JOURNAL OF EDUCATION, SCIENCE AND HEALTH – JESH
Revista de Educação, Ciência e Saúde
DOI: https://www.doi.org/10.52832/jesh.v6i2.670
Home page: https://bio10publicacao.com.br/jesh
e-ISSN: 2763-6119

PROCESSAMENTO E TEMPO DE EXTRAÇÃO DAS FOLHAS E INFRUTESCÊNCIAS DE *Piper hispidum* SOBRE O TEOR E RENDIMENTO DO ÓLEO ESSENCIAL

PROCESSING AND EXTRACTION TIME OF LEAVES AND INFRUTESCENCES OF *Piper hispidum* ON ESSENTIAL OIL CONTENT AND YIELD

PROCESAMIENTO Y EL TIEMPO DE EXTRACCIÓN DE HOJAS E INFRUTESCENCIAS DE *Piper hispidum* SOBRE EL CONTENIDO Y RENDIMIENTO DE ACEITE ESENCIAL

Juliane da Silva Brilhadori[1]; Michele Trombin de Souza[2]; Mireli Trombin de Souza[3]; Diones Krinski[4*]

[1]Estudante de Ciências Biológicas, Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), Campus Universitário Professor Eugênio Carlos Stieler, Tangará da Serra, Mato Grosso, Brasil; [2]Doutora, Universidade Federal do Paraná (UFPR). Pós-doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade (PPGFs/UFPel), Pelotas, E, Brasil; [3]Doutora, Universidade Federal do Paraná (UFPR). Pós-doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Química (PPGQ/UFPR), Curitiba, Paraná, Brasil; [4]Doutor, Universidade Federal do Paraná (UFPR). Professor Adjunto do Curso de Ciências Biológicas da Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), Campus Universitário Professor Eugênio Carlos Stieler, Tangará da Serra, Mato Grosso, Brasil.
*Autor correspondente: diones.krinski@unemat.br

Recebido: 25/03/2026 | **Aprovado**: 02/05/2026 | **Publicado**: 11/05/2026

Resumo: O jaborandi *Piper hispidum* Sw. (Piperaceae) é uma herbácea importante economicamente devido às propriedades biológicas de seus óleos essenciais (OEs). Diante disso, os objetivos deste estudo foram analisar o rendimento e teor do OE das folhas e infrutescências (espigas) de *P. hispidum*, bem como, definir o tempo ideal para a extração do OE das diferentes estruturas vegetais. Para isso, 24 bioensaios foram conduzidos e distribuídos em 3 processamentos das folhas ou espigas (inteiras, cortadas e trituradas) e 4 tempos de hidrodestilação (4, 3, 2 e 1 h). Para obtenção dos OEs as folhas ou espigas frescas, em triplicata, foram homogeneizadas e submetidas a hidrodestilação em aparelho do tipo Clevenger. Todos bioensaios foram em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial, com 3 repetições para cada experimento. Os dados coletados foram submetidos aos pressupostos da análise de variância e quando observado diferenças significativas entre os tratamentos, as médias foram comparadas por Scott-Knott ($p \leq 0,01$). A análise fatorial mostrou haver interação entre os processamentos e os tempos avaliados para a extração do OE de *P. hispidum*. Verificou-se que o teor e o rendimento apresentaram melhores resultados para folhas inteiras, cortadas e trituradas em 2, 3 e 4 h, respectivamente. Observou-se também que o teor e o rendimento das espigas de *P. hispidium* trituradas foram mais eficientes em 4 h de hidrodestilação. Esses resultados são um indicativo que a extração do OE de *P. hispidium* poderá ser realizada com folhas e espigas trituradas durante 4 h.

Palavras-chave: Pantropical. Plantas Aromáticas. Metabólitos Secundários. Piperaceae. Jaborandi.

Abstract: The jaborandi *Piper hispidum* Sw. (Piperaceae) is an economically important herb due to the biological properties of its essential oils (EOs). Therefore, the objectives of this study were to analyze the yield and EO content of leaves and infructescence (ears) of P. hispidum, as well as to define the ideal time for extracting EO from different plant structures. For this, 24 bioassays were conducted and distributed in 3 processing of leaves or ears (whole, cut and crushed) and 4 times of hydrodistillation (4, 3, 2 and 1 h). To obtain the EOs, the leaves or fresh ears, in triplicate, were homogenized and submitted to hydrodistillation in a Clevenger-type apparatus. All bioassays were in a completely randomized design, in a factorial design, with 3 replications for each experiment. The data collected were submitted to the assumptions of analysis of variance and when significant differences were observed between treatments, the means were compared by Scott-Knott ($p \leq 0.01$). Factor analysis showed an interaction between the processing and the times evaluated for the extraction of OE from *P. hispidum*. It was found that the content and yield showed better results for whole leaves, cut and crushed at 2, 3 and 4 h, respectively. It was also observed that the content and yield of crushed *P. hispidium* ears were more efficient in 4 h of hydrodistillation. These results are indicative that the extraction of EO from *P. hispidium* can be performed with crushed leaves and ears for 4 h.

Keywords: Pantropical. Aromatic Plants. Secondary Metabolites. Piperaceae. Jaborandi.

Resumen: El jaborandi *Piper hispidum* Sw. (Piperaceae) es una hierba económicamente importante debido a las propiedades biológicas de sus aceites esenciales (AE). Por lo tanto, los objetivos de este estudio fueron analizar el rendimiento y contenido de AE de hojas e infrutescencias (mazorcas) de *P. hispidum*, así como definir el momento ideal para la extracción de AE de diferentes estructuras vegetales. Para ello se realizaron 24 bioensayos distribuidos en 3 procesamientos de hojas u mazorcas (enteras, cortadas y trituradas) y 4 tiempos de hidrodestilación (4, 3, 2 y 1 h). Para obtener los AE, las hojas de mazorcas nuevas, por triplicado, fueron homogeneizadas y sometidas a hidrodestilación en un aparato tipo Clevenger. Todos los bioensayos fueron en un diseño completamente al azar, en un diseño factorial, con 3 repeticiones para cada experimento. Los datos recolectados se sometieron a los supuestos de análisis de varianza y cuando se observaron diferencias significativas entre tratamientos se compararon las medias por Scott-Knott ($p \leq 0.01$). El análisis factorial mostró una interacción entre el procesamiento y los tiempos evaluados para la extracción de OE de *P. hispidum*. Se encontró que el contenido y el rendimiento mostraron mejores resultados para hojas enteras, cortadas y trituradas a las 2, 3 y 4 h, respectivamente. También se observó que el contenido y rendimiento de mazorcas de *P. hispidium* trituradas fueron más eficientes en 4 h de hidrodestilación. Estos resultados son indicativos de que la extracción de AE de *P. hispidium* se puede realizar con hojas y espigas trituradas durante 4 h.

Palabras-clave: Pantropical. Plantas Aromáticas. Metabolitos Secundarios. Piperaceae. Jaborandi.

1 INTRODUÇÃO

As plantas aromáticas são uma fonte de matéria-prima para a obtenção dos óleos essenciais (OEs) (Biasi & Deschamps, 2009). Devido aos seus fins industriais, como produtos de higiene e limpeza, cosméticos, farmacêuticos, aromatizantes de alimentos e bebidas, o mercado internacional dos OEs movimenta em torno de 247,08 toneladas anuais (Grand View Research, 2021). Esse mercado é promissor principalmente em países detentores de uma rica biodiversidade, como é o caso do Brasil que configura entre os líderes mundiais na produção de OEs com 13.000 toneladas (Barbieri & Borsotto, 2018).

Os OEs são extraídos de caules, flores, folhas, frutos, raízes e sementes (Zoghbi *et al.*, 1998), os quais podem alterar sua taxa de produção conforme a estrutura vegetal (Saeb & Gholamrezaee, 2012), métodos de extração (Sadeh *et al.*, 2019), tempos de extração (Zheljazkov *et al.*, 2014) e condições ambientais (Gobbo-Neto & Lopes, 2007). Deve ser enfatizado, que a influência destes fatores na produção de OE tem se limitado ao grupo de espécies comercializadas (Gobbo-Neto & Lopes, 2007), portanto, é pouco elucidado para plantas não cultivadas como é o caso da maioria do gênero *Piper* L. (Piperaceae) (Morais, 2009).

O gênero *Piper* compreende aproximadamente 2500 espécies distribuídas na região Pantropical (Dhifi *et al.*, 2016), entre elas 298 indivíduos são registrados no Brasil (Guimarães *et al.*, 2022), incluindo a *Piper hispidum* Sw. Essa planta herbácea conhecida por jaborandi ou jaborandi-falso é encontrada no Andes, América Central e América do Sul, abrangendo quase todos os Estados do Brasil, exceto o Piauí e o Rio Grande do Norte (Guimarães & Monteiro, 2006). A espécie ganhou relevância por conter em seu OE uma variedade de constituintes químicos, como, a-pineno, γ-cadineno, khusimol e dilapiol, que atuam como antioxidante, bactericida, esquistossomicida, leishmanicida e inseticida (Salleh *et al.*, 2021). Mediante a isso, o desenvolvimento de um protocolo para extração do OE de *P. hispidum* pode fornecer subsídios para obter bons rendimentos do óleo tanto para fins de pesquisa em laboratório quanto para fábricas de OEs e essências.

Assim, os objetivos deste estudo foram analisar o rendimento e teor do OE obtidos das folhas e infrutescências (espigas) após diferentes tipos de fragmentação vegetal, bem como, definir o tempo ideal para a extração do OE dessas diferentes estruturas vegetais.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Os procedimentos experimentais deste trabalho foram realizados nos laboratórios do Centro de Pesquisas, Estudos e Desenvolvimento Agro-Ambientais, Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), Campus Universitário Professor Eugênio Carlos Stieler, Tangará da Serra, Mato Grosso, Brasil.

2.1 Material vegetal

As folhas e espigas de *P. hispidum* foram coletadas manualmente a partir de 50-60 exemplares durante o período reprodutivo em setembro de 2021, no período vespertino, entre 16 e 18 h. As coletas foram realizadas em uma área de vegetação nativa, situada em um remanescente florestal em Tangará da Serra, Mato Grosso, Brasil (14°38'08.6"S, 57°29'53.0"W – 413 m). Este local é uma área de transição de biomas, Cerrado e floresta Amazônica, com predominância de floresta (Krinski, 2008). A espécie foi identificada pela Dra. Micheline Carvalho-Silva, Universidade de Brasília (UnB), Distrito Federal, Brasil, e as exsicatas depositadas no Herbário Tangará (TANG), na Universidade de Mato Grosso, Estado de Mato Grosso, Brasil.

2.2 Processamento vegetal e extração do óleo essencial

Após a coleta foi realizada a quantificação do teor de umidade (TU) das estruturas vegetais. Sendo separadas 20 g de folhas e espigas frescas para secagem em estufa a 50 ºC, até atingirem o peso constante, conforme protocolo descrito em Krinski, Foerster & Deschamps (2018). O TU foi obtido pela seguinte fórmula: *TU%= (mu - ms) / (mu) * 100*. Onde *TU%*= teor de umidade; *mu*= massa úmida (g); *ms*= massa seca (g); e *100*= fator de conversão para porcentagem. O TU foi posteriormente empregado no cálculo de teor do OE, mais especificamente foram usados os valores de massa das folhas e espigas frescas em relação à base úmida *(MF BU)* e à base seca *(MF BS)* das folhas e espigas. A *MF BS* foi corrigida por meio da equação: *MF BS = ((100 - TU) * MF BU) / 100*.

Na etapa do processamento vegetal foram realizados os seguintes tratamentos: (*i*) folhas ou espigas inteiras; (*ii*) folhas ou espigas cortadas com auxílio de uma tesoura; (*iii*) folhas ou espigas trituradas por meio de um liquidificador. Para extrair os OEs destes materiais, as folhas e espigas frescas foram homogeneizadas e submetidas a hidrodestilação em aparelho do tipo Clevenger® (Sartor, 2009). Em cada extração dos óleos, 100 g das folhas ou espigas, em triplicatas, foram colocados em um balão de 2 L contendo 1 L de água destilada. O balão foi aquecido em manta aquecedora, e após iniciar a fervura do material vegetal, este permaneceu em diferentes tempos de hidrodestilação que configuraram em 1, 2, 3 e 4 h para obtenção do OE.

O teor e o rendimento foram corrigidos para base seca após obter a massa constante de subamostras (20 g), em triplicata, do material vegetal em estufas de ar forçado a 65 ºC, até massa constante (≈ 7 dias). Desse modo, a quantificação dos OEs foi feita utilizando balança analítica, onde foi aferida a densidade dos OEs extraídos, utilizando uma micropipeta calibrada para coletar 20 µL de OE de cada amostra que foi mensurada. A massa total dos OEs também foi quantificada para se obter o volume total de OE em cada tipo de extração, utilizando a seguinte equação: *VO = massa total do OE extraído (mg) / densidade do OE (mg)*.

O volume total dos OEs (mm³) foi considerado como rendimento do OE obtido a partir das extrações de 100 g de folhas frescas (RO = volume de óleo em 100 g de planta). O teor do OE extraído da biomassa vegetal foi calculado com base na matéria seca ou base livre de umidade, através da equação: *TO = (moe / ms) x 100*; onde: *TO* = Teor de óleo (%); *moe* = Massa total do óleo essencial extraído (mg); *ms* = Massa seca de 100 g de folhas (g); e *100* = fator de conversão para porcentagem.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, sendo composto por 24 tratamentos, ou seja, processamento do material vegetal (folhas ou espigas: inteiras, cortadas e trituradas) e tempo de hidrodestilação do OE das folhas ou espigas (1, 2, 3 e 4 h).

2.3 Análise dos dados

Os dados foram submetidos ao teste de Shapiro-Wilk e quando necessário aplicou-se a transformação de dados (arco-seno), sendo verificada a normalidade, empregou-se à análise de variância (ANOVA), utilizando o teste F. Quando observado diferença significativa entre os tratamentos, as médias foram comparadas por Scott-Knott ($p \leq 0,01$). Todas análises foram realizadas no software estatístico Assistat versão 7.7 beta (Silva & Azevedo, 2016).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este estudo fornece a primeira evidência de que o OE de *P. hispidum* apresenta variações no teor e rendimento conforme o processamento das folhas e espigas, bem como, sofre influência do tempo de extração. Desse modo, a ANOVA mostrou existir diferença significativa no teor de OE obtido de *P. hispidum* para o Fator 1 que comparou o processamento das folhas testadas, e para o Fator 2 que comparou o tempo de extração testados. Além disso, a análise fatorial também mostrou haver interação entre os processamentos e os tempos avaliados (Fator 1 x Fator 2). Também foi verificada que o Fator 1, que analisou o processamento das folhas, e o Fator 2, que considerou o tempo de extração foram significativos para a variável de rendimento, assim como, a interação entre tais fatores (Tabela 1).

Ao compararmos as médias entre os processamento das folhas e os diferentes tempo de extração do OE de *P. hispidum*, verificamos que o teor (Figura 1 A) e o rendimento (Figura 1 B) tiveram o mesmo padrão, com maiores rendimentos para folhas inteiras (0,96% e 270,74 mm^3); cortadas (1,02% e 289,63 mm^3) e trituradas (0,82% e 231,11 mm^3) em 2, 3 e 4 h, respectivamente.

Ao analisar os dados sobre o teor do OE de *P. hispidum* extraído em espigas inteiras, cortadas e trituradas é possível observar que o Fator 1 (processamento) mostrou diferenças significativas entre os tratamentos (p-valor <.0001) e os tempos de extração (Fator 2). Vale a pena mencionar que a interação entre os Fatores 1 e 2 também foram significativas (Tabela 2).

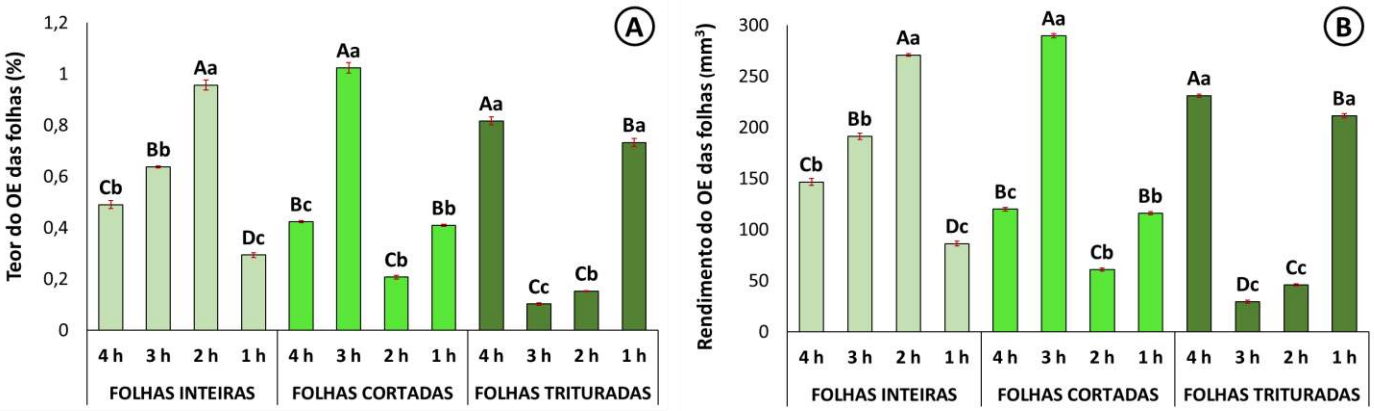
Tabela 1 – Análise de variância (ANOVA) do teor (%) e rendimento (mm³) do óleo essencial de *Piper hispidum* (Piperaceae)

extraído das folhas processadas em diferentes tempos de extração, Tangará da Serra/MT, 2022.

Fonte de variação	G. L.	Valores de F	
		Teor (%)	Rendimento (mm³)
Fator 1 (Processamento)	2	42.1485 **	148.0725 **
Fator 2 (Tempo de Extração)	3	32.9316 **	103.3419 **
Interação entre Fator 1 x Fator 2	6	335.8115 **	957.6996 **
Tratamentos	11	199.8146 **	577.488 **
Resíduos	24	-	-
p-valor	-	<.0001	<.0001
C. V.	-	7,35	4,24

Nota: **significativo a 1% (teste de Scott-Knott). G. L.= grau de liberdade; C. V.= Coeficiente de variação.
Fonte: Brilhadori *et al.* (2022)

Figura 1 – Teor (A) e rendimento (B) do óleo essencial (OE) de *Piper hispidum* (Piperaceae) extraído das folhas processadas em diferentes tempos de hidrodestilação, Tangará da Serra/MT, 2022.



Letras maiúsculas comparam os processamentos das folhas (barras da mesma cor) e letras minúsculas comparam o tempo de extração entre os processamentos (barras de cores diferentes) pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,01$).
Fonte: Brilhadori *et al.* (2022).

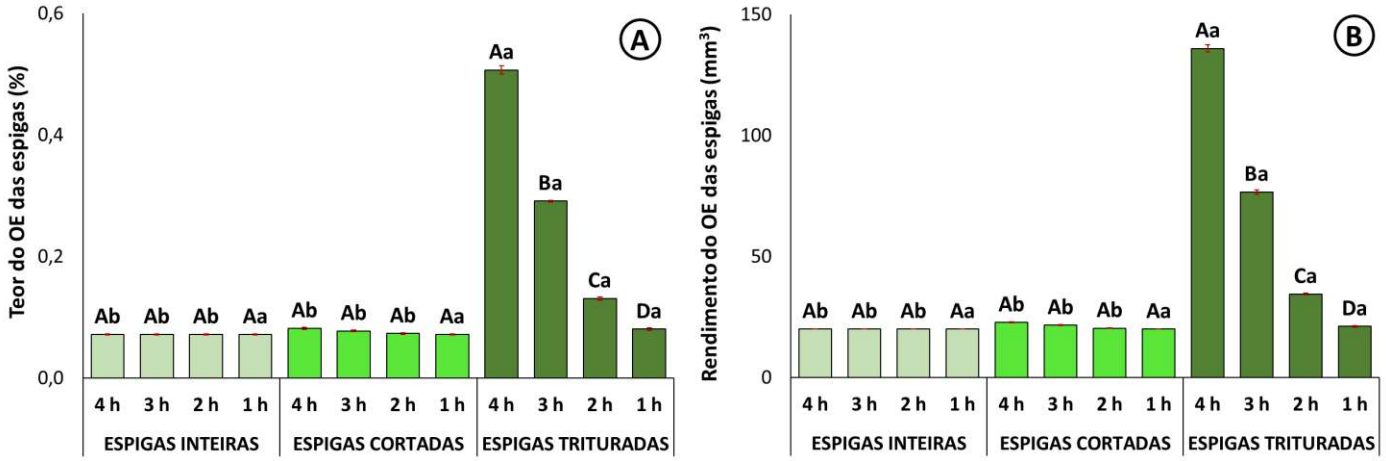
Tabela 2 – Análise de variância do teor (%) e rendimento (mm³) do óleo essencial de *Piper hispidum* (Piperaceae) extraído das espigas em diferentes tempos de extração, Tangará da Serra/MT, 2022.

Fonte de variação	G. L.	Valores de F	
		Teor (%)	Rendimento (mm³)
Fator 1 (Processamento)	2	2181.259 **	3027.126 **
Fator 2 (Tempo de Extração)	3	660.7887 **	981.5005 **
Interação entre Fator 1 x Fator 2	6	616.9675 **	914.3887 **
Tratamentos	11	913.3354 **	1316.826 **
Resíduos	24	-	-
p-valor	-	<.0001	<.0001
C. V.	-	5,73	4,68

Nota: **significativo a 1% (teste de Scott-Knott). G. L.= grau de liberdade; C. V.= Coeficiente de variação.
Fonte: Brilhadori *et al.* (2022)

A análise fatorial mostrou que o teor OE das espigas de *P. hispidium* trituradas foi estatisticamente mais eficiente, sendo superiores as espigas inteiras e cortadas, que foram iguais entre si (Figura 2 A). Em adição, espigas trituradas revelaram que a extração em 4 h (0,51%) otimiza o teor e rendimento (135,95 mm³) do OE (Figura 2 B).

Figura 2 –Teor (A) e rendimento (B) do óleo essencial (OE) de *Piper hispidum* (Piperaceae) extraído das espigas processadas em diferentes tempos de hidrodestilação, Tangará da Serra/MT, 2022.



Letras maiúsculas comparam os processamentos das folhas (barras da mesma cor) e letras minúsculas comparam o tempo de extração entre os processamentos (barras de cores diferentes) pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,01$).
Fonte: Brilhadori *et al.* (2022).

Os teores e rendimentos obtidos neste estudo variaram com os relatados na literatura para o OE de *P. hispidum* extraídos das folhas e espigas (Simeone *et al.*, 2011; Sauter *et al.* 2012; Silva *et al.* 2019). Essas diferenças na produção de OE podem ser atribuídas a fatores ambientais, climáticos e genéticos, método de extração e localização geográfica (Isman *et al.*, 2008; Feitosa-Alcantara *et al.,* 2017; Trombin-Souza *et al.,* 2017; Souza *et al.*, 2020; Souza *et al.*, 2022; Souza *et al.*, 2025). Ademais, uma revisão bibliométrica demonstrou que trabalhos publicados com *P. hispidum* foram realizados predominantemente nos Estados do Amazonas, Bahia, Pará, Paraná, Rondônia, São Paulo e Sergipe (Brilhadori *et al.*, 2021), mostrando a importância de realizar pesquisas em outras regiões geográficas do Brasil, como em nosso caso, Mato Grosso.

Os resultados apontaram que dependendo do órgão de armazenamento a produção de OE sofreu influência, assim as folhas tiveram maiores teores e rendimentos quando comparados as espigas. Embora, análises morfoanatômicas de *P. hispidum* mostraram que OE é armazenado como reserva energética no tecido parenquimático em idioblastos oleíferos (Albiero *et al.*, 2006) sendo que estes, modificam a quantidade conforme os órgãos e fases fenológicas da planta (Albiero *et al.*, 2005; Albiero *et al.*, 2006; Trombin-Souza *et al.,* 2017). Desse modo, hipotetizamos que uma menor abundância de idioblastos oleíferos é registrada em espigas de *P. hispidium*, o que pode refletir na secreção dos OEs. Isso também se dá fisiologicamente com as modificações nas taxas metabólicas e atuações dos fitormônios que estimulam a síntese de nutrientes para a formação dos órgãos reprodutivos (Silva *et al.*, 2015). Assim, o alto rendimento dos OE de *P. hispidum* nos órgãos vegetativos ocorre por causa da realocação de nutrientes e uma maior demanda energética para a formação das espigas, o que desvia a rota metabólica que seria para a produção destes metabólitos (Schindler; Silva & Heinzmann, 2018).

Este estudo também permite conhecer questões relacionadas ao processamento e ao tempo de extração do OE de *P. hispidum* com intuito de se obter uma maior quantidade do produto com menores gastos, tais pontos críticos ainda é objeto de poucos estudos (Nunes, 2020; Cappellari, 2022), pois expressivas pesquisas para otimização de protocolo se concentram na manipulação de características genéticas (Dhifi *et al.*, 2016; Padovan *et al.*, 2017; Cipriano; Maia & Deschamps, 2021) e ambientais (Hussain *et al.,* 2013; Alvarenga *et al.*, 2021). Assim, relatamos que o teor e rendimento foram mais elevados para folhas inteiras, cortadas e trituradas de *P. hispidum*

em 2, 3 e 4 h, respectivamente. Ainda que, seja elucidado na literatura que a fragmentação do material vegetal contribua para o aumento da área de contato das folhas acelerando a transferência de calor entre a água e o material, consequentemente reduzindo o tempo de hidrodestilação (Coelho, 2016), fato não observado neste estudo, podemos inferir que outros fatores como anatômicos e fisiológicos influenciaram em nossos resultados.

Em adição, reportamos que as espigas de *P. hispidium* trituradas obtiveram maiores quantidades de OEs extraídas conforme aumentou o tempo de hidrodestilação. Essas diferenças no tempo de obtenção dos OEs têm sido citada como a influência do órgão e estrutura secretora, o que dificulta a saída destes metabólitos nas células para conduzir o carreamento mais rápido e completo (Mattana *et al.*, 2015). Com isso, hipotetizamos que as espigas de *P. hispidum* são estruturas mais densas que as folhas, desse modo, necessitam de maior tempo de exposição ao calor do destilador para atingir as camadas mais profundas do órgão. Embora, não tenhamos avaliado a fitoquímica destes OEs, outro fator que pode ter causado a necessidade de maiores tempos de extração é a densidade dos compostos presentes no OE. Sabe-se que compostos mais densos podem levar maiores tempos de exposição ao calor para serem carreados pelo vapor (Silva *et al.*, 2005).

Em síntese, destacamos que a otimização do protocolo para obtenção do OE de *P. hispidum* é um fator importante para determinar a viabilidade de uso da espécie, pois a partir desse estudo é possível estimar quanto de biomassa é necessário para produzir uma quantidade de óleo satisfatória, como realizada em *Piper nigrum* L. (Ferreira & Meireles, 2002). Ao mesmo tempo sugerimos que mais estudos sejam realizados com *P. hispidum*, assim como, outras linhas de pesquisas já conduzidas com *Piper* spp. que determinaram a bioatividade (Krinski & Foerster, 2016; Krinski, Foerster & Deschamps, 2018; Pinheiro, Rezende & Krinski, 2022), análises cromatográficas (Krinski, Foerster & Deschamps, 2018) e métodos de propagação (Gomes & Krinski, 2016; Gomes & Krinski, 2017).

4 CONCLUSÃO

A extração do OE utilizando folhas de *P. hispidum* apresentam diferentes teores e rendimentos nos tempos de extração testados, com maiores quantidades de OEs para folhas inteiras, cortadas e trituradas em 2, 3 e 4 h, respectivamente. Outrossim, espigas de *P. hispidium* trituradas são mais eficientes na produção de OE em 4 h de hidrodestilação.

Conflitos de interesses

Todos os autores estão conscientes da submissão, declarando que não há conflitos de interesse.

Contribuições dos autores

Todos os autores contribuíram na execução de todas as etapas do desenvolvimento do estudo, passando pelas etapas de coleta, extração, quantificação e escrita do trabalho para esta pesquisa.

REFERÊNCIAS

Albiero, A. L. M., de Souza, L. A., Mourao, K. S. M., De Almeida, O. J. G., & Lopes, W. A. L. (2005). Morfo-anatomia do caule e da folha de *Piper gaudichaudianum* Kuntze (Piperaceae). *Acta Farmacéutica Bonaerense*, 24(4), 550.

Albiero, A. L., Paoli, A. A., Souza, L. A., & Mourão, K. S. (2006). Morfoanatomia dos órgãos vegetativos de *Piper hispidum* Sw. (Piperaceae). *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 16, 379-391.

Alvarenga, J. P., Braga, A. F., Pacheco, F. V., Carvalho, A. A. D., Pinto, J. E. B. P., & Bertolucci, S. K. V. (2021). Seasonal variation in essential oil content and chemical profile of mint in southeast of Brazil. *Ciência Rural*, 51.

Barbieri, C., & Borsotto, P. (2018). Essential oils: market and legislation. *Potential of essential oils*, 107-127.

Biasi, L. A. & Deschamps, C. (2009). *Plantas aromáticas: do cultivo à produção de óleo essencial*. (1. ed.). Curitiba: Layer Studio Gráfico e Editora Ltda.

Brilhadori, J. S., Souza, M. T., Souza, M. T., Krinski, D. (2021) Análise bibliométrica das pesquisas com óleo essencial de *Piper hispidum* (Piperaceae). In: *Semana de Biologia,* Cáceres, Mato Grosso.

Cappellari, R. (2022). *Influência do tempo de extração e do processamento das folhas de Piper divaricatum (Piperaceae) sobre o teor e rendimento de óleo essencial*. (Monografia do Curso de Ciências Biológicas, Universidade do Estado de Mato Grosso, Tangará da Serra, Mato Grosso).

Cipriano, R. R., Maia, B. H., & Deschamps, C. (2021). Chemical variability of essential oils of *Eugenia uniflora* L. genotypes and their antioxidant activity. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 93.

Coelho, J. C. M. (2016). *Energia e fluidos*: transferência de calor (vol. 3). Editora Blucher.

Dhifi, W., Bellili, S., Jazi, S., Bahloul, N., & Mnif, W. (2016). Essential oils' chemical characterization and investigation of some biological activities: A critical review. *Medicines*, 3(4), 25.

Feitosa-Alcantara, R. B., Bacci, L., Blank, A. F., Alves, P. B., Silva, I. M. D. A., Soares, C. A., ... & Arrigoni-Blank, M. D. F. (2017). Essential oils of *Hyptis pectinata* chemotypes: isolation, binary mixtures and acute toxicity on leaf-cutting ants. *Molecules*, 22(4), 621.

Ferreira, S. R., & Meireles, M. A. A. (2002). Modeling the supercritical fluid extraction of black pepper (*Piper nigrum* L.) essential oil. *Journal of Food Engineering*, 54(4), 263-269.

Gobbo-Neto, L., & Lopes, N. P. (2007). Plantas medicinais: fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários. *Química nova*, 30, 374-381.

Gomes, E. N., & Krinski, D. (2016). Propagação vegetativa de *Piper amalago* L. (Piperaceae) em função de tipos de estaca e substratos. *Revista Cultura Agronômica*, 25(2), 199-210.

Gomes, E. N., & Krinski, D. (2017). Propagação vegetativa de *Piper umbellatum* L. (Piperaceae) em função de substratos e comprimentos de estacas. *Scientia Agraria*, 17(3), 31-37.

GRAND VIEW RESEARCH. (2021). *Essential Oils Market Size, Share, Analysis Report, 2020-2027:* Essential Oils Market Size, Share, Analysis Report, 2020-2027. Acesso em 01 de outubro de 2022. https://https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/essential-oils-market

Guimarães, E. F., & Monteiro, D. (2006). Piperaceae na reserva biológica de Poço das antas, Silva Jardim, Rio de Janeiro, Brasil. *Rodriguésia*, 57, 569-589.

Guimarães, E. F., Medeiros, E. V. S. S. & Queiroz, G. A. (2022). *Piper in Flora do Brasil 2020*. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. http://reflora.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB12772

Hussain, J., Rehman, N. U., Al-Harrasi, A., Ali, L., Khan, A. L., & Albroumi, M. A. (2013). Essential oil composition and nutrient analysis of selected medicinal plants in Sultanate of Oman. *Asian Pacific Journal of Tropical Disease*, 3(6), 421-428.

Isman, M. B., Wilson, J. A., & Bradbury, R. (2008). Insecticidal activities of commercial rosemary oils (*Rosmarinus officinalis*.) against larvae of *Pseudaletia unipuncta*. and *Trichoplusia ni*. in relation to their chemical compositions. *Pharmaceutical Biology*, 46(1-2), 82-87.

Krinski, D. (2008). *List of species and cytogenetics of fish in the region of Tangara da Serra, Upper Paraguay River Basin, Mato Grosso, Brazil*. (Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas) Instituto de Biociencias, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, Mato Grosso).

Krinski, D., & Foerster, L. A. (2016). Toxicity of essential oils from leaves of Piperaceae species in rice stalk stink bug eggs, *Tibraca limbativentris* (Hemiptera: Pentatomidae). *Ciência e Agrotecnologia*, 40, 676-687.

Krinski, D., Foerster, L. A., & Deschamps, C. (2018). First phytochemical description of essential oils from *Piper cachimboense* (Piperales, Piperaceae). *Acta Amazonica*, 48, 70-74.

Mattana, R. D. S., Maia e Almeida, C. I., Oliveira, P. F. C. D., Lima, L. P., Haber, L. L., Ming, L. C., & Marques, M. O. M. (2015). Efeitos de diferentes tempos de extração no teor e composição química do óleo essencial de folhas de pariparoba [*Pothomorphe umbellata* (L.) Miq.]. *Revista Brasileira de Plantas Medicinais*, 17, 150-156.

Morais, L. A. S. (2009). Influência dos fatores abióticos na composição química dos óleos essenciais. *Horticultura Brasileira*, 27(2), S3299-S3302.

Nunes, V. C. (2020). *Otimização do processo de extração do óleo essencial de Piper fuligineum (Piperaceae) e comparação do teor e rendimento entre folhas e espigas*. (Monografia do Curso de Ciências Biológicas, Universidade do Estado de Mato Grosso, Tangará da Serra, Mato Grosso).

Padovan, A., Webb, H., Mazanec, R., Grayling, P., Bartle, J., Foley, W. J., & Külheim, C. (2017). Association genetics of essential oil traits in *Eucalyptus loxophleba*: explaining variation in oil yield. *Molecular Breeding*, 37(6), 1-13.

Pinheiro, K. D., Rezende, K. F., & Krinski, D. (2022). Efeito ovicida de óleo essencial de folhas e frutos de *Piper fuligineum* (Piperaceae) sobre ovos de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera). *Journal of Education Science and Health,* 2(3), 1-10.

Sadeh, D., Nitzan, N., Chaimovitsh, D., Shachter, A., Ghanim, M., & Dudai, N. (2019). Interactive effects of genotype, seasonality and extraction method on chemical compositions and yield of essential oil from rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.). *Industrial Crops and Products*, 138, 111419.

Saeb, K., & Gholamrezaee, S. (2012). Variation of essential oil composition of *Melissa officinalis* L. leaves during different stages of plant growth. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 2(2), S547-S549.

Salleh, W. M. N. H. W., Kassim, H., & Tawang, A. (2021). Traditional uses, chemical profile and biological activities of *Piper hispidum* Sw.: A review. *Biointerface Res. Appl. Chem*, 11, 13115-13129.

Sartor, R. B. (2009). *Modelagem, simulação e otimização de uma unidade industrial de extração de óleos essenciais por arraste a vapor*. (Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre). https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/21924/000737903.pdf?

Sauter, I. P., Rossa, G. E., Lucas, A. M., Cibulski, S. P., Roehe, P. M., da Silva, L. A. A., ... & von Poser, G. L. (2012). Chemical composition and amoebicidal activity of *Piper hispidinervum* (Piperaceae) essential oil. *Industrial Crops and Products*, 40, 292-295.

Silva, D. T. D., Bianchini, N. H., Amaral, L. D. P., Longhi, S. J., & Heinzmann, B. M. (2015). Análise do efeito da sazonalidade sobre o rendimento do óleo essencial das folhas de *Nectandra grandiflora* Nees. *Revista Árvore*, 39, 1065-1072.

Silva, F. D. A. S. & Azevedo, C. A. V. (2016). The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis ofexperimental data. *African Journal of Agricultural Research*, 11, 3733-3740.

Silva, L. S., Mar, J. M., Azevedo, S. G., Rabelo, M. S., Bezerra, J. A., Campelo, P. H., ... & Sanches, E. A. (2019). Encapsulation of *Piper aduncum* and *Piper hispidinervum* essential oils in gelatin nanoparticles: a possible sustainable control tool of *Aedes aegypti*, *Tetranychus urticae* and *Cerataphis lataniae*. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99(2), 685-695.

Silva, L. V., Constancio, S. C. M., Mendes, M. F., & Coelho, G. L. V. (2005). Extração do óleo essencial da pimenta rosa (*Schinus molle*) usando hidrodestilação e soxhlet. *In Anais do VI Congresso Brasileiro de Engenharia Quimica em Iniciação Científica.* VI COBEQ, Campinas, São Paulo.

Simeone, M. L. F., Mikich, S. B., Côcco, L. C., Hansel, F. A., & Bianconi, G. V. (2011). Chemical composition of essential oils from ripe and unripe fruits of *Piper amalago* L. var. *medium* (Jacq.) Yunck and *Piper hispidum* Sw. *Journal of Essential Oil Research*, 23(5), 54-58.

Souza, M. T. Souza, M. T., Bernardi, D., Krinski, D., Melo, D. J., Costa, O. D., Rakes, M., Zarbin, P. H.G., Maia, B. H. L. N. S., Zawadneak, M. A. C. (2020). Chemical composition of essential oils of selected species of *Piper* and their insecticidal activity against *Drosophila suzukii* and *Trichopria anastrephae*. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(12), 13056-13065.

Souza, M. T. D., Souza, M. T., Morais, M. C., Oliveira, D. D. C., Melo, D. J. D., Figueiredo, L., Zarbin, P. H. G., Zawadneak, M. A. C., & Bernardi, D. (2022). Essential oils as a source of ecofriendly insecticides for *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) and their potential non-target effects. *Molecules*, 27(19), 6215.

Souza, M. T. Souza, M. T., Schorr, R. R., Freitas, R. A., Assis Marques, F., Krinski, D., Maia, B. H. L. N. S., Zawadneak, M. A. C., Ribeiro, L. P., Ferreira, J. P., & Bernardi, D. (2025). Enhancing the performance of *Piper* spp. essential oils by developing chitosan-sodium alginate polyelectrolyte complex against *Drosophila suzukii* with selectivity for non-target parasitoids. *Journal of Pest Science*, 98(4), 2047-2064.

Trombin-Souza, M., Trombin-Souza, M., Amaral, W., Pascoalino, J. A. L., Oliveira, R. A., Bizzo, H. R., & Deschamps, C. (2017). Chemical composition of the essential oils of *Baccharis* species from southern Brazil: a comparative study using multivariate statistical analysis. *Journal of Essential Oil Research*, 29(5), 400-406.

Zheljazkov, V. D., Astatkie, T., & Schlegel, V. (2014). Hydrodistillation extraction time effect on essential oil yield, composition, and bioactivity of coriander oil. *Journal of Oleo Science*, ess14014.

Zoghbi, M. D. G., Andrade, E. H., Santos, A. S., Silva, M. H. L., & Maia, J. G. S. (1998). Essential oils of *Lippia alba* (Mill.) NE Br growing wild in the Brazilian Amazon. *Flavour and Fragrance Journal*, 13(1), 47-48.