

Fitotoxicidade em águas residuárias domésticas utilizando sementes como bioindicadores

Phytotoxicity in domestic wastewater using seeds as bioindicators

- **Data de entrada:**
15/12/2017
- **Data de aprovação:**
23/01/2018

Miguel David Fuentes Guevara*/Antônio Guimarães de Mello/Érico Kunde Corrêa/Hugo Alexandre Soares Guedes/
Luciara Bilhalva Corrêa/Mateus Torres Nazari

DOI: 10.4322/dae.2019.014

Resumo

Este estudo objetivou verificar a toxicidade de águas residuárias domésticas em diferentes etapas do tratamento por meio de ensaios de fitotoxicidade, utilizando sementes de alface e pepino como bioindicadores. Para isso, avaliaram-se as etapas de uma estação de tratamento de esgoto doméstico mediante amostragens nos pontos: Afluente (esgoto bruto), Efluente do Reator UASB e Efluente (esgoto tratado). As amostras foram submetidas a análises químicas e os bioindicadores ao ensaio de fitotoxicidade. As águas residuárias domésticas nas três etapas de tratamento da estação se caracterizaram como não fitotóxicas para os bioindicadores testados ($p < 0,05$), embora se tenha observado uma diminuição significativa do índice de germinação no efluente tratado para sementes de alface, enquanto que no efluente do reator UASB para sementes de pepino. Foi possível concluir que os efluentes domésticos gerados durante as etapas de tratamento podem ser dispostos no ambiente por não apresentarem riscos potencialmente toxicológicos.

Palavras-chave: Efluentes. Índice de Germinação. Fitotoxicidade.

Abstract

*This research aimed to verify the domestic wastewater toxicity in different treatment stages through phytotoxicity tests with lettuce (*Lactuca sativa* L.) and cucumber (*Cucumis sativus* L.) seeds. Therefore, the stages of a domestic sewage treatment plant were assessed according to the sampling points: the affluent (raw sewage), the UASB Reactor effluent and the effluent (treated sewage). The samples were submitted to chemical analysis, and the bioindicators, to the phytotoxicity test. The domestic wastewater in the three stages of treatment of the plant were characterized as non-phytotoxic to the bioindicators analysed ($p < 0,05$); however, there was a significant decrease of Germination Index in the effluent treated for lettuce seeds and in the UASB Reactor effluent treated for cucumber seeds. It was possible to conclude that the domestic effluents generated during the treatment stages can be disposed in the environment because they do not present potentially toxicological risks.*

Keywords: Effluent. Germination Index. Phytotoxicity.

Miguel David Fuentes Guevara – Engenheiro Ambiental e Sanitarista pela Universidad Popular del Cesar (Valledupar, Colômbia). Mestre em Ciência pela Universidade Federal de Pelotas - UFPel. Doutorando no Programa de Pós-Graduação em Manejo e Conservação do Solo e da Água na UFPel.

Antônio Guimarães de Mello – Engenheiro Civil pela UFPel.

Érico Kunde Corrêa – Engenheiro Agrônomo. Mestre em Zootecnia e Doutor em Biotecnologia pela UFPel. Professor Adjunto da Engenharia Ambiental e Sanitária na UFPel.

Hugo Alexandre Soares Guedes – Engenheiro Civil pela Universidade Federal de Juiz de Fora. Mestre e Doutor em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa. Professor Adjunto da Engenharia Civil na UFPel.

Luciara Bilhalva Corrêa – Bacharel em Ciências Domésticas pela UFPel. Mestra e Doutora em Educação Ambiental pela Universidade Federal de Rio Grande. Professora Adjunta da Engenharia Ambiental e Sanitária na UFPel.

Mateus Torres Nazari – Engenheiro Ambiental e Sanitarista pela Universidade Federal de Pelotas. Mestrando no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental da Universidade de Passo Fundo.

***Endereço para correspondência:** CEng/UFPel - Centro de Engenharias - Rua Benjamin Constant, 990 - Simões Lopes, Pelotas - RS, CEP: 96010-020. Telefone: (53) 98148-9700. E-mail: miguelufuge@hotmail.com.

1 INTRODUÇÃO

Para determinar a ecotoxicidade e/ou os efeitos dos poluentes no ambiente, a toxicologia usa distintos bioensaios, que servem para avaliação da qualidade de águas e da carga poluidora de efluentes. Esses ensaios mostram-se necessários, uma vez que as análises físico-químicas, comumente utilizadas e estabelecidas pelas legislações ambientais, não são capazes de diferenciar entre as substâncias que podem afetar os sistemas biológicos das que se encontram inertes no ambiente (COSTA et al., 2008).

Embora sejam encontradas limitações para realizar alguns ensaios ecotoxicológicos, existem diferentes métodos que podem auxiliar a determinar se um efluente ou algum despejo de água contaminada no ambiente representa um potencial de risco tóxico à fauna, à flora e até mesmo ao ser humano (PÉREZ et al., 2012). Os bioensaios são utilizados como técnicas para a detecção dos efeitos ocasionados pelos compostos tóxicos mediante procedimentos que quantificam as respostas biológicas e os riscos (FOTI et al., 2005; GONZÁLEZ et al., 2003; ORTEGA et al., 2000), sendo capazes de identificar o efeito das substâncias tóxicas nos organismos (bioindicadores) por meio das alterações fenotípicas.

Dentre esses bioensaios, a técnica de fitotoxicidade com sementes de alface (*Lactuca sativa*) e pepino (*Cucumis sativus*) se destaca, haja vista que apresenta inúmeras vantagens, tais como ser de fácil implementação, rápida, confiável, econômica, além de não requerer a utilização de grandes equipamentos (CHARLES et al., 2011). As sementes de alface e pepino são utilizadas como os principais bioindicadores em diversos estudos para avaliar os riscos potenciais no ambiente, visto que se encontram entre as espécies de plantas mais usadas e recomendadas pela US Environmental Protection Agency na detecção de efeitos ecotoxicológicos (EPA U.S., 1996).

A fitotoxicidade vem sendo empregada na avaliação de compostos biossólidos, efluentes industriais, efluentes de biorreatores anaeróbicos e qualidade de águas de origens distintas, analisando-se o efeito desses sobre o crescimento radicular de diferentes espécies de plantas na etapa inicial do desenvolvimento vegetal (CHARLES et al., 2011; FOTI et al., 2005; MENDES et al., 2016; TIQUIA & TAM, 1998; YOUNG et al., 2012; ZUCCONI et al., 1981). Nessas análises, a redução do índice de germinação (IG) das sementes é a resposta biológica negativa esperada para determinar o efeito fitotóxico ocasionado por diferentes agentes nos bioensaios de germinação.

Uma alternativa potencial para realizar o monitoramento das águas residuais é a análise da sua toxicidade por meio dos ensaios de fitotoxicidade, pois apresentam inúmeras causas como vantagem, enquanto que a não identificação das causas específicas da toxicidade é considerada uma desvantagem do método (TIQUIA, 2010). Sendo assim, mostra-se necessário também determinar os principais parâmetros físico-químicos dos efluentes, visando uma abordagem integrada dos impactos ambientais que poderiam causar, caso sejam despejados no corpo hídrico (WANG & FREEMARK, 1995; YOUNG et al., 2012), ou destinados no solo.

A utilização do ensaio de fitotoxicidade para determinar os riscos e efeitos ocasionados pelos efluentes domésticos no ambiente são escassos, sendo de interesse o uso e aplicação de bioindicadores para a avaliação dos seus riscos potenciais. Diante disso, o objetivo deste estudo foi avaliar a toxicidade de águas residuárias domésticas nas diferentes etapas de uma estação de tratamento de esgoto, por meio de ensaios de fitotoxicidade utilizando sementes de alface (*Lactuca sativa* L.) e pepino (*Cucumis sativus* L.) como bioindicadores.

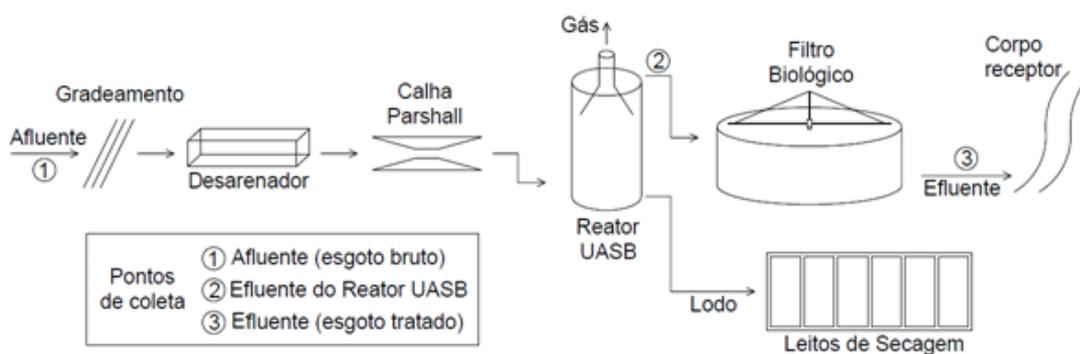
2 MATERIAL E MÉTODOS

A estação de tratamento de esgoto (ETE) utilizada como objeto de estudo se constituía por estruturas de tratamento preliminar (gradeamento, desarenador e calha Parshall), secundário (reator UASB + Filtro Biológico Percolador Aeróbio - FBPA) e leitos de secagem de lodos (Figura 1). O efluente tratado na ETE é despejado em um corpo hídrico receptor, o qual tem sua foz na La-

guna dos Patos, a qual é utilizada para recreação e pesca.

As amostras foram coletadas durante cinco meses em três pontos da ETE (Figura 1). Os pontos de coletas designados foram o afluente da estação, proveniente da rede coletora da cidade (esgoto bruto); o efluente após passar pelo reator UASB; e o efluente de saída do filtro biológico percolador aeróbio (esgoto tratado).

Figura 1 - Fluxograma dos processos da ETE e pontos de amostragem.



Foi programada uma amostragem composta nos distintos pontos de coleta para um total de quatro amostragens por mês. As amostras foram coletadas nos dias e turnos previamente determinados e, logo em seguida, embalados e mantidos a 4°C, para a realização das análises químicas. As análises foram realizadas na Agência de Desenvolvimento da Lagoa Mirim (ALM), da Universidade Federal de Pelotas (UFPel). Os parâmetros quantitativos verificados foram: Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Sólidos Suspensos Totais (SST) e potencial Hidrogeniônico (pH), seguindo a metodologia descrita pela APHA (2012). Todas as amostras foram avaliadas em duplicata, totalizando 40 amostras por parâmetro.

Além das análises químicas, foram realizadas análises de fitotoxicidade segundo metodologia estabelecida por Gerber et al. (2017) e Mendes et al. (2016), com adaptações; onde foram utilizadas

sementes de duas espécies como bioindicadores, recomendadas pelas diretrizes de ensaios de efeitos ecológicos (EPA U.S., 2012), sendo elas alface (*Lactuca sativa L.*) e pepino (*Cucumis sativus L.*). As sementes foram adquiridas comercialmente de um mesmo fornecedor, cada uma pertencente ao mesmo lote para todas as repetições. Dez sementes de cada espécie foram distribuídas em placas de Petri de 9 mm de diâmetro com papel filtro, nas quais foram colocadas uma alíquota de 5 mL de solução (efluente avaliado), fazendo-se repetições para cada tratamento. Também foram determinados os controles (branco) em triplicata para cada espécie bioindicadora, com a aplicação de 5 mL de água destilada na placa contendo as respectivas sementes. Na sequência, as placas foram fechadas com papel Parafilm para evitar a perda de umidade e, por fim, levadas à incubadora (BOD) a 25 °C, na ausência de luz, durante 48 horas.

No total, foram realizados vinte ensaios de fitotoxicidade para cada ponto de coleta amostrado, referentes aos 5 meses de avaliação, fazendo-se três repetições por análise, totalizando, assim, 600 sementes para cada espécie bioindicadora. Após 48 horas, as placas de Petri foram retiradas da BOD e, então, realizou-se a contagem das sementes germinadas, sendo medidos os comprimentos de suas radículas por meio da utilização de um paquímetro digital com precisão de 0,1 mm. Para a medição, consideraram-se sementes germinadas aquelas que obtiveram comprimento de raiz superior a 1 mm.

Para avaliação da fitotoxicidade foram determinados os parâmetros indicadores: germinação-relativa das sementes (Equação 1), alongamento relativo das raízes (Equação 2), e o índice de germinação (Equação 3), conforme metodologia de Gerber et al. (2017). No estudo, os valores dos parâmetros indicadores superiores a 80% foram considerados como não fitotóxicos (GERBER et al., 2017; MENDES et al., 2016).

$$GR (\%) = (NSC / NSB) * 100 \quad (1)$$

Em que:

GR (%): Germinação relativa;

NSC: Número de sementes germinadas no extrato do composto; e

NSB: Número de sementes germinadas no grupo controle.

$$AR (\%) = \left(\frac{\sum ARC}{\sum ARB} \right) * 100 \quad (2)$$

Em que:

AR (%): Alongamento relativo da radícula;

ARC: Alongamento das radículas no composto (mm); e

ARB: Alongamento das radículas no grupo controle (mm).

$$IG (\%) = (GR * AR) / 100 \quad (3)$$

Em que:

IG (%): Índice de Germinação;

GR (%): Germinação relativa; e

AR (%): Alongamento relativo da radícula.

Em seguida, os dados foram analisados estatisticamente mediante a montagem de um delineamento experimental inteiramente casualizado, com o objetivo de observar os efeitos da água residual doméstica nos três pontos de coleta da estação de tratamento sobre os parâmetros indicadores. Para isso, estabeleceram-se como fatores tratamento os diferentes pontos de coleta, enquanto que as variáveis respostas foram os parâmetros: DBO, SST, pH, AR, GR e IG. Primeiramente, verificou-se a distribuição normal dos resíduos das variáveis pelo teste Shapiro-Wilk e a verificação de dados atípicos mediante a análise de resíduos studentizados (AGUIAR & SILVA, 2011). Após, foi aplicada a técnica de análise de variância (ANOVA), onde se verificou a diferença significativa pelo teste F e, em seguida, empregou-se o teste Duncan ($p < 0,05$) para comparação das médias.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Análises químicas

Observa-se na Tabela 1 altas concentrações de DBO nos pontos referentes ao afluente bruto e ao reator UASB, com valores de 1289,40 e 176,16 mg.L⁻¹, respectivamente. No esgoto bruto, a concentração de DBO esteve muito distante do valor médio característico do esgoto doméstico de 527 mg.L⁻¹, segundo reportado por Von Sperling (2005).

Tabela 1 - Concentrações médias e erro padrão da média (SE) dos parâmetros químicos

Tratamento	DBO	SST	pH
	(mg.L ⁻¹)		
Bruto	1289,40±50,31 ^a	12,93±1,82 ^b	6,86±0,03 ^b
UASB	176,16±29,72 ^b	9,11±1,67 ^b	6,88±0,04 ^b
Tratado	98,92±13,91 ^b	18,61±1,74 ^a	7,42±0,04 ^a

^{a,b} médias ± SE com índices distintos diferem pelo teste de Duncan (p<0,05).

O valor médio de DBO no efluente após o tratamento do reator UASB (176,16 mg.L⁻¹) encontra-se distante das concentrações médias (67-129 mg.L⁻¹) referidas por Oliveira e Von Sperling (2006), sendo que as concentrações de DBO achadas pelos autores são inferiores aos resultados encontrados no presente estudo, em que a DBO variou de 27,93 a 410 mg.L⁻¹, indicando remoções de carga orgânica inferiores às projetadas para o dimensionamento do reator. Por outro lado, um possível fator contribuinte é a falta de manutenção e limpeza nas calhas de coleta do efluente do reator UASB, o que pode resultar no carreamento de partículas que se encontram acumuladas, repercutindo na eficiência de remoção no reator UASB.

A concentração média de DBO do efluente após passar pelo FBPA (tratado) também ficou acima do usual, com 98,92 mg.L⁻¹. Os valores usuais de DBO pós-reator UASB devem ficar entre 13 e 63 mg.L⁻¹ (OLIVEIRA & VON SPERLING, 2006) e inferiores aos 80 mg.L⁻¹, de acordo com a legislação (RIO GRANDE DO SUL, 2006), o que evidencia a baixa eficiência de remoção de DBO pelo FBPA.

Os valores médios de SST, em todos os pontos de monitoramento, mostraram-se muito inferiores aos avaliados em diversas ETEs (ABOU-ELELA et al., 2015; CHERNICHARO & NASCIMENTO, 2001) e dentro das faixas recomendadas de SST em muitos países para ser utilizado em fertirrigação (BECERRA-CASTRO et al., 2015), cumprindo, também, os valores estabelecidos pela legislação brasileira, sendo inferiores a 80 mg.L⁻¹ (RIO GRANDE DO SUL, 2006). De acordo com Horochoski et

al. (2011), os valores inferiores de SST podem ser justificados em função do sistema de coleta de esgoto não ser separador absoluto, o que permite a infiltração de águas pluviais no sistema coletor de esgoto, ocasionando sua diluição.

O fato da concentração média de SST no efluente tratado (18,61 mg.L⁻¹) ter resultado em um valor maior que a concentração de SST no efluente do reator UASB (9,11 mg.L⁻¹) (processo que antecede o FBPA) pode estar relacionado à operação do distribuidor rotativo do FBPA, que faz a aplicação do efluente sobre o meio filtrante ser irregular. Atualmente, a estrutura encontra-se inativa devido a falhas no motor funcional para a sua movimentação, aumentando, assim, a taxa de aplicação superficial sobre uma única faixa da superfície do meio de suporte.

Após passar pelo reator UASB e o FBPA, o pH apresentou-se neutro e levemente alcalino, respectivamente, sendo seu aumento significativo no efluente devido à produção de carbonatos no processo de digestão anaeróbia da matéria orgânica que ocorre no reator UASB, o que indica que o reator converte de forma eficiente a matéria orgânica para ácidos voláteis e carbonatos, os quais podem ser transferidos por meio do FBP (CERVANTES-ZEPEDA et al., 2011). De forma geral, durante todo o processo de tratamento da estação, o pH manteve-se dentro dos padrões recomendados (BECERRA-CASTRO et al., 2015; RIO GRANDE DO SUL, 2006).

3.2 Análises de fitotoxicidade

De forma geral, os resultados obtidos para todos os indicadores de fitotoxicidade, tanto para as sementes de alface (Tabela 2) como para as de pepino (Tabela 3), mantiveram-se acima do 80%, indicando que os efluentes domésticos analisados não possuem efeitos fitotóxicos em nenhuma das etapas de tratamento da estação (GERBER et al., 2017; MENDES et al., 2016). É importante salien-

tar que os resultados de indicadores de fitotoxicidade, utilizando como bioindicadores sementes de alface e pepino, apresentaram coeficientes de variação (CV) menores do que 30%, resultados similares ao estudo realizado por Camarillo-Ravelo et al. (2015).

Tabela 2 - Fitotoxicidade de efluentes domésticos para sementes de alface (n = 600 sementes/tratamento)

Tratamento	Alongamento das Raízes (%)	Germinação de Sementes (%)	Índice de Germinação (%)
Bruto	104,51±4,03 ^a	100,74±1,41 ^a	104,75±5,28 ^a
UASB	106,23±4,06 ^a	98,51±1,66 ^a	102,34±5,12 ^{ab}
Tratado	99,27±5,73 ^a	93,32±2,12 ^b	87,83±6,28 ^b

^{a,b} médias ± SE com índices distintos diferem pelo teste de Duncan (p<0,05).

Tabela 3 - Fitotoxicidade de efluentes domésticos para sementes de pepino (n= 600 sementes/tratamento)

Tratamento	Alongamento das Raízes (%)	Germinação de Sementes (%)	Índice de Germinação (%)
Bruto	100,30±3,26 ^a	99,54±2,92 ^a	98,56±4,60 ^{ab}
UASB	89,35±3,30 ^b	97,67±3,31 ^a	86,90±3,79 ^b
Tratado	97,80±3,13 ^{ab}	100,03±3,19 ^a	101,57±4,35 ^a

^{a,b} médias ± SE com índices distintos diferem pelo teste de Duncan (p<0,05).

É possível observar na Tabela 2 que o índice de germinação (IG) e a germinação de sementes (GR) para as sementes de alface diminuíram significativamente (p<0,05) ao entrar em contato com o efluente tratado. Entretanto, não houve diferença significativa (p<0,05) ao entrar em contato com o efluente bruto e o UASB, sendo considerado como efluente não fitotóxico. Apesar da remoção dos parâmetros químicos na estação (Tabela 1), durante as etapas de tratamento biológico podem se formar, permanecer e serem transferidos à água residual tratada metabólitos tóxicos, capazes de influenciar os valores de IG e GR encontrados no presente estudo (SÁNCHEZ et al., 2007). Garcia-González et al. (2005) também confirmaram que, ao serem liberadas durante o tratamento, essas substâncias afetam os indicadores de fitotoxicidade. Além disso, o aumento

do pH no efluente tratado pode ter influenciado o GR e o IG de sementes de alface, o qual se relaciona com a moderada salinidade do meio, que pode afetar a dormência e, conseqüentemente, atrasar a germinação das sementes, mas não são prejudiciais (BARBERA et al., 2014).

A diminuição do IG somente para a semente de alface no efluente tratado (Tabela 2) em relação à de pepino (Tabela 3) pode-se atribuir à capacidade de resposta particular dos diferentes embriões das sementes de alface (BOHÓRQUEZ-E-CHEVERRY & CAMPOS-PINILLA, 2007). No caso específico de sementes de pepino, o aumento do IG para 101,5%, observado no efluente tratado (Tabela 3), indica que o efluente possui potencial para estimular o crescimento das sementes de pepino em 1,5% a mais em relação ao grupo controle (água destilada).

As diminuições nos indicadores IG e AR (p<0,05) no efluente do reator UASB para sementes de pepino (Tabela 3), com tendência à fitotoxicidade, podem estar relacionadas à concentração de carga orgânica expressa pela concentração da DBO no reator (Tabela 1) (BOHÓRQUEZ-E-CHEVERRY & CAMPOS-PINILLA, 2007), onde a inibição dos indicadores se dá pela presença de possíveis componentes químicos, elementos e metais pesados de caráter tóxicos encobertos pela matéria orgânica ou junto com os sólidos suspensos presentes no reator UASB, que provavelmente não são removidas completamente devido às falhas de operação e manutenção da estação (CHARLES et al., 2011; CAMARILLO-RAVELO et al., 2015). Sánchez et al. (2007) reportam que, em alguns casos, a toxicidade depois do tratamento aumentava, ao passo que diminuía os valores de DBO, ao invés de decrescer a fitotoxicidade. Reyes (2015) verificou uma diminuição dos valores de IG no bioindicador *Lactuca sativa* ao analisar amostras provenientes de águas de rio, principalmente nos pontos onde havia baixas concentrações de matéria orgânica.

4 CONCLUSÕES

As águas residuárias domésticas nas diferentes etapas da estação de tratamento não apresentaram risco para as sementes de alface e pepino, uma vez que os parâmetros indicadores (alongamento das raízes, germinação das sementes e índice de germinação) permaneceram acima do 80%, o que classifica as águas residuárias como não fitotóxicas.

As análises químicas nas águas residuárias são necessárias para analisar o efeito de certas substâncias sobre os bioindicadores que ocasionam a fitotoxicidade e os riscos ambientais que essas apresentam.

O ensaio de fitotoxicidade é uma metodologia de fácil execução para a avaliação das águas residuais domésticas, para que possam ser despejadas no solo ou nos recursos hídricos sem causar impactos negativos.

5 REFERÊNCIAS

- ABOU-ELELA, S.I.; FAWZY, M.E.; EL-GENDY, A. S. Potential of using biological aerated filter as a post treatment for municipal wastewater. **Ecological Engineering**, v. 84, p. 53-57, 2015.
- AGUIAR, D. C.; SILVA, E. L. Análise de resíduos através de uma técnica de dependência: regressão múltipla. **Revista Brasileira de Informações Científicas**, v. 2, n. 4, p. 28-41, 2011.
- APHA. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for the examination the water and wastewater**. APHA, AWWA, WEF. 22nd ed. Washington DC, USA. 2012.
- BARBERA, A. C. et al. Effects of olive mill wastewater physico-chemical treatments on polyphenol abatement and Italian ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.) germinability. **Water Research**, v. 52, n. 1, p. 275-281, 2014.
- BECERRA-CASTRO, C. et al. Wastewater reuse in irrigation: a microbiological perspective on implications in soil fertility and human and environmental health. **Environmental International**, v. 75, p. 117-135, 2015.
- BOHÓRQUEZ-ECHEVERRY, P.; CAMPOS-PINILLA, C. Assessment of *Lactuca sativa* and *Selenastrum capricornutum* like Indicators of Water Toxicity. **Universitas Scientiarum**, v. 12, p. 83-98, 2007.
- CAMARILLO-RAVELO, D.; BARJAS-ACEVES, M.; RODRÍGUEZ-VÁZQUEZ, R. Evaluación de la fitotoxicidad de jales mineros en cuatro especies empleadas como bioindicadoras de metales pesados. **Revista Internacional Contaminación Ambiental**, v. 31, n. 2, p. 133-143, 2015.
- CERVANTES-ZEPEDA, A. I.; CRUZ-COLÍN, M. R.; AGUILAR-CORONA, R. Caracterización físico-química y microbiológica del agua tratada en un reactor UASB escala piloto. **Revista Mexicana de Ingeniería Química**, v. 10, n. 1, p. 67-77, 2011.
- CHARLES, J. et al. Evaluation of the phytotoxicity of polycontaminated industrial effluents using the lettuce plant (*Lactuca sativa*) as a bioindicator. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 74, p. 2057-2064, 2011.
- CHERNICHARO C. A. L.; NASCIMENTO M. C. P. Feasibility of a pilot scale UASB/trickling filter system for domestic sewage treatment. **Water Science and Technology**, v. 44, n. 4, p. 221-228, 2001.
- COSTA, C. R. et al. A toxicidade em ambientes aquáticos: discussão e métodos de avaliação. **Química Nova**, v. 31, n. 7, p. 1820-1830, 2008.
- EPA U. S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Ecological effects test guidelines (OPPTS 850.4200)**: Seed germination/root elongation toxicity test. 1996.
- EPA U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Ecological Effects Test Guidelines (OCSPP 850.4100)**: Seedling Emergence and Seedling Growth. Washington, D.C. (EPA 712-C-012, January). 2012.
- FOTI, N. M.; BILLARD, C.; LALLANA, V. H. Bioensayos de germinación con semillas de rucula y lechuga para monitoreo de calidad de agua. **Revista Científica Agropecuaria**, v. 9, n. 1, p. 47-53, 2005.
- GARCÍA-GONZALEZ, V., SÁNCHEZ-MEZA, J. C., PACHECO-SALAZAR, V. F., GONZALEZ, C. D., PAVÓN-SILVA, T. B., GERRERO-GONZALEZ, P. G. (2005). **Respuestas de Toxicidad de Bioensayos Empleados en la Industria**. Disponível em: <http://www.uaemex.mx/Red_Ambientales/docs/memorias/Extenso/TA/EO/TAO-57.pdf>. Acesso em: 08 nov. 2017.
- GERBER, M. D. et al. Phytotoxicity of effluents from swine slaughterhouses using lettuce and cucumber seeds as bioindicators. **Science of the Total Environment**, v. 592, p. 86-90, 2017.
- GONZÁLEZ, A. M.; PRESA, M. F.; LURÁ, M. C. Ensayo de Toxicidad a *Artemia salina*: puesta a punto y aplicación a micotoxinas. **Revista FABICIB**, v. 7, p. 117-122, 2003.
- HOROCHOSKI, L.; WIECHETECK, G. K.; VAZ, M. S. M. G. Evaluation of the coefficient of return of sewage in the watershed of the gertrudes stream – Ponta Grossa (PR). **Revista de Engenharia e Tecnologia**, v. 3, p. 59-68, 2011.
- MENDES, P. M. et al. Phytotoxicity as an indicator of stability of broiler production residues. **Journal of Environmental Management**, v. 167, p. 156-159, 2016.

OLIVEIRA, S. M. A. C.; VON SPERLING, M. Análise de desempenho e confiabilidade de estações de tratamento de esgoto. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 12, n. 4, p. 389-398, 2006.

ORTEGA, M. C. et al. Propuesta de Bioensayos para detectar factores fitotóxicos en sustratos y enmiendas. **Actas de Horticultura**, v. 32, p. 363-376, 2000.

PÉREZ, G. Y. et al. Aplicación de un bioensayo ecotoxicológico en la evaluación de una mezcla compleja ambiental. **Higiene y Salud Ambiental**, v. 12, n. 1, p. 839-845, 2012.

PRIAC, A.; BADOT, P.; CRINI, G. Treated wastewater phytotoxicity assessment using *Lactuca sativa*: Focus on germination and root elongation test parameters. **Comptes Rendus Biologies**, v. 340, p. 188-194, 2017.

REYES, R. A. Estudio Diagnóstico de la Ecotoxicidad de Afluentes del Río Guadalquivir, en el área comprendida entre Las Tipas y El Angosto de San Luis, Provincia Cercado – Tarija. **Acta Nova**, v. 7, n. 1, p. 28-46, 2015.

RIO GRANDE DO SUL. Secretaria do Meio Ambiente. Conselho Estadual do Meio Ambiente. **Resolução nº 128/2006**. Dispõe sobre a fixação de Padrões de Emissão de Efluentes Líquidos para fontes de emissão que lancem seus efluentes em águas superficiais no Estado do Rio Grande do Sul. 2006.

SÁNCHEZ, J.; PACHECO, V. F.; PAVÓN, T. B. Toxicity assessment of a complex industrial wastewater using aquatic and terrestrial bioassays *Daphnia pulex* and *Lactuca sativa*. **Journal of Environmental Science and Health**, v. 42 n. 10, p. 1425-1431, 2007.

TIQUIA, S. M.; TAM, N. F. Y. Elimination of phytotoxicity during co-composting of spent pig-manure sawdust litter and pig sludge. **Bioresource Technology**, v. 65, p. 43-49, 1998.

TIQUIA, S. M. Reduction of compost phytotoxicity during the process of decomposition. **Chemosphere**, v. 79, p. 506-512, 2010

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3.ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG, 243p. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias, 1), 2005.

WANG, W.; FREEMARK, K. The use of plants for environmental monitoring and assessment. **Ecotoxicology Environmental Safety**, v. 30, p. 289-301, 1995.

YOUNG, B. J. et al. Toxicity of the effluent from an anaerobic bio-reactor treating cereal residues on *Lactuca sativa*. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 76, p. 182-186, 2012.

ZUCCONI, F. et al. Evaluating toxicity of immature compost. **Bio-Cycle**, v. 22, p. 54-57, 1981.