<i>Vampyressa pusilla</i> (Wagner, 1843)	Morcego	
		Noctilionidae	<i>Noctilio</i> sp. Linnaeus, 1766	Morcego-pescador
			<i>Molossops neglectus</i> Williams & Genoways 1980	Morcego
	Molossidae		<i>Molossus molossus</i> (Pallas, 1766)	Morcego
		<i>Tadarida brasiliensis</i> (I. Geoffroy, 1824)	Morcego-do-forro	
	Vespertilionidae	<i>Eptesicus diminutus</i> Osgood, 1915	Morcego	
		<i>Histiotus velatus</i> (I. Geoffroy, 1824)	Morcego	
		<i>Lasiurus blossevillii</i> (Lesson & Garnot, 1826)	Morcego	
		<i>Lasiurus ega</i> (Gervais, 1856)	Morcego	
		<i>Myotis nigricans</i> (Schinz, 1821)	Morcego	
		<i>Myotis albescens</i> (É. Geoffroy, 1806)	Morcego	
		<i>Myotis riparius</i> Handley, 1960	Morcego	
	Carnivora	Felidae	<i>Leopardus guttulus</i> (Hensel, 1872) **	Gato-do-mato
			<i>Leopardus pardalis</i> (Linnaeus, 1758)**	Jaguatirica
			<i>Puma concolor</i> (Linnaeus, 1771) **	Onça-parda
		Canidae	<i>Cerdocyon thous</i> (Linnaeus, 1766)	Cachorro-do-mato
<i>Crysocyon brachyurus</i> (Illiger, 1815) **			Lobo-guará	
Mustelidae		<i>Galictis cuja</i> (Molina, 1782)	Furão	
		<i>Lontra longicaudis</i> (Olfers, 1818)	Lontra	
Procyonidae	<i>Nasua nasua</i> (Linnaeus, 1766)	Quati		
Artiodactyla	Cervidae	<i>Subulo gouazoubira</i> (G. Fischer, 1814)	Veado-catingueiro	

*Espécie introduzida na fauna brasileira **Espécie ameaçada de extinção em nível estadual ou nacional.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, E. F. et al. Lista de Mamíferos do Brasil (2021-2). **Zenodo**, Genève, Switzerland. 2021. Data set. <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.5802047>.
- BARBOSA, G. P. et al. Bat assemblage in agricultural landscapes: comparison between native forest fragment and alley cropping system. **Revista Ciência, Tecnologia & Ambiente**, Araras, v. 7, n. 1, p. 53-61, 2018. <http://dx.doi.org/10.4322/2359-6643.07107>.
- BURGIN, C. J. et al. How many species of mammals are there? **Journal of Mammalogy**, Lawrence, v. 99, n. 1, p. 1-14, 2018. <http://dx.doi.org/10.1093/jmammal/gyx147>.
- CHIARELLO, A. G. Density and population size of mammals in remnants of Brazilian Atlantic Forest. **Conservation Biology**, Cambridge, v. 14, n. 6, p. 1649-1657, 2000. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1523-1739.2000.99071.x>. PMID:35701950.
- CULLEN JUNIOR, L.; RUDRAN, R.; VALLADARES-PADUA, C. (Orgs.). **Métodos de estudos em biologia da conservação e manejo da vida silvestre**. 2ª ed. rev. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2006. 652 p.
- DIAS, T. C. et al. Habitat selection in natural and human-modified landscapes by capybaras (*Hydrochoerus hydrochaeris*), an important host for *Amblyomma sculptum* ticks. **PLoS One**, San Francisco, v. 15, n. 8, p. e0229277, 2020. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0229277>. PMID:32817698.
- GALETTI, M. et al. Mammals in São Paulo State: diversity, distribution, ecology, and conservation. **Biota Neotropica** v. 22, p. e20221363, 2022. Número especial. <https://doi.org/10.1590/1676-0611-BN-2022-1363>.
- GONÇALVES, D. D. et al. Leptospirosis in free-living capybaras (*Hydrochaeris hydrochaeris*) from a university campus in the city of Araras in São Paulo, Brazil. **Semina, Ciências Agrárias**, Londrina, v. 41, n. 1, p. 159-166, 2020. <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2020v41n1p159>.
- HACK, R. O. E. et al. Discovery of new populations of Southern Muriquís (*Brachyteles arachnoides*) in Paraná, Brazil, and Implications for the Species' conservation. **Primate Conservation**, USA, v. 36, p. 1-7, 2022.
- HOWE, H. F.; SCHUPP, E. W.; WESTLEY, L. C. Early consequences of seed dispersal for a Neotropical tree (*Virola surinamensis*). **Ecology**, Hoboken, v. 66, n. 3, p. 781-791, 1985. <http://dx.doi.org/10.2307/1940539>.
- JANZEN, D. H. Herbivores and the number of tree species in tropical forests. **American Naturalist**, Notre Dame, v. 104, n. 940, p. 501-529, 1970. <http://dx.doi.org/10.1086/282687>.
- JORDANO, P. et al. Ligando Frugivoria e Dispersão de sementes à biologia da conservação. In: ROCHA, C. F. D. et al. (Eds.). **Biologia da conservação: essências**. São Carlos: RiMa, 2006. p. 411-436.
- LOPES, B. et al. Human-modified landscapes alter home range and movement patterns of capybaras. **Journal of Mammalogy**, Lawrence, v. 102, n. 1, p. 319-332, 2021. <http://dx.doi.org/10.1093/jmammal/gyaa144>.
- LUZ, H. R. et al. Epidemiology of capybara-associated Brazilian spotted fever. **PLoS Neglected Tropical Diseases**, San Francisco, v. 13, n. 9, p. e0007734, 2019. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pntd.0007734>. PMID:31490924.
- MELO, F. R. Drones for conservation: new techniques to monitor muriquis. **Oryx**, Oxford, v. 55, n. 2, p. 169-172, 2021.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE/GABINETE DO MINISTRO. Portaria MMA nº 148, de 7 de Junho de 2022. Edição:108 Seção:1 Páginas:74. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-mma-n-148-de-7-de-junho-de-2022-406272733>. Acesso em 15/03/2023.
- MYERS, N. et al. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, London, v. 403, n. 6772, p. 853-858, 2000. <http://dx.doi.org/10.1038/35002501>. PMID:10706275.
- NAGY-REIS, M. et al. Neotropical Carnivores: a data set on carnivore distribution in the Neotropics. **Ecology**, London, v. 101, n. 11, p.1-5, 2020.
- NICHOLS, E. et al. Co-declining mammals and dung beetles: an impending ecological cascade. **Oikos**, Lund, v. 118, n. 4, p. 481-487, 2009
- PACHECO, F. C. et al. Antibodies anti-Rickettsia rickettsii in capybaras (*Hydrochoerus hydrochaeris* Linnaeus, 1766) from an agricultural landscape in Araras, São Paulo, Brazil. **Semina, Ciências Agrárias**, Londrina, v. 38, p. 2543-2550, 2017.
- PAGLIA, A. P. et al. **Lista anotada dos mamíferos do Brasil**. 2ª ed. Arlington: Conservation International, 2012. 82 p. (Occasional Papers, 6).
- PARDINI, R. et al. Levantamento rápido de mamíferos terrestres de médio e grande porte. In: CULLEN JUNIOR, L., RUDRAN, R.; VALLADARES-PADUA, C. V. (Ed.). **Métodos de estudo em biologia da conservação e manejo da vida silvestre**. Curitiba: Editora UFPR, 2004. p. 181-201.
- PERACCHI, A. L.; ROCHA, V. J.; REIS, N. R. Mamíferos não-voadores da Bacia do Rio Tibagi. In: MEDRI, M. E. et al. (Ed.). **A Bacia do Rio Tibagi**. Londrina: UEL, 2002. p. 225-249.
- POUGH, F. H.; JANIS, C. M.; HEISER, J. B. **A vida dos vertebrados**. 4a ed. São Paulo: Atheneu, 2008. 699 p.
- REIS, N. R. et al. **Mamíferos do Brasil**. Londrina: Technical Books, 2006. 437 p.
- ROCHA, V. J. et al. Capivaras (*Hydrochoerus hydrochaeris*) e a presença do carrapato (*Amblyomma sculptum*) no campus da UFSCar-Araras, São Paulo. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 18, p. 1-15, 2017. <http://dx.doi.org/10.1590/1089-6891v18e-44671>.
- ROCHA, V. J. et al. Riqueza e diversidade de quirópteros (Chiroptera; Mammalia) em Áreas de Preservação Permanente do campus da UFSCar-Araras (SP). **Revista Ciência, Tecnologia & Ambiente**, Araras, v. 8, n. 1, p. 21-29, 2018. <http://dx.doi.org/10.4322/2359-6643.08103>.
- ROCHA, V. J.; SEKIAMA, M. L. Mamíferos do Parque Estadual Mata dos Godoy. In: TOREZAN, J. M. D. (Org.). **Ecologia do Parque Estadual Mata dos Godoy**. Londrina: ITEDES, 2006. 169 p.
- SÃO PAULO. Governo do Estado. Secretaria do Meio Ambiente. Fundação Parque Zoológico de São Paulo. **Fauna ameaçada de**

- extinção no estado de São Paulo.** São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente, 2009. 648 p.
- SAZIMA, M.; FABIÁN, M. E.; SAZIMA, I. Polinização de *Luehea speciosa* (Tiliaceae) por *Glossophaga soricina* (Chiroptera, Phyllostomidae). **Revista Brasileira de Biologia**, Rio de Janeiro, v. 42, n. 3, p. 505-513, 1982.
- TERBORGH, J. et al. Ecological meltdown in predator-free forest fragments. **Science**, New York, v. 294, n. 5548, p. 1923-1926, 2001. <http://dx.doi.org/10.1126/science.1064397>. PMID:11729317.
- VAN DER PIJL, L. **Principles of dispersal in higher plants.** 2nd ed. Berlin: Springer Verlag, 1972. 162 p. <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-96108-3>.

As atividades de Ensino, Pesquisa e Extensão do GEPEG – Grupo de Estudos e Pesquisa em Entomologia Geral

*The activities of Teaching, Research and Extension
of GEPEG - Group of Studies and Research in General
Entomology*

Ricardo Toshio Fujihara¹ 

¹Universidade Federal de São Carlos (UFSCar),
Centro de Ciências Agrárias (CCA), Araras,
SP, Brasil. rtfujihara@ufscar.br

RESUMO Neste capítulo, é descrito um breve relato sobre o histórico e a infraestrutura do GEPEG - Grupo de Estudos e Pesquisa em Entomologia Geral, coordenado pelo Prof. Dr. Ricardo Toshio Fujihara, bem como suas contribuições no âmbito da UFSCar. Nesses quase 10 anos de existência, colaboraram com o GEPEG mais de 40 estudantes de graduação e pós-graduação, que desenvolveram e têm desenvolvido diferentes atividades de ensino, pesquisa e extensão. O GEPEG, como Grupo no CCA, encontra-se em fase de amadurecimento e estabilização, mas é certo que ainda tem um longo caminho pela frente, de novas conquistas e realizações. Vida longa ao GEPEG!

Palavras-chave: Entomologia; Centro de Ciências Agrárias; campus Araras; Universidade Federal de São Carlos.

ABSTRACT This chapter describes a brief report on the history and infrastructure of GEPEG - Group of Studies and Research in General Entomology, coordinated by Prof. Doctor Ricardo Toshio Fujihara, as well as his contributions within the scope of UFSCar. In these almost ten years of existence, more than 40 undergraduate and graduate students have collaborated with GEPEG, who have developed and have been developing different teaching, research, and extension activities. GEPEG, as a Group in the CCA, is in the process of maturing and stabilization, but it is certain that it still has a long way to go with new conquests and accomplishments. Long live GEPEG!

Keywords: Entomology; Center for Agricultural Sciences; campus Araras; Federal University of São Carlos.



Este é um capítulo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença [Creative Commons Attribution](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

1. INTRODUÇÃO

Criação do GEPEG

O Prof. Dr. Ricardo Toshio Fujihara é docente do Departamento de Ciências da Natureza, Matemática e Educação (DCNME-Ar) do Centro de Ciências Agrárias (CCA) da UFSCar, campus Araras. A proposta de criação do seu Grupo de Estudos e Pesquisa em Entomologia Geral (GEPEG) foi apresentada e aprovada na 49ª Reunião Ordinária do Conselho do CCA em 29 de agosto de 2014. Os objetivos iniciais do GEPEG, quando de sua criação, são ilustrados na Figura 1.

O logo do GEPEG foi criado ainda em 2014 e é representado pela palavra GEPEG, que é um palíndromo, ou seja, que pode ser lida no seu sentido normal, da esquerda para a direita, bem como no sentido contrário, da direita para a esquerda. Ainda, três insetos são ilustrados junto à palavra GEPEG, uma operária de formiga-cortadeira, uma lagarta-medede-palmo e uma vespa parasitoide, que representam a definição de “Entomologia Geral” (Figura 2).

Infraestrutura do GEPEG

O primeiro espaço físico do GEPEG, que constituiu o primeiro laboratório, foi concedido pela Profa. Dra. Kayna

ATA DA 49ª REUNIÃO ORDINÁRIA DO CONSELHO DE CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

DATA: 29 de agosto de 2014.

Assunto 3.7 – Apreciação da proposta de criação do Grupo de Estudos e Pesquisa em Entomologia Geral – GEPEG, apresentada pelo Prof. Dr. Ricardo Fujihara/DCNME. (OF.CCA.DCNME nº 57/2014). O referido Grupo será coordenado pelo Prof. Ricardo Fujihara e terá como objetivos: discutir, interna e externamente, assuntos atuais sobre Entomologia; propiciar aos alunos dos cursos de graduação do CCA contato prático e rotineiro com atividades relacionadas à Entomologia; e desenvolver projetos de pesquisa e extensão em Entomologia Geral e Aplicada, com participação conjunta de alunos e demais professores. Aprovado por unanimidade.

FIGURA 1 - Trecho da Ata da 49ª Reunião Ordinária do Conselho do CCA, no qual foi aprovada a criação do GEPEG. Fonte: Site CCA-UFSCar (Centro de Ciências Agrárias - UFSCar, 2023).



FIGURA 2 - Logo do GEPEG - Grupo de Estudos e Pesquisa em Entomologia Geral. Fonte: Autor.

Agostini, estando lotado na “Casa 3” do Departamento de Desenvolvimento Rural (DDR-Ar), pois na época o prédio de pesquisa destinado ao GEPEG ainda estava em fase de construção (Figura 3).

Em 2016, por iniciativa do então diretor do CCA, Prof. Dr. Jozivaldo Prudêncio Gomes de Moraes, foi criado o Núcleo de Pesquisas do CCA (NUPECA), uma edificação de aproximadamente 150 metros constituída por contêineres e que originou cinco laboratórios de pesquisa (Figura 4).

Entre eles, os Laboratórios 3 e 4 foram compartilhados por quatro pesquisadores e denominados, respectivamente, “Laboratório de Biologia Animal” e “Laboratório de Biologia Vegetal”. A cessão aconteceu em 17 de março de 2016, sendo as instalações do GEPEG transferidas para esses espaços físicos (Figura 4).

Em novembro de 2020, durante a pandemia de COVID-19, foi enfim entregue a obra dos prédios CT-INFRA II e III, construção que perdurou por mais de 10 anos.



FIGURA 3 - Primeiro espaço físico do GEPEG, localizado no Departamento de Desenvolvimento Rural (DDR-Ar) do CCA da UFSCar. Fonte: Autor.



FIGURA 4 - Segundo espaço físico do GEPEG, localizado no Núcleo de Pesquisas do CCA (NUPECA). Fonte: Autor.

No prédio CT-INFRA III, encontra-se o espaço físico definitivo do GEPEG, denominado “Laboratório 1” (Figura 5).



FIGURA 5 - “Laboratório 1” do GEPEG, localizado no prédio CT-INFRA III.
Fonte: Autor.

No ano de 2022, o GEPEG foi agraciado com uma grata surpresa. Recebeu, por meio de doação, substancial material permanente de pesquisa, como capela de fluxo laminar, balanças, estufa, incubadoras BOD, equipamentos óticos, mobiliários etc., oriundos de processos FAPESP de colegas pesquisadores. Dessa forma, considerando que os Laboratórios 3 e 4 do NUPECA estavam ociosos, foi solicitado à “Comissão de Espaço Físico do CCA” a cessão deles, o que possibilitou a alocação do material permanente e a ampliação da estrutura física do GEPEG para mais dois laboratórios (Figura 6).

Além disso, o GEPEG conta com uma estufa agrícola para a realização de ensaios de semicampo, adquirida em parceria com o Prof. Dr. Rodrigo Neves Marques, do Departamento de Biotecnologia e Produção Vegetal e Animal (DBPVA-Ar).

Coordenação do GEPEG

O coordenador-geral do GEPEG é o Prof. Dr. Ricardo Toshio Fujihara (Quadro 1). Anualmente, um estudante do Grupo é nomeado coordenador e tem o papel de gerir e organizar o Grupo e as atividades por ele desenvolvidas. O coordenador pode ser indicado pelos demais integrantes ou se voluntariar.

Os estudantes são admitidos por processo seletivo ou voluntariamente, em número e período indeterminado. São aceitos estudantes de graduação regularmente matriculados em qualquer curso do CCA, independentemente do perfil, como também estudantes de outras instituições de ensino. Os estudantes de pós-graduação orientados pelo Prof. Ricardo são automaticamente admitidos no Grupo.



FIGURA 6 - “Laboratórios 3 e 4” do GEPEG, localizados no Núcleo de Pesquisas do CCA (NUPECA).
Fonte: Autor.

QUADRO 1 - Dados gerais sobre a formação e atuação profissional do Prof. Dr. Ricardo Toshio Fujihara.

	Prof. Dr. Ricardo Toshio Fujihara
	Currículo Lattes: http://lattes.cnpq.br/1863735094370774
	LinkedIn: https://www.linkedin.com/in/ricardo-toshio-fujihara-53116721
	ResearchGate: https://www.researchgate.net/profile/Ricardo-Fujihara-3
Formação	Graduação em Ciências Biológicas (2004) pela Universidade Estadual de Maringá (UEM). Mestrado (2008) e Doutorado (2012) em Ciências Biológicas (Zoologia) pela UNESP, campus Botucatu.
Tempo de atuação	Ingressou em 2013 no CCA, campus Araras.
Disciplinas ministradas*	Graduação: Zoologia, Entomologia, Geologia e Paleontologia, Zoologia de Invertebrados II, Monografia em Ciências Biológicas I e II, Trabalho de Conclusão de Curso em Agroecologia, Trabalho Final de Graduação, Estágios Supervisionados em Agroecologia, Biotecnologia e Engenharia Agrônômica. Pós-graduação: Artrópodes como Bioindicadores, Agricultura, Ambiente e Sociedade.
Atuação Institucional	2014-2015: Coordenador do curso de Engenharia Agrônômica. 2015-2019: Vice-diretor do CCA. 11/2019 – Atual: Diretor do CCA. Docente permanente do Programa de Pós-Graduação em Agricultura e Ambiente (PPGAA). Membro da Sociedade Entomológica do Brasil (SEB). Membro da Seção Regional Neotropical (SRNT) da Organização Internacional para o Controle Biológico (IOBC). Membro de conselhos e comissões institucionais diversas.
Área de pesquisa	Entomologia Agrícola.
Linhas de pesquisa	Bioecologia e manejo de insetos-praga. Caracterização da entomofauna em ecossistemas e agroecossistemas. Mirmecologia.

*De acordo com Sistema Integrado de Gestão Acadêmica - UFSCar (2023) e Sistema de Apoio à Gestão Universitária Integrada - UFSCar (2023).

Atividades desenvolvidas no GEPEG

No GEPEG, são desenvolvidas atividades teóricas e práticas. As atividades teóricas visam propiciar a capacitação e o desenvolvimento do estudante no âmbito teórico-prático da Entomologia, mas também a leitura e interpretação de textos, culminando na elaboração de projetos de pesquisa e extensão, bem como na escrita de publicações em suas diferentes formas, desde resumos simples até artigos científicos.

As atividades práticas são realizadas em laboratório e no campo, tendo como objetivo o aprimoramento do estudante nas rotinas de pesquisa. Vão desde a manutenção geral do laboratório e da criação de insetos até a realização de experimentos (ensaios) oriundos de projetos de iniciação científica e de pós-graduação.

Além disso, são realizadas, periodicamente, visitas técnicas a instituições de ensino e pesquisa, empresas e feiras tecnológicas, permitindo aos estudantes conhecer a logística, os protocolos e os avanços científico-tecnológicos além do CCA. Os estudantes têm a oportunidade de participar de eventos científicos nacionais e internacionais para apre-

sentar os trabalhos oriundos de seus projetos de pesquisa, como também enriquecer sua formação cultural e sua experiência de vida.

Os integrantes do GEPEG também organizam oficinas e minicursos sobre Entomologia e áreas afins, que são ministrados dentro e fora do CCA pelo Grupo ou pesquisadores convidados, visando atender a comunidade geral, além de simpósios com cunho técnico-científico, trazendo palestrantes de outras universidades, instituições de pesquisa e empresas. A realização dessas atividades tem como meta promover o papel estudantil, a troca de conhecimento por meio da vivência de profissionais já formados, bem como preparar o estudante para ser um profissional crítico e consciente de seu papel social.

O GEPEG em números

A seguir (Quadro 2), são apresentados os principais indicadores do GEPEG desde a sua criação até 2022. Neste caso, não foi considerada a produção do Prof. Ricardo antes

QUADRO 2 - Principais indicadores do GEPEG no período de 2014 a 2022.

Indicador	2014 - 2022
Número de estudantes (graduação e pós-graduação)	40
Atividades de extensão**	11
Projetos de iniciação científica concluídos ou em andamento	20
Dissertações de mestrado concluídas ou em andamento	10
Artigos publicados em periódicos	15
Livros publicados	02
Resumos expandidos e simples	56
Organização de eventos	05

**De acordo com ProExWeb (2023).

do seu ingresso no CCA ou oriunda de atividades paralelas desenvolvidas sem a participação de integrantes do Grupo.

2. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Atualmente, o GEPEG conta com 14 integrantes que conduzem diferentes atividades e possibilitam uma ampla e boa formação, que vai desde o autoconhecimento, o espírito de liderança, o desenvolvimento e o respeito interpessoal, o trabalho em grupo até a geração de conhecimento para a sociedade.

A vivência da Entomologia também tem sido propiciada para estudantes de outras instituições de ensino, inclusive do exterior. Além de atividades de pesquisa e extensão, os integrantes do GEPEG têm desenvolvido atividades de ensino para ambas as comunidades, acadêmica e geral.

Maiores informações podem ser obtidas nos perfis do GEPEG no Instagram ([gepeg_ufscar](#)) e no Facebook ([gepegcaufscar](#)).

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todas as pessoas que contribuíram com o GEPEG e que foram e têm sido fundamentais para o seu crescimento e desenvolvimento. Agradeço também à CAPES, CNPq, FAPESP, ProEX, Diretoria do CCA e parceiros do setor privado pelas bolsas e recursos financeiros concedidos. Vida longa ao GEPEG!

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Centro de Ciências Agrárias - UFSCar - CCA-UFSCAR. Disponível em: <<https://www.cca.ufscar.br/>>. Acesso em: 20 jun. 2023.
- ProExWeb. Disponível em: <<https://www.proexweb.ufscar.br/>>. Acesso em: 20 jun. 2023.
- Sistema Integrado de Gestão Acadêmica - UFSCar - SIGA-UFSCAR. Disponível em: <<https://sistemas.ufscar.br/siga/>>. Acesso em: 20 jun. 2023.
- Sistema de Apoio à Gestão Universitária Integrada - UFSCar - SAGUI-UFSCAR. Disponível em: <<https://sistemas.ufscar.br/sagui>>. Acesso em: 20 jun. 2023.

