JOURNAL OF EDUCATION, SCIENCE AND HEALTH – JESH
Revista de Educação, Ciência e Saúde
DOI: https://www.doi.org/10.52832/jesh.v6i2.662
Home page: https://bio10publicacao.com.br/jesh
e-ISSN: 2763-6119

OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE EXTRAÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL DE *Piper fuligineum* (PIPERACEAE) E COMPARAÇÃO DO TEOR E RENDIMENTO ENTRE FOLHAS E ESPIGAS

OPTIMIZATION OF THE ESSENTIAL OIL EXTRACTION PROCESS FROM *Piper fuligineum* (PIPERACEAE) AND COMPARISON OF CONTENT AND YIELD BETWEEN LEAVES AND COBS

OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE ACEITES ESENCIALES DE *Piper fuligineum* (PIPERACEAE) Y COMPARACIÓN DE CONTENIDO Y RENDIMIENTO ENTRE HOJAS Y MAZORCAS

Vanessa Cardoso Nunes[1]; **Diones Krinski**[2]; **Michele Trombin de Souza**[3]; **Mireli Trombin de Souza**[3]

[1]Universidade Federal de Pelotas (UFPel), Rio grande do Sul, Brasil. (*cardoso.n.vanessa@gmail.com), [2]Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT) Campus Universitário Professor Eugênio Carlos Stieler, Tangará da Serra, Brasil. [3]Universidade Federal do Paraná (UFPR), Paraná, Brasil.

Recebido: 12/03/2026 | **Aprovado**: 23/03/2026 | **Publicado**: 14/04/2026

Resumo: *Piper fuligineum* (Piperaceae) é uma espécie tropical endêmica da América do Sul, presente em diversos biomas brasileiros e rica em óleos essenciail (OE). Assim, objetivou-se avaliar o teor e rendimento do OE de diferentes estruturas vegetal sob distintos tempos de hidrodestilação e processamento do material. Para isto, as extrações foram realizadas com material vegetal coletados de duas localidades do município de Tangará da Serra-MT, e foram submetidas à hidrodestilação em aparelho tipo Clevenger modificado, em triplicatas, em tempos de 1, 2, 3 e 4 horas, para determinar tempo ideal de extração para cada parte vegetal. Os dados de rendimento e teor foram submetidos aos pressupostos de normalidade e homogeneidade de variâncias. Na análise empregou-se o teste F para análise de variância e o teste Scott-Knott para comparação das médias. Nota-se que as espigas apresentam maior rendimento e teor de OE em relação às folhas. Já para as análises comparativas de tempos de extração em folhas, pode-se observar que o rendimento decai em função do aumento de período de extração, e para as espigas é contrário, aumentando o rendimento com maiores tempos de extração. Na comparação dos tratamentos as folhas foram submetidas (inteira, cortada e triturada) demonstra que o aumento da superfície de contato com corte e trituração eleva o rendimento, porém o processo de trituração ainda é inferior a folhas cortadas.

Palavras-chave: Protocolo. Otimização. Planta Aromática.

Abstract: *Piper fuligineum* (Piperaceae) is a tropical species endemic to South America, present in several Brazilian biomes and rich in essential oils (EO). Therefore, the objective was to evaluate the EO content and yield of different plant structures under different hydrodistillation times and material processing. For this, the extractions were carried out with plant material collected from two locations in the municipality of Tangará da Serra-MT, and were subjected to hydrodistillation in a modified Clevenger-type apparatus, in triplicates, at times of 1, 2, 3 and 4 hours, to determine the ideal time. extraction for each plant part. Yield and content data were subjected to the assumptions of normality and homogeneity of variances. In the analysis, the F test was used for analysis of variance and the Scott-Knott test for the comparison of means. It is noted that the ears have higher yield and EO content in relation to the leaves. As for the comparative analysis of extraction times in leaves, it can be observed that the yield decreases as a function of the increase in the extraction period, and for the ears it is the opposite, increasing the yield with longer extraction times. Comparing the treatments the leaves were submitted (whole, cut and crushed) shows that increasing the contact surface with cutting and crushing increases the yield, but the crushing process is still inferior to cut leaves.

Keywords: Protocol. Optimization. Aromatic Plant.

Resumen: *Piper fuligineum* (Piperaceae) es una especie tropical endémica de Sudamérica, presente en varios biomas brasileños y rica en aceites esenciales (AE). Por lo tanto, el objetivo fue evaluar el contenido y el rendimiento de AE de diferentes estructuras vegetales bajo diferentes tiempos de hidrodestilación y procesamiento del material. Para ello, las extracciones fueron realizadas con material vegetal recolectado en dos localidades del municipio de Tangará da Serra-MT, y fueron sometidos a hidrodestilación en aparato tipo Clevenger modificado, por triplicado, en tiempos de 1, 2, 3 y 4 horas, para determinar el momento ideal de extracción para cada parte de la planta. Los datos de rendimiento y contenido se sometieron a los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas. En el análisis se utilizó la prueba F para el análisis de varianza y la prueba de Scott-Knott para la comparación de medias. Se observa que las mazorcas presentan mayor rendimiento y contenido de AE en relación a las hojas. En cuanto al análisis comparativo de los tiempos de extracción en hojas, se puede observar que el rendimiento disminuye en función del aumento del período de extracción, y para las mazorcas es al contrario, aumentando el rendimiento con mayores tiempos de extracción. La comparación de los tratamientos a los que se sometieron las hojas (enteras, cortadas y trituradas) muestra que al aumentar la superficie de contacto con el corte y el triturado aumenta el rendimiento, pero el proceso de trituración sigue siendo inferior al de las hojas cortadas.

Palabras-clave: Protocolo. Mejoramiento. Planta aromatica

1 INTRODUÇÃO

Piper fuligineum Kunth (Piperaceae) é uma espécie arbustiva, endêmica da América do Sul, sendo encontrada no Brasil, Paraguai e Suriname (Tebbs, 1993). No Brasil está distribuída nos biomas Cerrado, Caatinga e Mata Atlântica (Mazzeu *et al.*, 2018). Caracterizadas pelo perfil fitofisionômico de menor porte, sendo herbáceas, principalmente arbustos ou arvoretas. As espécies desse grupo não costumam ser epífitas, e raramente são lianas (Ruschel, 2004). Apresenta inflorescências em forma de espigas e os frutos são drupas, com sementes pequenas e endosperma escasso (Guimarães & Carvalho-Silva, 2012). Esta espécie ocorre em áreas com abundância de água, como charcos e brejos, elas se encontram em plantas únicas ou em touceiras. As estruturas reprodutivas da planta ocorrem em espigas, comumente retas e curtas, se diferenciando da maioria das espécies que apresentam espigas maiores (Guimarães & Carvalho-Silva, 2012).

O metabolismo secundário das espécies do gênero *Piper* produz e armazena metabólitos ricos em alcalóides, amido, terpenos e covaloctonas (Mazzeu, 2014). Os compostos presentes nesses metabólitos apresentam propriedades fungicida, bactericida, antiparasitárias e inseticidas, o que faz com que os compostos presentes principalmente no óleo essencial (OE) desse grupo sejam estudados para que possam ser utilizados para produção de fármacos e fitoinseticidas agrícolas (Souza *et al.*, 2025), além disso, devido suas características químicas, tornando-a importante em pesquisas de bioprospecção (Krinski, Foerster & Deschamps, 2018).

A utilização do OE em ensaios laboratoriais onde visa testar sua eficiência em controle de insetos praga, demanda de quantidades de OE puro e com qualidade (Mendonça, 2019). Assim, extração de diferentes estruturas da planta permite conhecer em que parte vegetal é possível se obter maior volume do produto com menores gastos. Já a utilização de diferentes tratamentos e tempos de extração são importantes para delimitar qual o tratamento do material vegetal possibilita maior rendimento de OE, e em menor tempo, pois extrações em menores períodos demanda menos energia e água no processo de hidrodestilação, o que contribui com o meio ambiente e reduz o valor empregado na produção do produto final (Souza *et al.*, 2020).

Neste contexto, o presente estudo teve como objetivo avaliar o rendimento e o teor de OE de *P. fuligineum* extraído de diferentes estruturas vegetais da espécie, bem como analisar a influência de distintos tempos de hidrodestilação e processamento do material vegetal no processo de extração. Com base nisto, buscou-se

identificar a parte da planta e o processamento que proporcionam maior eficiência na obtenção do OE, contribuindo para a otimização do processo de extração e para o melhor aproveitamento dessa espécie em estudos de bioprospecção e aplicações agronômicas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Locais de desenvolvimento da pesquisa

O trabalho foi conduzido no laboratório de Genética Animal, situado no Centro de Pesquisas, Estudos e Desenvolvimento Agroambientais (CPEDA), na Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), Campus Universitário Professor Eugênio Carlos Stieler, Tangará da Serra, Mato Grosso, Brasil.

2.2 Coletas de material vegetal

As folhas e espigas de *P. fuligineum* foram coletadas de forma aleatória em dezembro de 2020, em Tangará da Serra, Mato Grosso, Brasil (14º 38’ 51”S - 57º 26’ 10” W - 427 m). Sendo uma área de transição dos biomas Cerrado e Floresta amazônica, com fitofisionomia florestal predominante (Krinski, 2008).

Espigas foram coletadas em maio de 2021 em Tangará da 6 Serra, Mato Grosso, Brasil (14° 33 '40" S - 57° 27' 41" W - 317 m). Este local é uma área de transição de biomas, Cerrado e floresta Amazônica, com predominância de floresta (KRINSKI, 2008). A espécie foi identificada 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.

2.3 Extração e quantificação do óleo essencial

Para a obtenção dos OEs, as folhas e as espigas foram coletadas de dez espécimes e homogeneizadas para que não houvesse diferenças entre as amostras. Foram pesadas três amostras de 100 g para cada tratamento de folhas, totalizando 36 amostras de 100 g. Para determinar a quantidade de matéria seca por g de material vegetal, foram pesadas três amostras de 20 g de folhas e três de espigas, que foram colocadas em sacos de papel, e levadas à estufa a uma temperatura de 50 ºC por uma semana para a quantificação de matéria seca. O teor de umidade foi calculado através da fórmula:

$$TU\ \% = \frac{massa\ úmida - massa\ seca}{massa\ úmida}.100\,\frac{dC}{dt} = K_L{}^{\alpha}(C^* - C) - Q_{O_2}.X \qquad (1)$$

A determinação do TU% foi utilizada nos cálculos de rendimento de OE, mais especificamente os valores de massa vegetal (de folhas e espigas) fresca em relação à base úmida (MV BU) e à base seca (MV BS) do material vegetal. A massa foliar à base seca (MV BS) foi corrigida através da fórmula:

$$MV\ BS = \frac{(100-TU)\ .\ MV\ BU}{100}\frac{dC}{dt} = K_L{}^{\alpha}(C^* - C) - Q_{O_2}.X \qquad (2)$$

Para extração do OE de *P. fuligineum*, folhas e órgãos reprodutivos frescos (espigas), foram submetidos separadamente à hidrodestilação para a extração do OE, em aparelho tipo Clevenger modificado (SARTOR, 2009). A extração foi realizada em triplicatas de 100 g, e o teor e o rendimento do OE extraído da biomassa vegetal

foi calculado com base na matéria seca ou base livre de umidade (BLU) (SANTOS *et al.*, 2004). O teor e rendimento do OE foi calculado através da fórmula:

$$TO = \frac{VO}{Bm - \left(\frac{Bm\ .\ U}{100}\right)} . 100 \frac{dC}{dt} = K_L{}^{\alpha}(C^* - C) - Q_{O_2}.X \quad (3)$$

Onde, TO= Teor de óleo (%); VO= Volume de óleo extraído; Bm= Biomassa aérea vegetal; U= Umidade; e 100= fator de conversão para porcentagem. Essa equação é largamente aplicada na determinação do teor de óleo essencial em BLU, sendo que o valor calculado é expresso em porcentagem, que corresponde ao volume/peso (mL de óleo essencial por 100 g de biomassa seca) e indica o valor correto do teor de óleo contido na biomassa seca. O rendimento de óleo essencial foi obtido a partir da multiplicação entre o teor de óleo e a massa seca da parte aérea, conforme a fórmula:

$$RO = TO\ .\ MSPA \frac{dC}{dt} = K_L{}^{\alpha}(C^* - C) - Q_{O_2}.X \quad (4)$$

em que, RO= rendimento de óleo essencial produzido; TO= teor de óleo essencial; MSPA= massa seca da parte aérea da planta, g por planta. As folhas foram submetidas a 12 tratamentos de extração, sendo 3 processamentos das folhas (folhas inteiras, cortadas e trituradas), que foram submetidas a processo de hidrodestilação por diferentes períodos de tempo (4, 3, 2 e 1 hora).

O OE obtido nos processos de extrações foram acondicionados em microtubos e guardados em freezer com temperatura de -10 ºC, para que não sofresse processo de oxidação. A quantificação dos óleos essenciais foi feita utilizando a balança analítica, onde foi analisado o peso de 20 µL e o peso total do óleo, para se fazer as análises estatísticas de rendimento.

2.4 Análise estatística

Os dados de rendimento foram submetidos aos pressupostos de normalidade e homogeneidade de variâncias. Na análise empregou-se o teste F para análise de variância e o teste Scott-Knott para comparação das médias com o auxílio do software Assistat versão 7.7 beta (Silva & Azevedo, 2016).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Comparação de folhas versus espigas

As análises de variância para comparação do rendimento de massa seca do OE das espigas e folhas de *P. fuligineum*, em extrações de 4 horas apresentou variação (F= 68. 5308, P= 0.001 e CV%= 19.12), sendo significativa a 1% no teste t de Student. A variação do volume total de OE, também teve resultado com variação significativa (F= 167.2693, P= < .0001 e CV%= 11.85) respectivamente (Tabela 1).

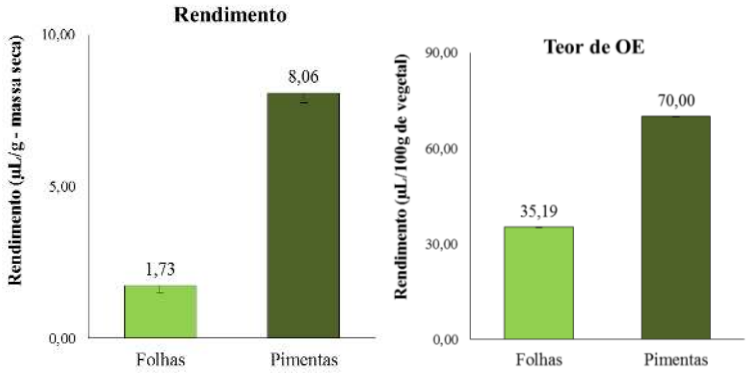
Tabela 1. Análise de variância para o rendimento e volume do óleo essencial (OE) obtido de folhas e inflorescências de *Piper fuligineum* (Piperaceae).

Fonte de variação	G.L.	Valores de F	
		Rendimento de OE[a]	Volume Total de OE[b]
Tratamentos	1	68.5308 **	167.2693 **
Resíduo	4	-	-
Valor de P	-	0.001	<.0001
C.V. (%)	-	19.12	11.85

*significativo a 1% pelo teste *t* de Student;[a](µL/g - massa seca);[b](µL/100 g da extração).

O rendimento de OE das espigas (8,06 µL/g) de *P. fuligineum* foi superior às folhas (1,73 µL/g) (Figura 1 A). Da mesma maneira, o teor do OE das pimentas (70,00 µL/100g) foi maior em relação às folhas (35,19 µL/100g) (Figura 1 B).

Figura 1 A- Folhas inteiras *x* diferentes tempos de extração; B - Folhas inteiras *x* diferentes tempos de extração.



O OE presente nas folhas e espigas de *P. fuligineum* é proveniente do metabolismo secundário da planta, e armazenado como reserva energética no tecido parenquimático de diferentes estruturas vegetais, podendo variar durante seus estágios de desenvolvimento (Albiero *et al.*, 2005). As fases fenológicas da planta são descritas na literatura como um fator que afeta diretamente a variação do teor desses metabólitos. Isso se dá devido ao aumento das taxas metabólicas devido à ação de fitormônios que estimula a produção de nutrientes para a formação dos órgãos reprodutivos (Silva *et al.*, 2015). Esses metabólitos produzidos são armazenados nos tecidos da planta nas fases vegetativas, e durante a formação das estruturas reprodutivas são realocados, encontrando-se em maiores quantidades nos tecidos de reprodução (Amaral *et al.*, 2015). Desse modo, o maior rendimento de OE nos órgãos reprodutivos ocorre por causa da realocação de nutrientes, devido uma maior demanda energética para a produção de flores e frutos, o que corrobora com o rendimento discrepante entre folhas e espigas de *P. fuligineum* (Schindler, Silva & Heinzmann, 2018).

3.2 Comparação de diferentes tempos de extração

3.2.1 Folhas

Ao analisar o rendimento de OE comparando diferentes tempos de extração pode-se notar que não houve variação significativa (folhas inteiras, F= 0.8653, P= 0.4976 e CV%= 41.78; folhas cortadas, F= 4.0376, P= 0.0508 e CV%= 26.87; folhas trituradas, F= 0.9934, P= 0.4437 e CV%= 36.04) (Tabela 2).

Tabela 2. Análise de variância para o rendimento (µL/g - massa seca) do óleo essencial (OE) obtido de folhas inteiras, cortadas e trituradas de *Piper fuligineum* (Piperaceae) em diferentes tempos de extração (4, 3, 2 e 1 horas). Tangará da Serra/MT, 2020.

Fonte de variação	G.L.	Valores de F		
		Folhas Inteiras	Folhas Cortadas	Folhas Trituradas
Tratamentos	3	0.8653 ns	4.0376 ns	0.9934 ns
Resíduo	8	-	-	-
Valor de P	-	0.4976	0.0508	0.4437
C.V. (%)	-	41.78	26.87	36.04

ns: não significativo pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Para o rendimento de OE comparando os diferentes tempos de extração não houve diferença significativa (4 horas, F= 3.0473, P= 0.1221 e CV%= 38.62; 3 horas, F= 0.7722, P= 0.503 e CV%= 28.29; 2 horas, F= 3.3779, P= 0.1041 e CV%= 31.66; 1 hora, F= 0.5900, P= 0.5835 e CV%= 38.99) (Tabela 3).

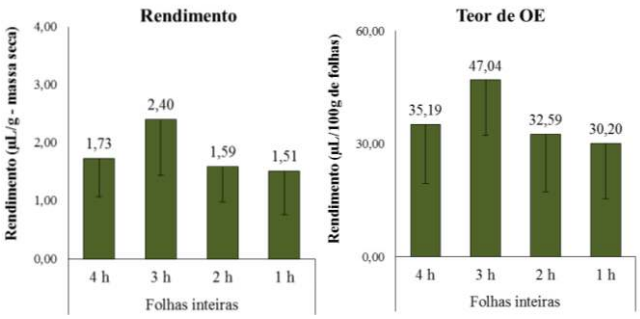
Tabela 3. Análise de variância para o rendimento (µL/g - massa seca) do óleo essencial (OE) obtido *Piper fuligineum* (Piperaceae) extraído em diferentes tempos de extração (4, 3, 2 e 1 horas) de folhas inteiras, cortadas e trituradas. Tangará da Serra/MT, 2020.

Fonte de variação	G.L.	Valores de F			
		4 h de extração	3 h de extração	2 h de extração	1 h de extração
Tratamentos	2	3.0473 ns	0.7722 ns	3.3779 ns	0.5900 ns
Resíduo	6	-	-	-	-
Valor de P	-	0.1221	0.503	0.1041	0.5835
C.V. (%)	-	38.62	28.29	31.66	38.99

ns: não significativo pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Ao comparar o rendimento do OE de folhas inteiras em diferentes tempos de extração nota-se que o resultado foi estatisticamente igual nos tempos de 4, 3, 2 e 1 horas (Figura 2 A). O teor de OE das folhas inteiras teve comportamento similar ao resultado anterior, tendo o rendimento estatisticamente igual nos quatro tempos de extração (Figura 2 B).

Figura 2 - A) Folhas inteiras x diferentes tempos de extração; B) Folhas inteiras x diferentes tempos de extração.

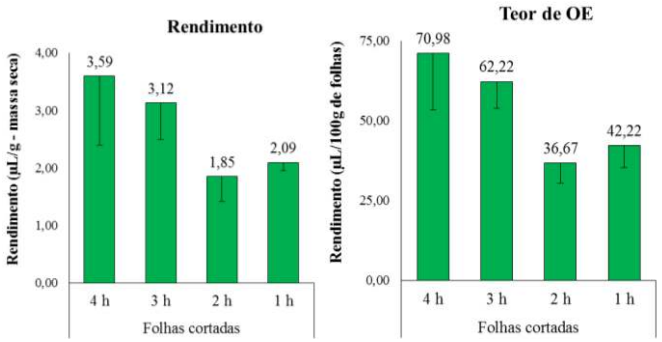


A hidrodestilação de folhas inteiras de *P. fuligineum* de 1 hora se torna mais viável, já que o rendimento não apresentou variação significativa, entre 1 e 4 horas. O teor de OE obtido nos diferentes tempos de extração teve o mesmo padrão, indicando que o OE presente na biomassa vegetal é extraído na primeira hora de hidrodestilação. Logo, mais tempo de extração não é vantajoso, levando em conta o consumo de energia e água empregada no

processo.

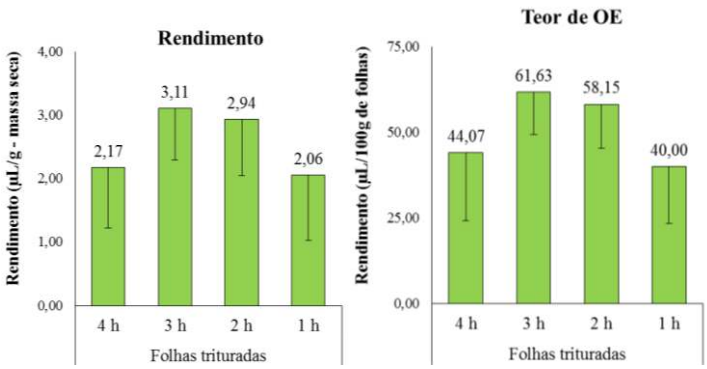
Em relação ao rendimento de OE das folhas cortadas comparando os tempos de extração 3 (3,12 µL/g) e 4 h (3,59 µL/g) tiveram valores superiores à 1 (2,09 µL/g) e 2 horas (1,85 µL/g) (Figura 3 A). Da mesma maneira, o teor de OE de 3 horas (70,98 µL/100g) e 4 horas (62,22 µL/100g) foram maiores que 1 (36,67 µL/100g) e 2 horas (42,22 µL/100g) (Figura 3 B). Cortando as folhas, aumenta a área de contato, o que pode ser um fator que faça com que o óleo presente no interior das células seja carreado pelo vapor em menores tempos, implicando diretamente no tempo necessário para que se retire todo o óleo da massa vegetal. Adicionalmente, extrações em folhas cortadas tiveram resultado similar em períodos de 4 e 3 horas no rendimento e no teor, já em 2 e 1 hora o resultado foi igual entre si, porém diferentes de 4 e 3 horas, o que torna o tempo de 1 e 2 horas muito mais viáveis. A redução do tempo de 4 para 1 hora diminuirá o valor empregado na obtenção do OE, e torna-se mais ecológico. A redução do tempo também implica em maiores quantidades de extração, com o volume final de produção obtido de todas as extrações sendo superior ao que seria obtido se utilizado o período de 4 horas.

Figura 3- A) Folhas Cortadas x Diferentes tempos de extração; B) Folhas Cortadas x Diferentes tempos de extração.



As análises do rendimento de OE de *P. fuligineum* de folhas trituradas submetidas a diferentes tempos de extração, mostrou que para esse tratamento o rendimento foi estatisticamente igual em todos os tempos de extração (Figura 4 A). O teor de OE teve o mesmo padrão do rendimento de massa seca, sendo estatisticamente iguais entre si (Figura 4 B).

Figura 4- A) Folhas trituradas x diferentes tempos de extração; B) Folhas Trituradas x Diferentes tempos de extração.



Ao submeter as folhas ao processo de trituração aumenta a área de contato, além de promover a quebra dos tecidos e o rompimento de parte das células vegetais, o que pode ser um fator que acelera as extrações, tendo

em vista que o OE vai sair da célula com maior facilidade, diminuindo o tempo necessário para carrear todo o óleo.

O rendimento da matéria seca, assim como o volume, quando comparados os tempos de extração mostra que o valor obtido nos tempos de 1 e 4 h são iguais, indicando que 1 hora tem maior viabilidade. O tempo ideal de extração é um fator que varia de acordo com a espécie e parte vegetal utilizadas, sendo necessário estudo prévio e desenvolvimento de um modelo experimental a fim de estabelecer o tempo de extração adequado à espécie, visando um processo eficiente (Ehlert *et al.*, 2006).

3.2.2 Espigas

As análises de variância do rendimento de OE das espigas de *P. fuligineum* em diferentes tempos houve variação significativas (F= 56.4930, P=<.0001, C. V. %= 15.74) (Tabela 4).

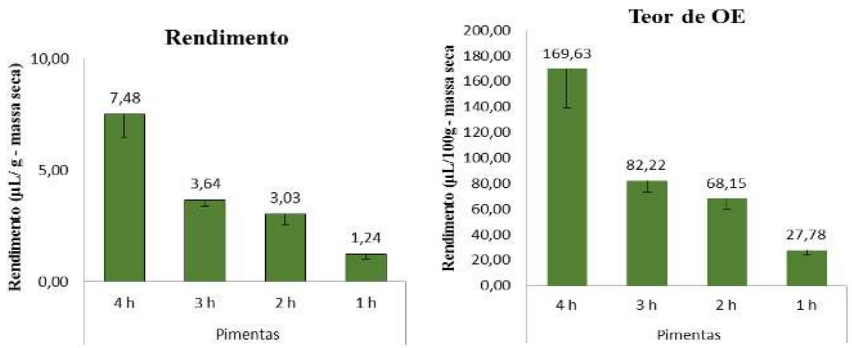
Tabela 4. Análise de variância para o rendimento do óleo essencial (OE) (µL/g de massa seca) obtido de *Piper fuligineum* (Piperaceae) extraído em diferentes tempos de extração (4, 3, 2 e 1 horas) de espigas. Tangará da Serra/MT, 2020.

Fonte de variação	G.L.	Valor de F
Tratamentos	11	56.4930
Resíduo	8	-
Valor de P	-	<.0001
C.V. (%)	-	15.74

** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < .01)

O rendimento do OE das espigas no tempo de extração de 4 h (7.48 µL/g) foi superior aos demais tempos de extração. Os tempos de extração de 3 h (3.64 µL/g) e 2 h (3.03 µL/g) foram estatisticamente iguais, sendo inferiores ao rendimento de 4 h (1.24 µL/g) e superiores a 1 h (1.24 µL/g). (Figura 5 A). O teor de OE teve o mesmo padrão estatístico do rendimento, sendo superior em 4 h (169.63 µL/100g) em relação aos demais tempos (F = 56,4930, P = <0,0001, CV = 15,74) (Figura 5 B). O maior rendimento e teor de OE em maiores tempos de extração podem estar relacionados ao tipo de órgão e estrutura secretora, que dificulta a saída das células para conduzir o carreamento completo (Mattana *et al.*, 2015). Nas espigas, a estrutura é mais densa, desse modo, necessita de maior tempo de exposição ao calor do destilador para atingir as camadas mais profundas do órgão. Outro fator que pode ter acarretado 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).

Figura 5- A) Espigas x diferentes tempos de extração; B) Espigas x Diferentes tempos de extração.



3.3 Comparações de diferentes tratamentos

Ao comparar o volume total de OE para cada tempo, nota-se que para as extrações de folhas inteiras não houve variação significativa (F=0.7385, P= 0.5581 e CV%= 41.54). Para as folhas cortadas o volume total de óleo apresentou diferença significativa nos diferentes tempos de extração (F= 6,7734, P= 0,0137 e CV%= 20,38). Para as folhas trituradas o resultado não foi significativo (F= 1,3310, P= 0,3306 e CV%= 31,04), apresentando volume similar em todos os tempos de extração ao qual foi submetido (Tabela 5).

Tabela 5. Análise de variância para o teor do óleo essencial (OE) (µL/100 g da extração) obtido de folhas inteiras, cortadas e trituradas de *Piper fuligineum* (Piperaceae) em diferentes tempos de extração (4, 3, 2 e 1 horas). Tangará da Serra/MT, 2020.

		Valores de F		
Fonte de variação	G.L.	Folhas Inteiras	Folhas Cortadas	Folhas Trituradas
Tratamentos	3	0.7385 ns	6.7734 *	1.3310 ns
Resíduo	8	-	-	-
Valor de P	-	0.5581	0.0137	0.3306
C.V. (%)	-	41.54	20.38	31.04

*significativo a 5% pelo teste de Scott-Knott;
ns: não significativo.

O resultado da análise de variância do volume total de OE comparando os diferentes tratamentos não foi significativo para folhas inteira, cortada e triturada, tendo teor estatisticamente igual nas extrações em todos tempos (Tabela 6).

Tabela 6. Análise de variância para o volume total do óleo essencial (OE) (µL/100 g da extração) obtido de *Piper fuligineum* (Piperaceae) extraído em diferentes tempos de extração (4, 3, 2 e 1 horas) de folhas inteiras, cortadas e trituradas. Tangará da Serra/MT, 2020. Tangará da Serra/MT, 2020.

		Valores de F			
Fonte de variação	G. L.	4 h de extração	3 h de extração	2 h de extração	1 h de extração
Tratamentos	2	0.7385 ns	1.5257 ns	3.8425 ns	0.6784 ns
Resíduo	6	-	-	-	-
Valor de P	-	0.5581	0.2913	0.0843	0.5425
C. V. (%)	-	41.54	21.18	28.57	35.91

ns: não significativo pelo teste de Skott-Knott a 5% de probabilidade.

Ao comparar o rendimento das folhas inteiras (1,73 µL/g), cortadas (3,59 µL/g) e trituradas (2,17 µL/g) no tempo de 4 h, nota-se que são estatisticamente iguais (Figura 6 A). De maneira similar, o teor de OE apresentou

o mesmo padrão para folhas inteiras (35,19 µL/g), cortadas (70,98 µL/100g) e trituradas (44,07 µL/100g) (Figura 6 B).

Ao comparar o rendimento das folhas inteiras (2,40 µL/g), cortadas (3,12 µL/g) e trituradas (3,11 µL/g) no tempo de 3 h foram estatisticamente iguais (Figura 7 A). De maneira similar, o teor de OE apresentou o mesmo padrão para folhas inteiras (47,04 µL/100g), cortadas (62,22 µL/100g) e trituradas (61,63 µL/100g) (Figura 7 B).

Figura 6 - A) Comparação do rendimento entre folhas inteiras, cortadas e trituradas durante a extração de 4 horas; B) Comparação do teor entre folhas inteiras, cortadas e trituradas durante a extração de 4 horas.

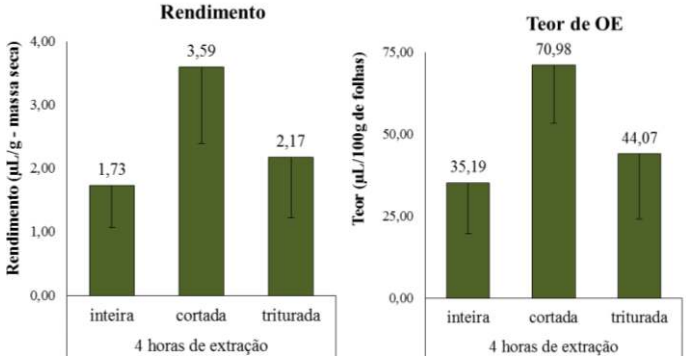
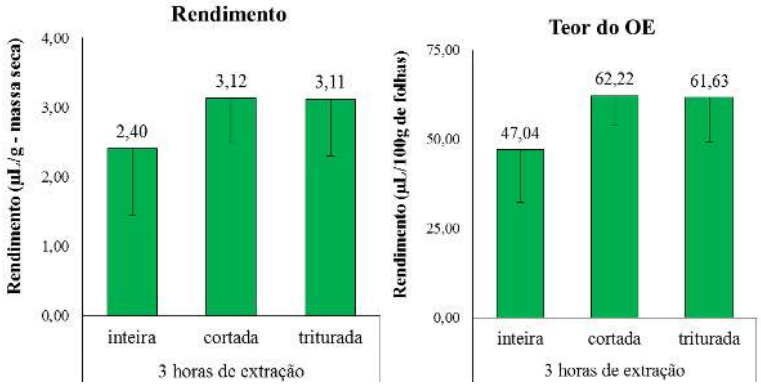
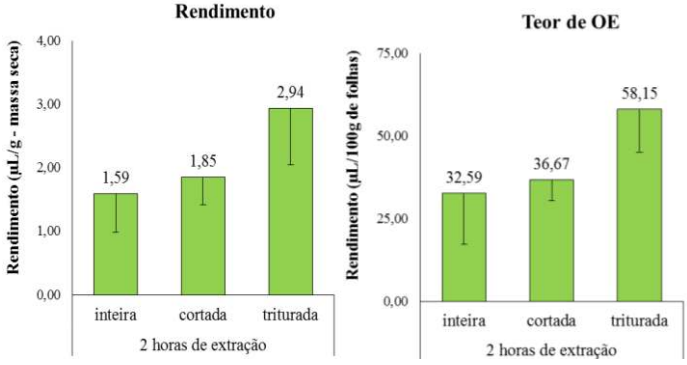


Figura 7 - A) Comparação do rendimento entre folhas inteiras, cortadas e trituradas durante extração de 3 horas; B) Comparação do teor entre folhas inteiras, cortadas e trituradas durante extração de 3 horas.



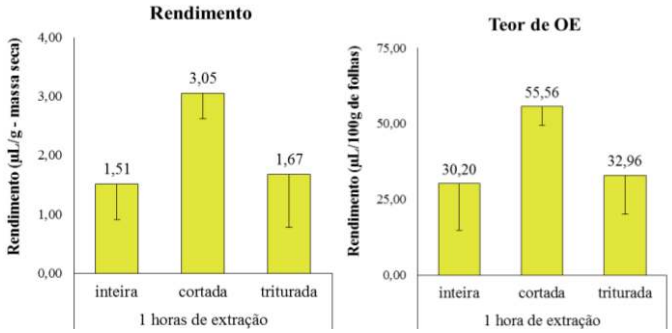
Ao comparar o rendimento das folhas inteiras (1,59 µL/g), cortadas (1,85 µL/g) e trituradas (2,94 µL/g) no tempo de 2 h foram estatisticamente iguais (Figura 8 A). De maneira similar, o teor de OE apresentou o mesmo padrão para folhas inteiras (32,59 µL/100g), cortadas (36,67 µL/100g) e trituradas (58,15 µL/100g) (Figura 8 B).

Figura 8 - A) Comparação do rendimento entre folhas inteiras, cortadas e trituradas durante a extração de 2 horas; B) Comparação do teor entre folhas inteiras, cortadas e trituradas durante a extração de 2 horas.



Para o tempo de extração de 1 h, a comparação do rendimento de OE de *P. fuligineum* nos tratamentos (inteira 1,51 µL/g, cortada 3,05 µL/g e triturada 1,67 µL/g), demonstrou que são iguais estatisticamente (Figura 9 A). O teor do OE apresentou padrão similar, com 30,20 µL/100g de massa seca para folhas inteiras, de 55,56 µL/100g para folhas cortadas e de 32,96 µL/g para folhas trituradas (Figura 9 B). O rendimento e volume de OE em período de 1 hora quando comparados os tratamentos, têm valores para folhas inteiras e trituradas similares entre si e inferiores a folhas cortadas, sendo assim a extração de OE em folhas cortadas, mais vantajosa.

Figura 9 - A) Comparação do rendimento entre folhas inteiras, cortadas e trituradas durante a extração de 1 hora; B) Comparação do teor entre folhas inteiras, cortadas e trituradas durante a extração de 1 hora.



3.4 Análise fatorial de Tempo x tratamento

A análise fatorial para o rendimento do OE de *P. fuligineum* extraído em folhas inteiras, cortadas e trituradas (Fator 1) teve variação entre os tratamentos, (F= 4.0698; P= 0.03 e CV%= 34.27). Para os diferentes tempos de extração não houve diferença significativa, tendo rendimento médio de OE similar (F= 2.6342; P= 0.0729 e CV%= 34.27), em todos os tempos de extração (Fator 2), ao qual foi submetido indicando que o período não altera o rendimento de OE extraído por grama de massa seca. A interação entre os fatores 1 e 2 não foi significativa (F= 1.3216, P= 0.2859 e CV% 34.27) (Tabela 7).

A análise fatorial comparando o fator 1, processamento das folhas (inteiras, cortadas e trituradas) e o fator 2, diferentes tempos (4, 3, 2 e 1 hora), mostra que os tratamentos aos quais as folhas foram submetidas, tem influência no rendimento médio de OE por grama de massa seca, com resultados iguais para folhas cortadas e trituradas, e estatisticamente melhor que o rendimento de folhas inteiras.

Tabela 7. Análise de variância da análise fatorial para o rendimento (µL/g - massa seca) do óleo essencial (OE) de *Piper fuligineum* (Piperaceae) extraído em diferentes tempos de extração (4, 3, 2 e 1 horas) de folhas inteiras, cortadas e trituradas. Tangará da Serra/MT, 2020. Tangará da Serra/MT, 2020.

Fonte de variação	G.L.	Valores de F	Valor de P
Fator 1 (F1) (preparo das folhas)	2	4.0698 *	0.03
Fator 2 (F2) (tempo de extração)	3	2.6342 ns	0.0729
Interação F1xF2	6	1.3216 ns	0.2859
Tratamentos	11	2.1792 ns	0.0536
Resíduo	24	-	-
C.V. (%)	-	34.27	-

*significativo a 5% pelo teste de Scott-Knott;

O fator tempo, ao ser comparado demonstrou ser estatisticamente igual em todos os tratamentos, e não havendo interação entre os dois fatores analisados (Figura 10). A análise fatorial do rendimento total de OE, dos fatores 1 e 2 têm o mesmo padrão, sendo igual para os tratamentos de folhas cortadas e trituradas, com maior rendimento em relação às folhas inteiras, o que os torna estatisticamente melhores. O fator 2 não apresentou diferença entre os parâmetros analisados, sendo estatisticamente iguais. A análise fatorial não demonstrou interação entre os fatores 1 e 2 (Figura 11).

Figura 10 - Resultado da Análise Fatorial comparando o fator de processamento das folhas (inteiras, cortadas e trituradas) e o fator diferentes tempos de extração (4, 3, 2 e 1 h) e a interação entre esses fatores.

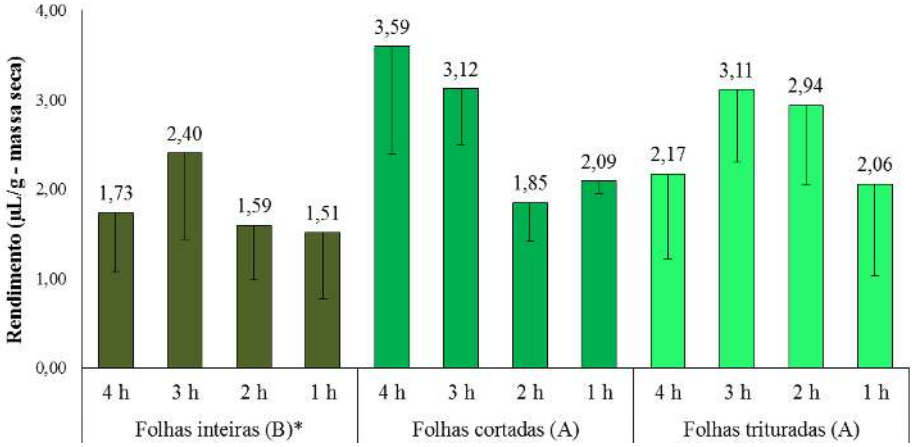
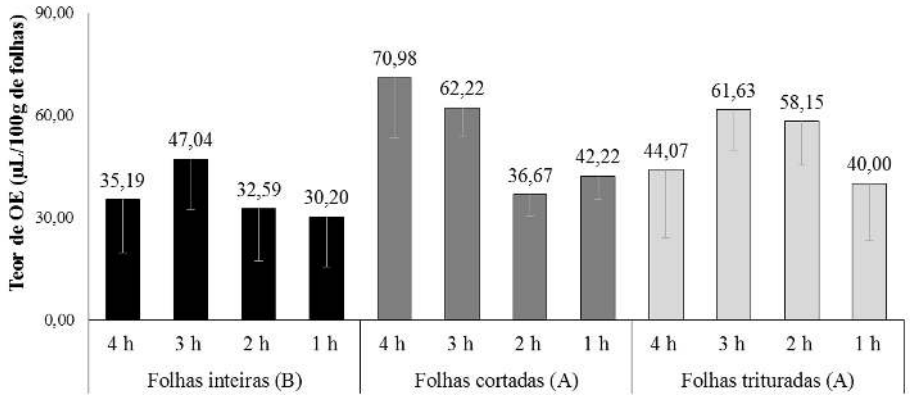


Figura 11 - Resultado da Análise Fatorial comparando o fator de processamento das folhas (inteiras, cortadas e trituradas) e o fator diferentes tempos de extração (4, 3, 2 e 1 h) e a interação entre esses fatores.



Ao comparar o rendimento e volume final de OE obtidos em cada tratamento, pode-se observar que os tratamentos de folhas cortadas e trituradas têm resultados iguais entre si, e com valores superiores às folhas inteiras. Com isso pode-se inferir que são mais eficientes que a extração de folhas inteiras.

4. CONCLUSÃO

Através das análises feitas ao longo desse trabalho, pode-se concluir que o tempo de extração maior para as folhas não implica em maior rendimento, sendo pouco viáveis as extrações de 4 horas do ponto de vista econômico, sendo recomendado que se faça em períodos de 2 ou 1 hora. Já as análises de diferentes tempos de extração para espigas notam-se o inverso do resultado obtido em folhas, onde as espigas têm um aumento

significativo de teor e rendimento conforme o tempo de extração aumenta, sendo viável a extração em períodos de 4 horas, visando maior produção do OE.

Com a comparação do teor e rendimento de OE das folhas e espigas, nota-se que tanto teor quanto rendimento das espigas foram superiores, apresentando resultados significativamente melhores, indicando que a extração de OE de espigas é mais viável em relação às folhas.

Ao comparar os tratamentos aos quais as folhas foram submetidas, nota-se que o resultado para folhas inteiras foi inferior ao obtido para folhas cortadas e trituradas, sendo assim menos eficiente. Entre folhas cortadas e trituradas, observa-se que as extrações de folhas cortadas podem ser superiores às trituradas, devido a perda de parte do OE no processo de trituração.

Conflitos de interesses

Os autores declaram que não há conflitos de interesse. Todos os autores estão cientes da submissão do artigo.

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. *et al.* Morfo-anatomia do caule e da folha de *Piper gaudichaudianum* Kuntze (Piperaceae). *Acta Farmacêutica Bonaerense*, v. 24, n. 4, p. 550, 2005.

Amaral, L. P. *et al.* Seasonal influence on the essential oil production of *Nectandra megapotamica* (Spreng.) Mez. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, v. 58, p. 12-21, 2015.

Ehlert, P. A. D. *et al.*, Tempo de hidrodestilação na extração de óleo essencial de sete espécies de plantas medicinais. *Revista Brasileira de Plantas Medicinais*, Botucatu, v.8, n.2, p.79-80, 2006.

Guimarães, E. F. & Carvalho-Silva, M. *Piperaceae* In: Wanderley, M. G. L. *et al.*, (eds.) Flora Fanerogâmica do Estado de São Paulo. Instituto de Botânica, São Paulo, vol. 7, pp: 263-320, 2012.

Tebbs, M. C. Revision of *Piper* in the new world. 3. The taxonomy of *Piper* sections Lepiantes and Radula. *Bulletin of the Natural History Museum of London*, 23, P. 1-50, 1993.

Krinski, D. (2008) *List of species and cytogenetics of fish in the region of Tangará da Serra, Upper Paraguay River Basin, Mato Grosso, Brazil.* Dissertation (Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas) Instituto de Biociencias, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, Mato Grosso. 128 f. Doi: 10.13140/RG.2.1.4751.4727

Krinski, D., Foerster, L. A. & Deschamps, C. 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, n. 1, p. e35273, 2018. https://doi.org/10.4025/actasciagron.v40i1.35273

Mazzeu, B. F. (2014). *Estudo de aspectos químicos, biológicos e biossintéticos em Piper fuligineum Kunth(Piperaceae)*. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Química, 142 f. http://hdl.handle.net/11449/110696

Mazzeu, B. F. *et al.* Kavalactones and benzoic acid derivatives from leaves of *Piper fuligineum* Kunth (Piperaceae). *Journal of the Brazilian Chemical Society*, v. 29, n. 6, p. 1286-1290, 2018. Doi: 10.21577/0103-5053.20170225

Mattana, R. S. *et al.* 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*, v. 17, p. 150-156, 2015.

Mendonça, J. F. (2019) *Óleos essenciais de Piperaceae como alternativa para o controle de pragas*. Dissertação (Programa de Pós-graduação em ciência florestal). Rio Branco, Acre. 67f. http://www2.ufac.br/ciflor/egressos/JamilaFariasMendona.pdf

Ruschel, D. (2004) O gênero *Piper* (Piperaceae) no Rio Grande do Sul. Dissertação (Mestrado em Botânica) - Programa de Pós-Graduação em Botânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 84 f. https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/77970/000425642.pdf?sequence=1

Sartor, R. B. *et al.* Modelagem, simulação e otimização de uma planta de extração de óleos essenciais por arraste a vapor. Seminário do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química (8.: 2009 out. 20-23: Porto Alegre, RS). [*Anais*][recurso eletrônico]. Porto Alegre, RS: UFRGS/PPGEQ, 2009., 2009. https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/31890/000783665.pdf?sequence=1

Santos, A. S. *et al.* Descrição de sistema e de métodos de extração de óleos essenciais e determinação de umidade de biomassa em laboratório. *Comunicado Técnico* - Embrapa, p. 1- 6. 2004

Silva, F. A. S. & Azevedo, C. A. V. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. *African Journal of Agricultural Research*, v.11, n.39, p.3733-3740, 2016. Doi: 10.5897/AJAR2016.11522

Silva, D. T. *et al.* Análise do efeito da sazonalidade sobre o rendimento do óleo essencial das folhas de *Nectandra grandiflora* Nees. *Revista Árvore*, v. 39, p. 1065- 1072, 2015.

Silva, L. V. *et al.* Extração do óleo essencial da pimenta rosa (*Schinus molle*) usando hidrodestilação e soxhlet. In: *Congresso Brasileiro de Engenharia Química em Iniciação Científica*. 2005. p. 1-7.

Schindler, B.; Silva, D. T.; Heinzmann, B. M. Efeito da sazonalidade sobre o rendimento do óleo essencial de *Piper gaudichaudianum* Kunth. *Ciência Florestal*, v. 28, p. 263-273, 2018. Doi: 10.5902/1980509831581

Souza, M. T. *et al.* 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*, v. 98, n. 4, p. 2047-2064, 2025.

Souza, M. T. *et al.* 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*, v. 27, n. 12, p. 13056-13065, 2020.