

ARTIGO ORIGINAL

Jacson Rondinelli da Silva Negreiros^{1*}
Daniela Popim Miqueloni¹

¹Embrapa Acre, Rod. BR-364, Km 14,
69900-056, Rio Branco, AC, Brasil

Autor Correspondente:

*E-mail: jacson.negreiros@embrapa.br

PALAVRAS-CHAVE

Extração
Material verde e seco
Óleo essencial

KEYWORDS

Extraction
Fresh and dried material
Essential oil

Teor de dilapiol em função do tipo de biomassa aérea em populações de *Piper aduncum*

*Dillapiole content according to the type of aerial biomass in populations of *Piper aduncum**

RESUMO: A *Piper aduncum* tem apresentado grande interesse comercial em função do teor de dilapiol, presente no óleo essencial extraído da parte aérea; por isto, a espécie tem sido estudada e submetida a seleções de material para melhoramento genético. Em função da ampla distribuição geográfica e da capacidade adaptativa, apresenta grande variabilidade na produção, inclusive na biomassa verde e seca. O objetivo deste estudo foi avaliar o rendimento de óleo e o teor de dilapiol em biomassa aérea, verde e seca, em populações de *P. aduncum*. Os dados de rendimento e teor de dilapiol foram submetidos à análise de variância, com comparação de médias e correlação linear. Posteriormente, a análise discriminante foi aplicada para a verificação dos grupos populacionais. Os resultados mostraram que o rendimento do óleo essencial foi maior para biomassa seca e o teor de dilapiol não variou em função da biomassa aérea para as populações 207, 208 e 209, que apresentaram potencial para seleção para o programa de melhoramento genético da espécie, visando à extração de óleo essencial em biomassa verde.

ABSTRACT: *Piper aduncum* holds great commercial interest due to the content of dillapiole present in the essential oil extracted from its aerial biomass; on this account, this species has been studied and subjected to material selection for breeding. It presents great variability in production because of its wide geographical distribution and adaptive capacity. The yield of essential oil and contents of dillapiole in fresh and dried biomass were evaluated in populations of *P. aduncum*. These data were subjected to analysis of variance, with comparison of means and linear correlation. After that, discriminant analysis was applied in order to verify the population groups. The results showed that the yield of essential oil was higher for the dried biomass and dillapiole contents did not vary according to the biomass for populations 207, 208 and 209, which showed selection potential for the breeding program of the species for essential oil extraction in fresh biomass.

1 Introdução

O dilapiol, um metabólito secundário classificado como fenilpropanoide, possui uso medicinal em diversos países (SMITH; KASSIM, 1979; CICCIO; BALLESTERO, 1997; RALI et al., 2007). Além disso, diferentes pesquisas têm mostrado sua eficácia no controle de pragas agrícolas, apresentando atividade moluscicida, antimicrobiana, plasmodicida, fungicida, larvicida e inseticida (CELIS et al., 2008) e se projetando como um composto economicamente vantajoso para a indústria como sinérgico em formulações agroquímicas (FAZOLIN et al., 2007).

O gênero *Piper* é o principal fornecedor deste composto, sendo a espécie *Piper aduncum* uma das mais utilizadas para este fim (FAZOLIN et al., 2007; ANDRADE; GUIMARÃES; MAIA, 2009). Esta apresenta distribuição generalizada pelas Américas Central e do Sul, além de sua introdução na Oceania, na África e na Ásia (SMITH; KASSIM, 1979; RALI et al., 2007). A *P. aduncum* possui comportamento de espécie pioneira, podendo ser cultivada nas mais diversas áreas.

Em vista desta adaptabilidade, a espécie apresenta grande variabilidade, com rendimento e teores de dilapiol variando conforme a região, condicionados a diversos fatores (GAIA et al., 2010). Além disso, a influência de fatores genéticos interferindo na existência de possíveis quimiotipos de *P. aduncum* foi observada em estudos anteriores, que concluíram que a variabilidade entre as populações estudadas da espécie na Região Amazônica possui padrões de diversidade genética que acompanham os padrões de distribuição geográfica (GOTTLEB et al., 1981).

Dessa forma, diversas investigações na Região Amazônica foram conduzidas com o intuito de identificar as características da espécie de interesse para o programa de melhoramento genético, que tem, como principais fatores para o sucesso, a identificação, a seleção e o intercruzamento de genótipos superiores (GAIA et al., 2011). No entanto, ainda não foi definido um sistema de cultivo e produção próprio para *P. aduncum*, sendo utilizado o sistema da *P. hispidinervum*, o qual recomenda o corte da biomassa aérea uma vez ao ano, de fevereiro a abril, e um período de secagem de 4 a 6 dias para posterior destilação (BERGO et al., 2002). Tal período corresponde ao inverno amazônico, temporada de intensas chuvas, o que facilita o rebrote das plantas. Entretanto, esse período prejudica a secagem da biomassa, uma vez que condiciona o acúmulo de fungos e a degradação do material, exigindo trabalho intenso de revolvimento durante a etapa da secagem e maior consumo de mão de obra. Com isso, a caracterização e a posterior seleção de indivíduos que apresentem bom desempenho agrônomo para rendimento de óleo e teor de dilapiol, visando à redução e/ou à eliminação do período de secagem, é de fundamental importância para otimização e redução de custos do sistema de produção da espécie.

O objetivo foi analisar o rendimento de óleo e o teor de dilapiol na biomassa aérea verde e seca em populações de *Piper aduncum*, visando à seleção de indivíduos de melhor desempenho em biomassa verde para o programa de melhoramento genético da espécie.

2 Material e Métodos

O experimento foi realizado no Laboratório de Óleos Essenciais da Embrapa Acre em Rio Branco-AC, a partir de biomassa verde e seca de cada indivíduo de seis populações de *Piper aduncum*, coletadas no Banco Ativo de Germoplasma (BAG) da Embrapa Acre no ano de 2009. As populações foram instaladas no BAG do campo experimental da Embrapa Acre, em Rio Branco-AC. O município está localizado a 9° 58' 22" S e 67° 48' 40" W (datum WGS 84), a 160 m de altitude. O clima da região é classificado como AWI (quente e úmido), conforme a classificação de Köppen, com temperatura máxima anual de 31 °C, mínima de 21 °C, precipitação anual de 1.940 mm e umidade relativa de 80%. O solo da área do experimento foi classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico abrupto, de textura francoarenosa/argila (EMBRAPA, 2006), com as seguintes características químicas na profundidade de 0,0 - 0,2 m: pH(H₂O) = 4,5; K = 0,1 cmol_c kg⁻¹; Ca = 1,0 cmol_c kg⁻¹; Mg = 0,3 cmol_c kg⁻¹; Al = 1,4 cmol_c kg⁻¹; matéria orgânica = 14,0 g kg⁻¹; CTC = 1,8 cmol_c kg⁻¹; V = 26%; m = 22%, e P = 4,0 mg kg⁻¹, além das seguintes características físicas: areia = 610 g kg⁻¹; silte = 310 g kg⁻¹ e argila = 80 g kg⁻¹. O plantio foi conduzido sem irrigação, no espaçamento 2 × 2 m, com os tratos culturais recomendados para a cultura da pimenta longa (BERGO et al., 2002) e as adubações feitas com base na análise de solo, com aplicação de 2 g de P₂O₅, 7 g de N e 12 g de K₂O, em cobertura, por planta, uma vez ao ano no mês de janeiro.

Para cada indivíduo selecionado aleatoriamente dentro da parcela, foram coletadas duas amostras da biomassa aérea contendo folhas e ramos finos. Uma delas, correspondente à biomassa verde, após a coleta, foi levada imediatamente ao laboratório para análise, com umidade média de 70%. Paralelamente, a outra amostra foi levada para o secador solar, no qual permaneceu secando por um período de 4 a 6 dias, com revolvimento diário, até atingir umidade média de 10% (BERGO et al., 2002). As características avaliadas para cada tipo de biomassa foram teor de dilapiol, rendimento de óleo e umidade da biomassa.

Para determinação do teor de dilapiol, o óleo essencial foi extraído pelo método de coação ou de recirculação de água condensada (HEATH, 1977). Para a extração, utilizaram-se 90 g de biomassa verde e 35 g de biomassa seca, para cada indivíduo das seis populações. Essas amostras, após pesadas, foram misturadas a 450 mL de água destilada e submetidas à temperatura de ebulição da água (100 °C) em manta aquecedora por 60 min para biomassa seca e 180 min para biomassa verde. No final desse período, a fração mais densa constituída de óleo foi coletada para posteriormente ser quantificada em cromatógrafo gasoso, marca HP, modelo 6890. O hélio foi utilizado como gás de arraste.

A umidade da biomassa foi determinada para realizar os cálculos de rendimento em base livre de umidade (BLU). Este teor de umidade foi baseado no princípio da imiscibilidade do solvente (tolueno) e da água contida na matéria verde e seca (FIGUEIRÊDO et al., 2004). Foram utilizados 6 g para a biomassa verde e 5 g para a biomassa seca picotada, sendo colocada cada uma em balão de fundo redondo, com capacidade para 250 mL. Pelo topo do condensador, foram

acrescentados mais 80 mL de tolueno para permitir o retorno do solvente ao balão e expostos em manta aquecedora à temperatura de aproximadamente 120 °C. Em seguida, foi realizada a leitura da quantidade de água extraída da biomassa. O cálculo da umidade se deu pela Equação 1:

$$u = \frac{va}{m} \times 100 \quad (1)$$

em que: u = umidade (%); va = volume de água (mL transformado em g); m = massa da amostra (g).

O rendimento do óleo essencial obtido em laboratório foi calculado com base na matéria verde e seca em base livre de umidade (BLU), por meio da Equação 2 (SANTOS et al., 2004):

$$To = \frac{vo}{bm - \left(\frac{bm \times u}{100} \right)} \times 100 \quad (2)$$

em que: To = rendimento de óleo essencial (%); vo = volume de óleo extraído (mL); bm = biomassa aérea vegetal (g); u = umidade presente na biomassa (%).

Esse procedimento foi aplicado na determinação da quantidade de óleo essencial em BLU com o resultado em porcentagem, correspondendo ao volume/peso do valor correto de óleo essencial contido na biomassa verde e seca. Os dados de rendimento foram considerados 100% em nível de laboratório.

As variáveis 'rendimento de óleo em base livre de umidade' (BLU) e 'teor de dilapiol' em porcentagem foram submetidas à análise de variância (Anova) e à comparação de médias pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Aplicou-se ainda o teste de correlação linear de Pearson entre as variáveis 'rendimento', 'teor de dilapiol' e 'umidade', e entre as biomassas (verde e seca) e as populações, com o intuito de determinar seu grau de dependência (FERREIRA, 2008). A análise discriminante foi utilizada como técnica de dependência para estimar a combinação linear das características dos elementos que discriminam os grupos (HAIR et al., 2005). Foi utilizado o método de inclusão progressiva passo a passo (*forward stepwise*), gerando um modelo discriminante formado por duas variáveis ortogonais de máximo poder discriminante. Todas as análises estatísticas foram processadas pelo programa Statistica 7.0 (STATSOFT, 1995).

3 Resultados e Discussão

A análise de variância apontou diferenças significativas ($p < 0,05$) apenas para os tipos de biomassa em relação ao rendimento do óleo essencial. Para teor de dilapiol, houve interação dos fatores (Tabela 1).

O tipo de biomassa afetou o rendimento de óleo essencial para as populações, com o melhor desempenho para biomassa seca. O mesmo ocorreu para *Piper hispidinervum*, com rendimento em biomassa verde de 0,2 a 1,3%, praticamente dobrando em biomassa seca (BRAGA; CREMASCO; VALLE, 2005). Isto se deve à quantidade de biomassa utilizada na extração, resultando na remoção de umidade de forma mais eficiente quando se trabalha com quantidades menores de biomassa, afetando o rendimento. Da mesma forma, para

Vernonia polyantes, constatou-se que, com o decréscimo da umidade, há um aumento no rendimento de óleo essencial, pois a perda de água permite o acondicionamento de mais biomassa no mesmo volume de extrator (CORRÊA et al., 2004).

Para o teor de dilapiol, houve interação dos fatores, mostrando que algumas populações não sofrem influência significativa do tipo de biomassa na composição do óleo essencial (Tabela 2).

Os maiores teores médios de dilapiol ocorreram para a biomassa seca em todas as populações. No entanto, para as populações 207, 208 e 209, não houve diferença significativa entre as biomassas. Os maiores teores de dilapiol em biomassa seca são atribuídos à perda dos componentes minoritários mais voláteis com a secagem da biomassa, aumentando a concentração do componente majoritário (SMITH; KASSIM, 1979). Os dados dos cromatogramas, para um tempo de retenção de 20 min, mostraram uma queda no número de picos para a biomassa destilada seca em relação à verde para todas as populações, com uma média de 26 picos para biomassa verde e 18 picos para biomassa seca. No entanto, para as populações 207, 208 e 209, esta queda foi menor em relação às demais, com 21 picos para biomassa verde e 17 picos para a biomassa seca, sugerindo que haveria menos compostos voláteis nestes indivíduos, o que traria poucas diferenças na composição do óleo essencial dos tipos de biomassa.

A correlação de Pearson a 5% mostrou-se significativa entre rendimento do óleo essencial e teor de dilapiol, com ambos inversamente relacionados à umidade (Tabela 3). As mesmas correlações significativas foram observadas por Figueirêdo et al. (2004) em relação à biomassa seca de *P. hispidinervum*, indicando que o maior teor de umidade favorece menores rendimento e teor de dilapiol. Os maiores valores de teor de dilapiol foram observados para as populações 207, 208 e 209 para ambas as biomassas (Tabela 2). O coeficiente de variação (CV%) para o teor de dilapiol é considerado ótimo (<10%), mas para o rendimento, é considerado alto (>20%), segundo Ferreira (1991).

Tabela 1. Análise de variância das características para as seis populações estudadas e médias de rendimento para populações e tipo de biomassa.

	Quadrados médios		
	GL ¹	Rendimento	Dilapiol
População	5	3,49 ^{ns}	387,820
Biomassa	1	26,27*	852,29
Pop × Biom ²	5	2,55 ^{ns}	72,62*
Repetição	9	1,35	46,36
Resíduo	91	1,50	22,66
CV% ³		27,73	5,78
Média		4,41	82,40
Média (%)			
Biomassa			
Verde		3,93 b	-
Seca		4,90 a	-

*Significativo a 5%; ^{ns}não significativo; ¹graus de liberdade; ²interação população × tipo de biomassa; ³coeficiente de variação.

Observou-se ainda que a umidade das populações 200 e 206, independentemente da biomassa, está correlacionada significativamente, mas de forma inversa, quanto ao teor de dilapiol, e as populações 209, 206 e 207, quanto ao rendimento (Tabela 4). As populações 203 e 208 não mostraram correlações significativas para nenhuma variável analisada.

Para biomassa verde (umidade em biomassa verde) das populações 200, 203 e 207, há correlação significativa para rendimento; já para as populações 206 e 208, há correlação significativa para teor de dilapiol (Tabela 5). A biomassa seca não mostrou correlações significativas diretas (positivas) para nenhuma população. A biomassa verde possui umidade média de 70%, com a presença dos componentes voláteis no óleo essencial, sendo estes volatilizados pela secagem e, em tese, aumentando o rendimento do óleo. No entanto, a maior eficiência da remoção da umidade na biomassa seca interfere no rendimento (BRAGA; CREMASCO; VALLE, 2005), o que foi observado pela análise de variância, mas não verificado na correlação.

As populações 200, 203 e 206 diferiram no teor de dilapiol em relação às biomassas verde e seca, mostrando maiores teores para o material seco (Tabela 2). O mesmo foi observado em Fiji, com grande diferença quanto à biomassa para *P. aduncum*, com teor de dilapiol de 58% para biomassa verde e 90% para biomassa seca (SMITH; KASSIM, 1979). Em Papua Nova Guiné, Rali et al. (2007) obtiveram para biomassa verde teor de dilapiol de 43,3%, o que destaca a

variabilidade da espécie com relação à composição do óleo essencial. A população 203 mostrou diferença significativa das demais com relação à biomassa seca, com o menor teor de dilapiol, indicando ser um material genético inferior aos demais segundo tal característica de interesse.

Diversos estudos apontam teores de dilapiol de 31,5 a 97,3% para Região Amazônica, com rendimentos de 0,66 a 3,4% em biomassa seca (GOTTLIEB et al., 1981; MAIA et al., 1998). Para outras regiões do País, estes valores são consideravelmente menores, com presença de outros compostos majoritários, sugerindo uma influência de fatores fisiográficos e genéticos na produção do dilapiol (NAVICKIENE et al., 2006; ANDRADE; GUIMARÃES; MAIA, 2009; POTZERNHEIM et al., 2012). Para *P. aduncum*, em diversas regiões do Nordeste brasileiro, Oliveira, Dias e Camara (2006) obtiveram para biomassa verde teores acima de 79% de e-nerolidol, com rendimentos de 1,8 a 2,5%. Diversamente, para diferentes métodos de destilação de biomassa verde, Pimentel et al. (2006) obtiveram rendimentos de 1,28% e 1,32% para a espécie no Estado de Minas Gerais.

Com o intuito de avaliar a classificação dos indivíduos por população, as amostras foram submetidas à análise discriminante. As variáveis consideradas relevantes pelo método foram 'teor de dilapiol' e 'rendimento', com a primeira raiz discriminante contendo 85,18% da discriminação entre os grupos e a segunda, 14,82%. Os indivíduos corretamente classificados, de acordo com a análise para cada população,

Tabela 2. Interação das seis populações e dos dois tipos de biomassa em função do teor de dilapiol.

Biomassa	Populações					
	200	203	206	207	208	209
Verde	74,69 Bcb*	69,23 Bc	76,30 Bb	84,94 Aa	84,58 Aa	83,99 Aa
Seca	85,36 Aa	76,19 Ab	85,42 Aa	87,86 Aa	86,20 Aa	86,37 Aa

*Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Tabela 3. Correlações de rendimento de óleo essencial, umidade e teor de dilapiol para as populações analisadas.

	Umidade	Rendimento
Rendimento	-0,492*	
Teor de dilapiol	-0,564*	0,293*

*Significativo a 5% de probabilidade.

Tabela 4. Correlações de rendimento de óleo essencial (R), teor de dilapiol (D) e umidade (U) em função de cada população analisada.

200	Umidade	Rendimento	203	Umidade	Rendimento
Rendimento	0,197		Rendimento	0,212	
Teor de dilapiol	-0,917*	-0,113	Teor de dilapiol	-0,297	-0,325
206	Umidade	Rendimento	207	Umidade	Rendimento
Rendimento	-0,861*		Rendimento	-0,874*	
Teor de dilapiol	-0,876*	0,757*	Teor de dilapiol	-0,595	0,629*
208	Umidade	Rendimento	209	Umidade	Rendimento
Rendimento	-0,361		Rendimento	-0,920*	
Teor de dilapiol	-0,414	-0,169	Teor de dilapiol	-0,346	0,236

*Significativo a 5% de probabilidade.

Tabela 5. Correlações de rendimento de óleo essencial (R), teor de dilapiol (D) e umidade (U) em função das biomassas verde (v) e seca (s) para cada população analisada.

200	vU	vR	vD	sU	sR	203	vU	vR	vD	sU	sR
vR	0,826*					vR	0,951*				
vD	-0,349	-0,629				vD	-0,202	-0,377			
sU	-0,992*	-0,763*	0,325			sU	0,459	0,331	0,552		
sR	-0,002	-0,125	0,096	0,002		sR	0,161	0,200	-0,306	0,395	
sD	-0,603	-0,592	0,263	0,617	0,686	sD	-0,200	-0,394	0,926*	0,286	-0,594
206	vU	vR	vD	sU	sR	207	vU	vR	vD	sU	sR
vR	0,411					vR	0,851*				
vD	0,778*	0,115				vD	0,282	0,695			
sU	0,403	0,043	0,483			sU	-0,581	-0,149	0,337		
sR	-0,529	0,359	-0,555	-0,018		sR	0,436	0,593	0,404	-0,207	
sD	0,080	0,339	0,313	-0,211	-0,256	sD	-0,385	-0,644	-0,685	0,064	-0,431
208	vU	vR	vD	sU	sR	209	vU	vR	vD	sU	sR
vR	0,639					vR	0,086				
vD	0,717*	-0,561				vD	0,085	-0,693			
sU	0,121	-0,043	-0,478			sU	-0,500	-0,049	-0,011		
sR	0,297	0,648	-0,256	-0,350		sR	-0,290	0,422	-0,266	0,832*	
sD	-0,589	-0,019	0,768*	-0,408	0,265	sD	-0,300	-0,804*	0,910*	0,175	-0,199

*Significativo a 5% de probabilidade.

em porcentagem e por indivíduo, podem ser observados na Tabela 6.

Os indivíduos classificados corretamente, isto é, que apresentaram comportamento típico (valores próximos da média de rendimento e teor de dilapiol para cada população), foram maiores numericamente para as populações 203, 207 e 208, indicando que tais populações apresentam comportamento distinto. Já as populações 206 e 209 foram as mais dispersas, com poucos indivíduos com comportamento característico para cada população. Grande variabilidade no rendimento e no teor de dilapiol de populações de *P. aduncum* também foi observada na Região Amazônica, o que mostra a variabilidade genética presente inclusive dentro das populações (GAIA et al., 2011). Tal fato evidencia a adaptabilidade edafoclimática da espécie, resultando em uma dispersão eficiente (GAIA et al., 2010).

Estes resultados corroboram os observados pela Anova, segundo a qual as populações 207, 208 e 209 foram as mais coesas, apresentando menores variações quanto ao teor de dilapiol em função da biomassa e se concentrando em uma área definida do gráfico de dispersão (Figura 1).

Este comportamento é oriundo da semelhança entre tais populações com relação ao teor de dilapiol e ao rendimento do óleo essencial, que estão contidos no terceiro quadrante (Tabela 7), evidenciando que a biomassa verde ou seca, para essas populações, não possui caráter discriminatório. Já as populações 200, 203 e 206 possuem grande discriminação com relação ao teor de dilapiol, indicando que o tipo de biomassa influencia na obtenção do óleo essencial, principalmente no teor. Quanto ao rendimento, as populações apresentaram comportamento pouco assimétrico, com exceção de alguns indivíduos das populações 203 e 207, com rendimentos

Tabela 6. Agrupamento correto dos indivíduos por populações de *Piper aduncum*, segundo a análise discriminante.

População	Classificação correta (%)	200	203	206	207	208	209
200	35,0	7	3	1	1	4	4
203	58,3	1	7	0	2	2	0
206	0,0	11	0	0	4	1	4
207	50,0	1	0	0	10	5	4
208	40,0	2	0	2	6	8	2
209	5,0	1	0	2	9	7	1
Total	29,5	23	10	5	32	27	15

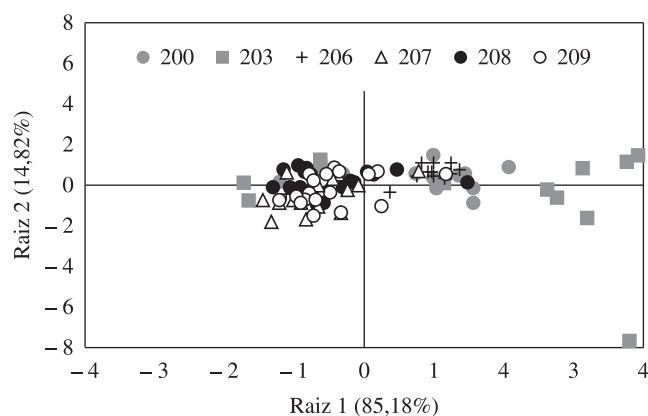
**Figura 1.** Funções discriminantes (raízes 1 e 2) das populações de *Piper aduncum*, geradas a partir das variáveis 'teor de dilapiol' e 'rendimento'.

Tabela 7. Coeficientes padronizados das variáveis presentes nas funções discriminantes.

	Raiz 1	Raiz 2
Rendimento	-0,01197	-1,00256
Dilapiol	-1,00080	-0,06061
% acumulada	0,85176	1,00000

acima da média. No entanto, para este estudo, os valores de rendimento do óleo essencial para biomassa verde, mesmo abaixo dos valores para biomassa seca, são considerados altos.

Tais resultados apontam para algumas populações que possuem potencial para extração de óleo essencial sem a necessidade do processo de secagem da biomassa, uma vez que os resultados encontrados sugerem que não há diferenças significativas que discriminem o rendimento e o teor de dilapiol em função da biomassa verde ou seca. Geneticamente, a superioridade das populações amazônicas de *P. aduncum*, especificamente do extremo oeste da Amazônia Ocidental – considerando-se os resultados observados de rendimentos superiores a 3,5% e teores de dilapiol acima de 84% para alguns genótipos e os valores já reportados por estudos anteriores (GOTTLIEB et al., 1981; MAIA et al., 1998; ANDRADE; GUIMARÃES; MAIA, 2009) – reforça a importância comercial do material genético da região. Tal fato indica a boa adaptação de alguns genótipos quanto às condições fisiográficas, além da variabilidade morfoanatômica, o que favorece a seleção para o fitomelhoramento (ANDRADE; GUIMARÃES; MAIA, 2009; GAIA et al., 2010, 2011). Além disso, a seleção de materiais geneticamente superiores que não diferem quanto às biomassas verde e seca para extração, como sugerido pelo comportamento das populações 207, 208 e 209, pode otimizar os custos de produção do óleo, eliminando etapas no processo de extração com mão de obra e tempo para secagem, o qual, em certas épocas do ano, pode ultrapassar os seis dias.

4 Conclusões

O rendimento do óleo essencial foi maior para biomassa seca; no entanto, os rendimentos em biomassa verde obtidos são considerados elevados.

O teor de dilapiol não variou em função da biomassa aérea, verde e seca, para as populações 207, 208 e 209, que apresentaram potencial para seleção para o programa de melhoramento genético da espécie, visando à extração de óleo essencial em biomassa verde.

Agradecimentos

Ao Tesouro Nacional e ao CNPq, pelo apoio financeiro.

Referências

ANDRADE, E. H. A.; GUIMARÃES, E. F.; MAIA, J. G. S. *Variabilidade química em óleos essenciais de espécies de Piper da Amazônia*. Belém: FEQ/UFGPA, 2009. 448 p.

BERGO, C. L.; SÁ, C. P.; PIMENTEL, F. A.; MENDONÇA, H. A.; SOUZA, J. A.; WADT, L. H. O.; THOMAZINI, M. J.; CAVALCANTE, M. J. B. *Cultivo da pimenta longa (Piper hispidinervum) na Amazônia Ocidental*. Rio Branco: Embrapa Acre, 2002. 29 p. (Embrapa Acre. Sistemas de Produção, n. 1).

BRAGA, N. P.; CREMASCO, M. A.; VALLE, R. C. C. R. Effects of fixed bed drying on the yield and composition of essential oil from long pepper (*Piper hispidinervum* C. DC.) leaves. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, v. 22, n. 2, p. 257-262, 2005. <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-66322005000200013>

CELIS, A.; MENDOZA, C.; PACHÓN, M.; CARDONA, J.; DELGADO, W.; CUCA, L. E. Extractos vegetales utilizados como biocontroladores con énfasis en la familia Piperaceae: Una revisión. *Agronomía Colombia*, v. 26, n. 1, p. 97-106, 2008.

CICCIÓ, J. F.; BALLESTERO, C. M. Constituyentes volátiles de las hojas y espigas de *Piper aduncum* (Piperaceae) de Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, n. 45, v. 2, p. 783-790, 1997.

CORRÊA, R. M.; BERTOLUCCI, S. K. V.; PINTO, J. E. B. P.; REIS, E. S.; ALVES, T. L. Rendimento de óleo essencial e caracterização organoléptica de folhas de assa-peixe submetidas diferentes métodos de secagem. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 28, n. 2, p. 341-346, 2004. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542004000200013>

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.

FAZOLIN, M.; ESTRELA, J. L. V.; CATANI, V.; ALÉCIO, M. R.; LIMA, M. S. Propriedade inseticida dos óleos essenciais de *Piper hispidinervum* C. DC.; *Piper aduncum* L. e *Tanecium nocturnum* (Barb. Rodr.) Bur. & K. Shum sobre *Tenebrio molitor* L., 1758. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 31, n. 1, p. 113-120, 2007. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542007000100017>

FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análise e ensino de estatística. *Symposium*, v. 6, n. 2, p. 36-41, 2008.

FERREIRA, P. V. *Estatística experimental aplicada à agronomia*. Maceió: EDUFAL, 1991. 437 p.

FIGUEIRÊDO, F. J. C.; ALVES, S. M.; SANTOS, A. S.; ROCHA NETO, O. G. *Rendimento e qualidade físico-química de óleo essencial extraído de diferentes composições da biomassa área de pimenta longa*. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2004. 31 p. (Embrapa Amazônia Oriental, Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, n. 33).

GAIA, J. M. D.; MOTA, M. G. C.; CONCEIÇÃO, C. C. C.; MAIA, J. G. S. Spiked pepper: selection of clones toward cropping on the edaphoclimatic conditions from Belém, Brasil. *Horticultura Brasileira*, v. 28, n. 4, p. 418-421, 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362010000400007>

GAIA, J. M. D.; MOTA, M. G. C.; CONCEIÇÃO, C. C. C.; MAIA, J. G. S. Morphologic characterization of spiked pepper's germplasm. *Horticultura Brasileira*, v. 29, n. 2, p. 162-167, 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362011000200005>

GOTTLIEB, O. R.; KOKETSU, M.; MAGALHÃES, M. T.; MAIA, J. G. S.; MENDES, P. H.; ROCHA, A. I.; SILVA, M. L.; WILBERG, V. C. Óleos essenciais da Amazônia VII. *Acta Amazônica*, n. 11, p. 143-148, 1981.

- HAIR, J. F.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L.; BLACK, W. C. *Análise multivariada de dados*. 5. ed. Porto Alegre: Bookman. 2005. 593 p.
- HEATH, H. B. Flavorings, condiments and relishes. In: DESROSIER, N. W. (Ed.). *Elements of Food Technology*. Wesrport: The Avipublishing Company, 1977. p. 666-701.
- MAIA, J. G. S.; ZOHMBI, M. G. B.; ANDRADE, H. H. A.; SANTOS, A. S.; SILVA, M. H. L.; LUZ, A. I. R.; BASTOS, C. N. Constituents of the essential oil of *Piper aduncum* L. growing wild in the Amazon region. *Flavour and Fragrance Journal*, n. 13, p. 269-272, 1998. [http://dx.doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-1026\(1998070\)13:4<269::AID-FFJ744>3.0.CO;2-A](http://dx.doi.org/10.1002/(SICI)1099-1026(1998070)13:4<269::AID-FFJ744>3.0.CO;2-A)
- NAVICKIENE, H. M. D.; MORANDIM, A. A.; ALÉCIO, A. C.; REGASINI, L. O.; BERGAMO, D. C. B.; TELASCREA, M.; CAVALHEIRO, A. J.; LOPES, M. N.; BOLZANI, V. S.; FURLAN, M.; MARQUES, M. O. M.; YOUNG, M. C. M.; KATO, M. J. Composition and antifungal activity of essential oils from *Piper aduncum*, *Piper arboreum* and *Piper tuberculatum*. *Química Nova*, v. 29, n. 3, p. 467-470, 2006. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-40422006000300012>
- OLIVEIRA, J. C. S.; DIAS, I. J. M.; CAMARA, C. A. G. Volatile constituents of the leaf oils of *Piper aduncum* L. from different regions of Pernambuco (northeast of Brazil). *Journal of Essential oil Research*, v. 18, n. 5, p. 557-559, 2006.
- PIMENTEL, F. A.; CARDOSO, M. G.; SALGADO, A. P. S. P.; AGUIAR, P. M. A.; SILVA, V. F.; MORAIS, A. R.; NELSON, D. L. A convenient method for the determination of moisture in aromatic plants. *Química Nova*, v. 29, n. 2, p. 373-375, 2006. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-40422006000200031>
- POTZERNHEIM, M. C. L.; BIZZO, H. R.; SILVA, J. P.; VIEIRA, R. F. Chemical characterization of essential oil constituents of four populations of *Piper aduncum* L. from Distrito Federal, Brazil. *Biochemical Systematics and Ecology*, v. 42, p. 25-31, 2012. <http://dx.doi.org/10.1016/j.bse.2011.12.025>
- RALI, T.; WOSSA, S. W.; LEACH, D. N.; WATERMAN, P. G. Volatile chemical constituents of *Piper aduncum* L. and *Piper gibilimbium* C. DC (Piperaceae) from Papua New Guinea. *Molecules*, v. 12, n. 3, p. 389-94, 2007. PMID:17851397. <http://dx.doi.org/10.3390/12030389>
- SANTOS, A. S.; ALVES, S. M.; FIGUEIRÊDO, F. J. C.; ROCHA NETO, O. G. *Descrição de sistema e de métodos de extração de óleos essenciais e determinação de umidade de biomassa em laboratório*. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2004. 6 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Comunicado Técnico, n. 99).
- SMITH, R. M.; KASSIM, H. The essential oil of *Piper aduncum* from Fiji. *New Zealand Journal of Science*, v. 22, p. 127-8, 1979.
- STATSOFT. *Statistica for Windows*. Computer program manual. Tulsa: StatSoft, 1995. 322 p.