JOURNAL OF EDUCATION, SCIENCE AND HEALTH – JESH
Revista de Educação, Ciência e Saúde
DOI: https://www.doi.org/10.52832/jesh.v6i2.668
Home page: https://bio10publicacao.com.br/jesh
e-ISSN: 2763-6119

FRAGMENTAR AS FOLHAS FRESCAS DE *Piper divaricatum* (PIPERACEAE) AFETA O TEOR E RENDIMENTO DE SEU ÓLEO ESSENCIAL?

DOES FRAGMENTING THE FRESH LEAVES FROM *Piper divaricatum* (PIPERACEAE) AFFECT THE CONTENT AND YIELD OF ITS ESSENTIAL OIL?

¿LA FRAGMENTACIÓN DE LAS HOJAS FRESCAS DE *Piper divaricatum* (PIPERACEAE) AFECTA EL CONTENIDO Y EL RENDIMIENTO DE SU ACEITE ESENCIAL?

Rafael Cappellari[1*]; Mireli Trombin de Souza[3]; Michele Trombin de Souza[2]; 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; Doutora, Universidade Federal do Paraná (UFPR). Pós-doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Química (PPGQ/UFPR), Curitiba, Paraná, Brasil; [3]Doutora, Universidade Federal do Paraná (UFPR). Pós-doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade (PPGFs/UFPel), Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil; [4]Doutor, Universidade Federal do Paraná (UFPR). Professor Adjunto do Curso de Ciências Biológicas da UNEMAT, Campus Universitário Professor Eugênio Carlos Stieler, Tangará da Serra, Mato Grosso, Brasil. *Autor correspondente: rafael.c@unemat.br

Recebido: 12/03/2026 | **Aprovado**: 16/04/206 | **Publicado**: 30/04/2026

Resumo: A planta *Piper divaricatum* (Piperaceae), é uma espécie encontrada em diversos locais do Brasil sendo conhecida popularmente como pau-da-angola, jaborandi-manso ou *betre*. Possui raízes aromáticas com sabor similar ao gengibre e na medicina popular é utilizada no combate de dores reumáticas, entre outras enfermidades. Seu óleo essencial (OE) tem sido relatado como um potencial produto natural para utilização na agricultura visando o controle fitossanitário de pragas e doenças agrícolas, em substituição aos defensivos químicos. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi comparar diferentes processamentos das folhas frescas de *P. divaricatum* para verificar se a fragmentação das folhas afeta a quantidade (teor e o rendimento) de OE extraído. Para isso, as folhas de passaram por três tipos de processamentos/tratamentos pré-extração, sendo: 1) folhas frescas inteiras; 2) folhas frescas cortadas em tamanhos de ≈ de 1-2 cm, com auxílio de uma tesoura; e 3) folhas frescas trituradas, utilizando um liquidificador. Após isso, cada tratamento foi submetido à hidrodestilação durante 4 h em aparelho do tipo Clevenger modificado para extração/obtenção do OE. Os OEs obtidos foram quantificados e os dados analisados estatisticamente (ANOVA e teste Scott-Knott a 5%). Os resultados mostraram que a fragmentação proporciona de 160 a 350% mais OE a partir de folhas cortadas e trituradas respectivamente, otimizando assim o processo de destilação de OE a partir de folhas dessa espécie. Mesmo assim, sugerimos que mais estudos com *P. divaricatum* sejam realizados, por exemplo analisando os compostos químicos destes diferentes tipos de processamentos.

Palavras-chave: Processamento pós-colheita. Técnicas de destilação de óleo essencial. Tangará da Serra. Mato Grosso.

Abstract: The *Piper divaricatum* (Piperaceae) plant is a species found in several places in Brazil and is popularly known as pau-da-angola, jaborandi-manso or betre. It has aromatic roots with a flavor similar to ginger and in folk medicine it is used to combat rheumatic pain, among other ailments. Its essential oil (EO) has been reported as a potential natural product for use in agriculture for the phytosanitary control of agricultural pests and diseases, replacing chemical pesticides. Thus, the objective of this work was to compare different processing of fresh leaves of *P. divaricatum* to verify if leaf fragmentation affects the amount (content and yield) of extracted EO. For this, the leaves underwent three types of pre-extraction processing/treatment, as follows: 1) whole fresh leaves; 2) fresh leaves cut to sizes ≈ 1-2 cm, using scissors; and 3) crushed fresh leaves, using a blender. After that, each treatment was submitted to hydrodistillation for 4 h in a modified Clevenger-type apparatus for extracting/obtaining the EO. The EO obtained were quantified and the data analyzed statistically (ANOVA and 5% Scott-Knott test). The results showed that fragmentation provides 160 to 350% more EO from cut and crushed leaves respectively, thus optimizing the EO distillation process from leaves of this species. Even so, we suggest that further studies with *P. divaricatum* be carried out, for example analyzing the chemical compounds of these different types of processing.

Keywords: Post-harvest processing. Essential oil distillation techniques. Tangará da Serra. Mato Grosso.

Resumen: La planta *Piper divaricatum* (Piperaceae) es una especie que se encuentra en varios lugares de Brasil y es conocida popularmente como pau-da-angola, jaborandi-manso o *betre*. Tiene raíces aromáticas con un sabor similar al jengibre y en la

medicina popular se usa para combatir el dolor reumático, entre otras dolencias. Su aceite esencial (AE) ha sido reportado como un potencial producto natural de uso en agricultura para el control fitosanitario de plagas y enfermedades agrícolas, reemplazando a los plaguicidas químicos. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue comparar diferentes procesamientos de hojas frescas de *P. divaricatum* para verificar si la fragmentación de la hoja afecta la cantidad (contenido y rendimiento) de AE extraído. Para ello, las hojas se sometieron a tres tipos de procesamiento/tratamiento previo a la extracción, a saber: 1) hojas frescas enteras; 2) hojas frescas cortadas en tamaños ≈ 1-2 cm, usando tijeras; y 3) hojas frescas trituradas usando una licuadora. Posteriormente, cada tratamiento se sometió a hidrodestilación durante 4 h en un aparato tipo Clevenger modificado para la extracción/obtención del AE. Se cuantificaron los AEs obtenidos y se analizaron estadísticamente los datos (ANOVA y prueba de Scott-Knott al 5%). Los resultados mostraron que la fragmentación proporciona de 160 a 350% más AE de hojas cortadas y trituradas respectivamente, optimizando así el proceso de destilación de AE de hojas de esta especie. Aun así, sugerimos que se realicen más estudios con *P. divaricatum*, por ejemplo, analizando los compuestos químicos de estos diferentes tipos de procesamiento.

Palabras-clave: Procesamiento poscosecha. Técnicas de destilación de aceites esenciales. Tangará da Serra. Mato Grosso.

1 INTRODUÇÃO

A planta *Piper divaricatum* G. Mayer 1818 (Piperaceae), é conhecida popularmente como *betle*, betro, *betys*, pau-da-angola e jaborandi-manso, é pertence à família Piperaceae, sendo uma planta comumente encontrada no Brasil exceto nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, Tocantins, Piauí, Rio Grande do Norte e Paraíba (Yuncker, 1973; Guimarães & Giordano, 2004; Guimarães & Monteiro, 2006, Guimarães, Medeiros & Queiroz, 2020). Possui raízes aromáticas com sabor similar ao gengibre e na medicina popular é utilizada em formato de infusão (chá) no combate de cólicas e dores reumáticas (Peckolt & Peckolt, 2016). Apresenta também potencial na área agrícola no manejo de pragas agindo como pesticida (Krinski, Foerster & Deschamps, 2018; De Souza *et al.*, 2020; Merlimau, 2020; de Santana *et al.*, 2021) e também apresenta potencial medicinal, uma vez que, possui efeitos antioxidantes e antifúngicos (Silva *et al.*, 2010; Duarte & Silva, 2017).

Esta bioatividade está relacionada com os compostos químicos de seu óleo essencial (OE) (De Morais, 2009), e de fatores externos influenciam no seu teor e rendimento (Gobbo-Neto & Lopes, 2007), entre eles, os fatores bióticos e abióticos (Craveiro & Queiroz, 1993; Lopes, 2009), tornando o OE um possível responsável por gerar uma resposta imune da planta, como já observado em outras espécies desse grupo vegetal como visto para *Piper dilatatum* Rich 1792 e *Piper hispidum* Kunth. 1816. Nesse sentido, nota-se que muitos dos trabalhos que realizam a extração de OEs, a fizeram para bioprospecção (Pereira-Junior, 2018), utilizando apenas as folhas e/ou os frutos inteiros, sendo escassos, relatos que utilizaram o processamento das folhas para otimizar a obtenção desses metabólitos secundários em menos tempo e maior quantidade (Dutt, 1939; Briggs & Sutherland, 1942; Rosado *et al.,* 2011; Gogoi *et al.,* 2021; Liu *et al.,* 2021).

Assim, o objetivo deste trabalho foi comparar os processamentos das folhas frescas de *P. divaricatum*, e verificar se a fragmentação deste material vegetal afeta a o teor e o rendimento de OE extraído dessa espécie.

2 MATERIAL E MÉTODOS

As extrações das folhas frescas de OE de *P. divaricatum* foram realizadas nos laboratórios do Centro de Pesquisas, Estudos e Desenvolvimento Agro-Ambientais (CPEDA), Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), Campus Universitário Professor Eugênio Carlos Stieler, Tangará da Serra/MT.

2.1 Coleta de material e extração do óleo essencial

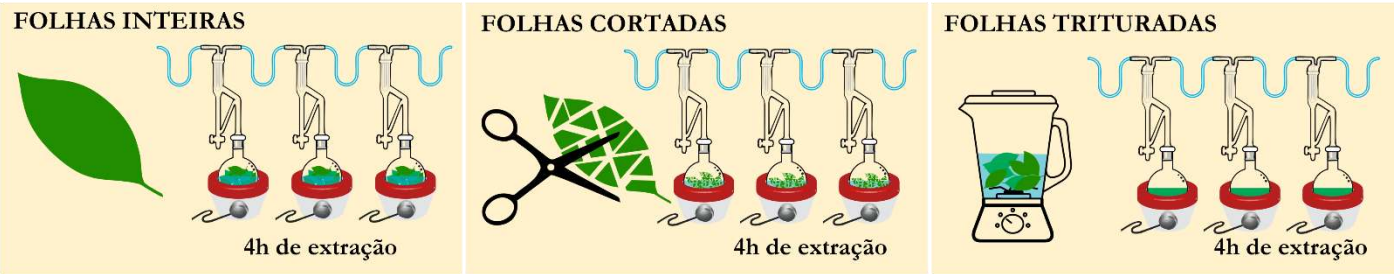
A coleta das folhas frescas de *P. divaricatum* ocorreu em setembro de 2021 em uma população nativa, a partir de espécimes situadas no sub-bosque de um remanescente florestal em Tangará da Serra (14º38'10" S - 57º29'52" W - altitude de 411 m). Após a coleta, as folhas de *P. divaricatum* coletadas passaram por três tratamentos pré-extração, sendo: 1) folhas frescas inteiras; 2) folhas frescas cortadas em tamanhos de ≈ de 1-2 cm, com auxílio de uma tesoura; e 3) folhas frescas trituradas, utilizando um liquidificador.

Em seguida, as folhas foram submetidas à hidrodestilação em aparelhos tipo Clevenger para obtenção dos OEs. Para cada tratamento, triplicatas de 100g de folhas foram colocadas em balões de fundo redondo de 2L contendo 1L de água destilada, com exceção das folhas trituradas, onde essa quantidade de água foi utilizada para triturar as folhas no liquidificador, e o material triturado foi colocado nos balões com auxílio de um funil. Os balões com cada tratamento foram aquecidos em manta aquecedora e após iniciar a fervura das folhas e ocorrer a formação da primeira gota de extração no dedo condensador, estes permaneceram extraindo os OEs durante 4 h (Sartor, 2009) (Figura 1). Os OEs obtidos em cada tratamento foram guardados em microtubos de 1,5 µL para posterior quantificação e verificação de seu teor e rendimento.

2.2 Quantificação do teor de umidade das folhas

Após a coleta das folhas de *P. divaricatum* também foi realizada a quantificação do teor de umidade (TU). Para isso, foram separadas amostras em triplicatas de 20g de folhas frescas para secagem em estufa a 50 ºC, até atingirem o peso constante. O TU foi obtido pela seguinte equação: 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 os valores de massa das folhas e flores frescas em relação à base úmida (MF BU) e à base seca (MF BS) das folhas. A MF BS foi corrigida por meio da equação: MF BS = ((100 - TU) * MF BU) / 100.

Figura 1 – Delineamento experimental para extração do óleo essencial de folhas frescas inteira, cortadas e trituradas da espécie de *Piper divaricatum* (Piperaceae), Tangará da Serra/MT.



Fonte: Os autores (2021).

2.3 Determinação do teor e rendimento dos OEs

A quantificação dos OEs foi feita utilizando balança analítica, onde foi aferida a densidade dos OEs extraídos, utilizando uma micropipeta (LabMATE® 2-20 µL) para coletar 20 µL de OE de cada amostra o qual foi pesado em uma balança de precisão Shimadzu® AY220. Para calcular a densidade dos OEs utilizou-se a

equação: DE= *m* / *v*, onde DE= densidade do óleo essencial; *m*= massa calibrada na micropipeta (mg); *v*= volume obtido após pesagem na balança (µL). 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= *moe* / *de*, sendo VO= volume total de óleo essencial obtido de 100 g de material vegetal; *moe*= massa total do óleo essencial extraído (mg); e *de*= densidade do óleo essencial extraído. O volume total dos OEs (mm³) foi considerado como rendimento do OE obtido a partir das extrações de 100g de folhas e flores frescas (RO= volume de óleo em 100g de folhas). O teor do OE extraído das folhas foi calculado com base na matéria seca ou base livre de umidade (BLU), através da equação: TO= (*moe* / *ms*) * 100, onde: TO= teor de óleo (%); *moe*= massa total do óleo essencial extraído (mg); *ms*= massa seca de 100g de folhas (g); e 100= fator de conversão para porcentagem.

2.4 Delineamenteo experimental e análise estatística

O Delineamento experimental foi Inteiramente Casualizado (DIC) com a realização de um bioensaio contendo três tratamentos/fragmentações das folhas de *P. divaricatum* (inteiras, cortadas e trituradas). Os dados do teor e rendimento para os diferentes tratamentos foram submetidos aos pressupostos de normalidade e homogeneidade de variâncias. Nas análises foi utilizado o teste F para a Análise de Variância (ANOVA) e constatada significância, as médias foram comparadas pelo Teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade com o auxílio do software Assistat versão 7.7 beta (Silva & Azevedo, 2016).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

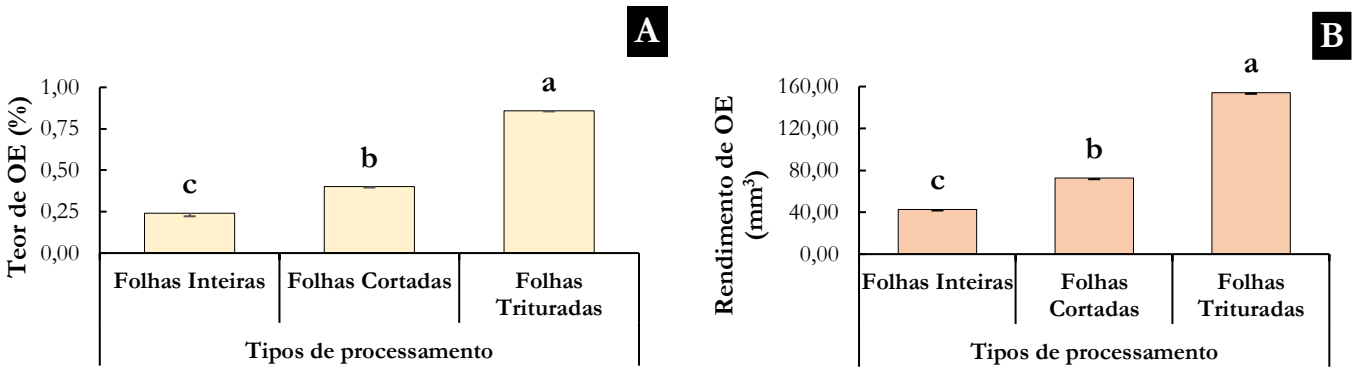
Em nosso estudo a ANOVA mostrou existir diferença significativa no teor e no rendimento entre os OEs obtidos de folhas frescas inteiras, cortadas e trituradas de *P. divaricatum* (Tabela 1). E ao analisar os diferentes tipos de fragmentação das folhas que foram testados, verificou-se que tanto o teor (quantidade de óleo por grama de material vegetal em %) quanto no rendimento (volume de OE extraído em mm³) apresentaram melhores resultados quando as folhas são fragmentadas (Figura 2).

Tabela 1 – Análise de Variância (ANOVA) para teor e rendimento de óleo essencial dos três tratamentos/fragmentações de folhas frescas de *Piper divaricatum* (folhas inteiras, cortadas e trituradas), Tangará da Serra/MT. 2021.

Fonte de variação	G. L.	Valores de F	
		Teor (%)	Rendimento (mm³)
Tratamentos	2	2542881**	2783418**
Resíduos	6	-	-
p-valor	-	<.0001	<.0001
C. V.	-	6.92	6.67

Nota: ** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < .01) (teste Scott-Knott a 5%).
G. L.= grau de liberdade; C. V.= Coeficiente de variação.
Fonte: Os autores (2022).

Figura 2 – Quantidade de óleo essencial (OE) obtidos de folhas frescas inteiras, cortadas e trituradas de *Piper divaricatum*. A) Teor de OE (%); B) Rendimento de OE (mm³).



Nota: Barras seguidas de letras diferente apresentam diferença significativa entre as partes vegetais pelo teste Scott-Knott a 1%
Fonte: Os autores (2022).

Pode-se notar que as quantidades de OE obtidas foram aumentando de acordo com o aumento da fragmentação vegetal (Figura 2). Estes dados mostram que a fragmentação das folhas de *P. divaricatum* proporciona obtenção de maiores quantidades de OE. Isso pode ser explicado fisicamente, pois quando as folhas são fragmentadas (cortadas ou trituradas) aumenta-se a área de contato delas com a água usada na destilação, além de acelerar a transferência de calor por transmissão de energia (Coelho, 2016).

Ademais, durante o tempo de extração, a parede celular das plantas (formadas por substâncias como a celulose, hemicelulose e a lignina que dão rigidez celular que gera a sustentação anatômica), vão sendo afetadas durante o processo de extração por hidrodestilação devido o menor tamanho do material vegetal fragmentado (Costa, 2005; Farinas, 2011; Crivellari, 2016). Concomitantemente a isto, Menezes-Júnior (1946) relata que os vegetais sofrem alterações morfológicas e estruturais quando aquecidas, perdem parcialmente sua de rigidez, tornando elas maleáveis e suscetíveis a mudanças fisiológicas e rompimento de paredes celulares.

E como os OEs da família Piperaceae, que são consideradas misturas complexas de substâncias voláteis que segundo Calderari (2002) evaporam facilmente em temperatura ambiente, a fragmentação das folhas, que possuem células oleíferas, juntamente com o aquecimento das áreas internas das folhas, podem ser mais facilmente extraídas. Além disso, nas folhas inteiras a parede celular pode atuar como uma barreira, e o OE presente no interior do tecido parenquimático é retirado mais lentamente, do que quando as folhas são cortadas ou trituradas.

Autores como Busato *et al.* (2014) relatam ainda que durante o processo de destilação de OEs é necessário realizar a fragmentação do material vegetal, para facilitar a remoção do OE dos tricomas glandulares. Todavia, estes autores informam que flores, folhas e partes finas e não fibrosas não precisam ser fragmentadas. Nosso estudo com folhas de *P. divaricatum*, mostrou que isso não é uma regra para todas os grupos vegetais, pois verificamos quantidades de OEs até 169% e 360% maiores utilizando folhas cortadas e trituradas respectivamente, do que quando folhas inteiras foram usadas.

Ressaltamos que em nosso trabalho buscamos compreender o efeito da fragmentação sobre a extração do OE das folhas frescas de *P. divaricatum*, e verificamos que esse processamento proporciona a obtenção de maiores quantidade de OE durante o processo de hidrodestilação. Diante desses resultados, sugerimos novas pesquisas para verificar possíveis efeitos sazonais, visto que os estudos com OEs de muitas espécies de *Piper* ainda são incipientes quando consideramos a diversidade de espécies descritas nesta família botânica. Além disso, vários outros estudos podem ser realizados, seja para otimizar o processo de obtenção do o OE de *P. divaricatum* ou

ainda, para conhecer o perfil químico dessa espécies, inclusive realizando testes de atividade antimicrobiana, fitoinseticida, e de propagação/domesticação, como tem sido feito com outras Piperaceae nos últimos anos (Calderari, 2002; Souto, Harada & Souza Maia, 2011; Gomes & Krinski, 2016; 2017; 2018ab; 2019; 2020; Krinski & Foerster, 2016; Sanini *et al.,* 2017; Ferriani *et al.,* 2018; Krinski; Deschamps & Foerster, 2018; Krinski, Foerster & Deschamps, 2018; Ferriani & Krinski, 2019ab; De Souza *et al.,* 2020).

4 CONCLUSÃO

Concluímos que a fragmentação das folhas frescas de *P. divaricatum* proporciona extrair mais de 160% de OE quando as folhas são cortadas e em mais de 350% quando as folhas são trituradas, otimizando assim o processo de destilação a partir de folhas frescas dessa espécie.

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

Almeida, J. G. L. (2007). *Contribuição ao conhecimento químico de plantas do nordeste: Andira surinamensis e Piper divaricatum.* (Dissertação de Mestrado em Química Orgânica) Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

Araújo, M. J., Câmara, C. A., Born, F. S., Moraes, M. M., & Badji, C. A. (2012). Acaricidal activity and repellency of essential oil from *Piper aduncum* and its components against *Tetranychus urticae*. *Experimental and Applied Acarology*, 57(2), 139-155.

Barbosa, Q. P., da Câmara, C. A., Ramos, C. S., Nascimento, D. C., Lima-Filho, J. V., & Guimarães, E. F. (2012). Chemical composition, circadian rhythm and antibacterial activity of essential oils of *Piper divaricatum*: a new source of safrole. *Química Nova*, 35, 1806-1808.

Bizzo, H. R., Hovell, A. M. C., & Rezende, C. M. (2009). Óleos essenciais no Brasil: aspectos gerais, desenvolvimento e perspectivas. *Química Nova*, 32, 588-594.

Briggs, L. H., & Sutherland, M. D. (1942). The essential oil of *Cupressus macrocarpa*. *The Journal of Organic Chemistry*, 7(5), 397-407.

Brú, J. & Guzman, J. D. (2016). Folk medicine, phytochemistry and pharmacological application of *Piper marginatum*. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 26, 767-779.

Busato, N. V., Silveira, J. C., Costa, A. O. S. D., & Costa Junior, E. F. D. (2014). Estratégias de modelagem da extração de óleos essenciais por hidrodestilação e destilação a vapor. *Ciência Rural*, 44, 1574-1582.

Calderari, M. T. (2002). *Estudo dos óleos essenciais de Piperaceae do Vale do Itajaí em Santa Catarina*. (Dissertação de Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina.

Chanprapai, P., & Chavasiri, W. (2017). Antimicrobial activity from *Piper sarmentosum* Roxb. against rice pathogenic bacteria and fungi. *Journal of Integrative Agriculture*, 16(11), 2513-2524.

Chaves, J. H. (2008). *Contribuição ao estudo químico de Piper divaricatum e Schinus terebinthifolius*. (Dissertação de Mestrado em Química), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.
Craveiro, A. A., & Queiroz, D. C. D. (1993). Óleos essenciais e química fina. *Química nova*, 16(3), 224-228.

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

Corpes, R., De Menezes, I. C., Da Silva, J. M. C., & Rodrigues Junior, O. M. (2017). Germinação in vitro e formação de plântulas de *Piper divaricatum* G. Mayer sob diferentes condições de cultivo. *In* A. T. S. Alfaro, D. G. Trojan (Orgs) *Ciências ambientais e o desenvolvimento sustentável na Amazônia*. (pp. 68-76) Curitiba: Atena.

Costa, L. C. D. B., Corrêa, R. M., Cardoso, J. C. W., Pinto, J. E. B., Bertolucci, S. K., & Ferri, P. H. (2005). Secagem e fragmentação da matéria seca no rendimento e composição do óleo essencial de capim-limão. *Horticultura Brasileira*, 23, 956-959.

Crivellari, A. C. (2016). *Caracterização estrutural das hemiceluloses de paredes celulares de cana-de-açúcar* (Tese de Doutorado), Universidade de São Paulo.

Da Silva, J. K. R., Andrade, E. H. A., Guimaraes, E. F., & Maia, J. G. S. (2010). Essential oil composition, antioxidant capacity and antifungal activity of *Piper divaricatum*. *Natural Product Communications*, 5(3), 1934578X1000500327.

Da Silva, J. K. R., Silva, J. R. A., Nascimento, S. B., Da Luz, S. F., Meireles, E. N., Alves, C. N., ... & Maia, J. G. S. (2014). Antifungal activity and computational study of constituents from *Piper divaricatum* essential oil against *Fusarium* infection in black pepper. *Molecules*, 19(11), 17926-17942.

De Morais, L. A. S. (2009). Óleos essenciais no controle fitossanitário. *In* Bettiol, W. & Morandi, M. A. B. (Eds.). *Biocontrole de doenças de plantas: uso e perspectivas*. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente. pp. 139-152.

De Oliveira, M. D. L. B., de França, T. A. R., Cavalcante, F. S. A., & Lima, R. A. (2020). O gênero *Piper* no Brasil: o estado da arte da pesquisa. *Biodiversidade*, 19(3).

De Oliveira, M. S., da Cruz, J. N., Silva, S. G., da Costa, W. A., de Sousa, S. H. B., Bezerra, F. W. F., ... & de Carvalho Junior, R. N. (2019). Phytochemical profile, antioxidant activity, inhibition of acetylcholinesterase and interaction mechanism of the major components of the *Piper divaricatum* essential oil obtained by supercritical CO2. *The Journal of Supercritical Fluids*, 145, 74-84.

De Rezende, F. M., Rosado, D., Moreira, F. A., & de Carvalho, W. R. S. (2016). Vias de síntese de metabólitos secundários em plantas. *Laboratório de Ensino de Botânica*, 93.

De Santana, M. F., Monteiro, V. B., de Melo, J. P. R., & de Moraes, M. M. (2021). Bioactivity of essential oils for the management of *Tetranychus urticae* Koch and selectivity on its natural enemy *Neoseiulus californicus* (McGregor): A promising combination for agroecological systems. *Acarologia*, 61(3), 564-576.

De Souza, M. T., de Souza, M. T., Bernardi, D., Krinski, D., de Melo, D. J., da Costa Oliveira, D., ... & 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.

Dos Santos, W. B., Majolo, C., dos Santos, D. S., Rosa, M. C., Monteiro, P. C., Rocha, M. J. S., ... & Chagas, E. C. (2018). Eficácia *in vitro* de óleos essenciais de espécies de Piperaceae no controle do acantocéfalo *Neoechinorhynchus buttnerae*. *Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal*, 12(4), 460-469.

Duarte, C. K., & Silva, A. D. (2017). Qual o óleo vegetal de uso culinário mais indicado para indivíduos com dislipidemia?. *Journal of Applied Pharmaceutical Sciences*, 4(2), 43-53.

Dutt, S. (1939). Chemical examination of the essential oil of *Ocimum sanctum* Linn. *Proceedings of the Indian Academy of Sciences -Section A*, 9(1), 72-77).

Farinas, C. S. (2011). A parede celular vegetal e as enzimas envolvidas na sua degradação. São Carlos: *Embrapa Instrumentação, Documentos*.

Ferreira, A. R. A. & Ferreira (2014). *Uso de óleos essenciais como agentes terapêuticos.* (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) Universidade Fernando Pessoa.

Ferriani, A. P., & Krinski, D. (2019a). Effect of cuttings defoliation and different substrates on the vegetative propagation of the monkey-pepper (*Piper aduncum* L.) (Piperaceae). *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 13(1), 130-136.

Ferriani, A. P., & Krinski, D. (2019b). Propagation of pariparoba (Piperaceae) by different types of stem cuttings and substrates. *Acta Biológica Catarinense*, 6(3), 75-80.

Ferriani, A. P., Gomes, E. N., Krinski, D., & Deschamps, C. (2018). Vegetative propagation of *Piper aduncum* L.(matico) using cuttings of varying lenghts and different substrates. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 23(3).

Forzza, R. C., Leitman, P. M., Costa, A., Carvalho Jr, A. A. D., Peixoto, A. L., Walter, B. M. T., ... & Souza, V. C. (2010). *Catálogo de plantas e fungos do Brasil*. v. 2.

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

Gogoi, R., Sarma, N., Loying, R., Pandey, S. K., Begum, T., & Lal, M. (2021). A comparative analysis of bark and leaf essential oil and their chemical composition, antioxidant, anti-inflammatory, antimicrobial activities and genotoxicity of North East Indian *Cinnamomum zeylanicum* Blume. *The Natural Products Journal*, 11(1), 74-84.

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.

Gomes, E. N., & Krinski, D. (2018a). Enraizamento de estacas apicais, medianas e basais de *Piper aduncum* L. em diferentes substratos. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, 17(3), 435-439.

Gomes, E. N., & Krinski, D. (2018b). *Piper crassinervium* Kunth vegetative propagation: influence of substrates and stem cuttings positions. *Applied Research & Agrotechnology*, 11(3), 51-59.

Gomes, E. N., & Krinski, D. (2019). Enraizamento de estacas caulinares de *Piper crassinervium* Kunth sob diferentes concentrações de ácido indolbutírico. *Revista de Agricultura Neotropical*, 6(1), 92-97.

Gomes, E. N., & Krinski, D. (2020). Efeito do ácido indolbutírico no enraizamento de estacas foliares e caulinares de pariparoba (*Piper umbellatum* L.). *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente*, 13(2), 661-678.

Guimarães, E. F., & Giordano, L. C. D. S. (2004). Piperaceae do Nordeste brasileiro I: estado do Ceará. *Rodriguésia*, 55, 21-46.

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

Guimarães, E. F.; Medeiros, E. V. S. S. & Queiroz, G. A. (2021). *Piper* in Flora do Brasil 2020. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. http://reflora.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB12772

IPAM AMAZÔNIA (Brasil) (2021). *Bioma*. In: Glossário. IPAM AMAZÔNIA. https://ipam.org.br/glossario/bioma

Jaramillo-Colorado, B. E., Pino-Benitez, N., & Gonzalez-Coloma, A. (2019). Volatile composition and biocidal (antifeedant and phytotoxic) activity of the essential oils of four Piperaceae species from Choco-Colombia. *Industrial Crops and Products*, 138, 111463.

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.

Krinski, D., Foerster, L. A., & Deschamps, C. (2018). Ovicidal effect of the essential oils from 18 Brazilian *Piper* species: controlling *Anticarsia gemmatalis* (Lepidoptera, Erebidae) at the initial stage of development. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 40.

Liu, Z., Li, H., Cui, G., Wei, M., Zou, Z., & Ni, H. (2021). Efficient extraction of essential oil from *Cinnamomum burmannii* leaves using enzymolysis pretreatment and followed by microwave-assisted method. *LWT - Food Science and Technology*, 147, 111497.

Lopes, J. L. W., Saad, J. C. C., Guerrini, I. A., & Lopes, C. F. (2009). Influência dos fatores bióticos e abióticos na sobrevivência de eucalipto em função do solo e do manejo de viveiro. *Biotemas*, 22(2), 29-38.

Lucchesi, M. E., Chemat, F., & Smadja, J. (2004). Solvent-free microwave extraction of essential oil from aromatic herbs: comparison with conventional hydro-distillation. *Journal of Chromatography A*, 1043(2), 323-327.

Meireles, E. D. N. (2014). *Influência dos metabólitos secundários de Piper divaricatum da região amazônica no controle do Fusarium solani f. sp. piperis causador da fusariose em pimenta do reino*. (Dissertação de Mestrado), Universidade Federal do Pará, Belém.

Menezes Junior, J. F. (1946). Investigações sobre alterações da estrutura vegetal pela ação do calor. *Revista do Instituto Adolfo Lutz*, 6(2), 183-192.

Merlimau, M. (2020). Essential oil from Piperaceae as a potential for biopesticide agents: a review. *Food Research*, 4(5), 1-10.

Peckolt, T., & Peckolt, G. (1888). *História das plantas medicinais e uteis do Brasil* (Dorstenia). 886-896. Rio de Janeiro.

Pereira Junior, L. C. S. (2018). *Efeitos de moléculas naturais contra ações tóxico-farmacológicas de venenos de serpentes*. (Tese de Doutorado em Fisiologia e Farmacologia) - Universidade Federal Fluminense, Niterói.

Rosado, L. D. S., Pinto, J. E. B. P., Botrel, P. P., Bertolucci, S. K. V., Niculau, E. D. S., & Alves, P. B. (2011). Influência do processamento da folha e tipo de secagem no teor e composição química do óleo essencial de manjericão cv. Maria Bonita. *Ciência e Agrotecnologia*, 35, 291-296.

Sakomura, N. K., Longo, F. A., Rabello, C. B. V., Watanabe, K., Pelícia, K., & Freitas, E. R. (2004). Efeito do nível de energia metabolizável da dieta no desempenho e metabolismo energético de frangos de corte. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 33, 1758-1767.

Sanini, C., Massarolli, A., Krinski, D., & Butnariu, A. R. (2017). Essential oil of spiked pepper, *Piper aduncum* L. (Piperaceae), for the control of caterpillar soybean looper, *Chrysodeixis includens* Walker (Lepidoptera: Noctuidae). *Brazilian Journal of Botany*, 40(2), 399-404.

Santos Ferreira, G. K., Margalho, J. F., Almeida, L. Q., dos Anjos, T. O., Cascaes, M. M., do Nascimento, L. D., & de Aguiar Andrade, E. H. (2020). Avaliação sazonal e circadiana do óleo essencial das folhas de *Piper divaricatum* G. Mey. (Piperaceae). *Brazilian Journal of Development*, 6(6), 41356-41369.

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?

Schindler, B., Silva, D. T. D., & Heinzmann, B. M. (2018). Efeito da sazonalidade sobre o rendimento do óleo essencial de *Piper gaudichaudianum* Kunth. *Ciência Florestal*, 28, 263-273.

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

Souto, R. N. P., Harada, A. Y., & de Souza Maia, J. G. (2011). Estudos preliminares da atividade inseticida de óleos essenciais de espécies de *Piper* Linneus (Piperaceae) em operárias de *Solenopis saevissima* F Smith (Hymenoptera: Formicidae), em laboratório. *Biota Amazônia*, 1(1), 42-48.

Valadares, A. C. F., Alves, C. C. F., Alves, J. M., De Deus, I. P., De Oliveira Filho, J. G., Dos Santos, T. C. L., ... & Miranda, M. L. (2018). Essential oils from *Piper aduncum* inflorescences and leaves: chemical composition and antifungal activity against *Sclerotinia sclerotiorum*. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 90, 2691-2699.

Vilhena, C. S., do Nascimento, L. A. S., de Aguiar Andrade, E. H., da Silva, J. K. D. R., Hamoy, M., Torres, M. F., & Barbas, L. A. L. (2019). Essential oil of *Piper divaricatum* induces a general anaesthesia-like state and loss of skeletal muscle tonus in juvenile tambaqui, *Colossoma macropomum*. *Aquaculture*, 510, 169-175.

Yuncker, T. G. (1973). *The Piperaceae of Brazil II. Piper-Group V*; Ottonia; Pothomorphe; Sarcorhachis. v. 3, p. 29-284.