



DESTILAÇÃO FRACIONADA A VÁCUO DO ÓLEO ESSENCIAL DE CAPIM-LIMÃO (*Cymbopogon citratus*): CARACTERIZAÇÃO DO ÓLEO BRUTO E DE SUAS FRAÇÕES

Juliana de Araujo¹; Vanessa S. R. Bisi¹; Wendel P. Silvestre¹; Roselaine Facanali²; Marcia O. M. Marques²; Gabriel F. Pauletti¹

¹Universidade de Caxias do Sul (UCS)

²Instituto Agrônômico (IAC)

jaraujo3@ucs.br

Palavras-Chave: classe química, fracionamento, terpenos.

Introdução

Os óleos essenciais têm despertado crescente interesse científico e comercial em decorrência de sua ampla diversidade química e do potencial de aplicação em diferentes setores, associado às suas propriedades biológicas, como atividades antimicrobianas, antioxidantes e anti-inflamatórias. Os óleos essenciais podem ser obtidos por diferentes métodos de extração, dentre os quais se destacam a destilação por arraste a vapor, a hidrodestilação e a extração com solventes. Por apresentarem caráter predominantemente lipofílico e serem compostos altamente voláteis, a destilação por arraste a vapor e a hidrodestilação estão entre os métodos mais empregados para sua obtenção (Nabi et al. 2025). Entretanto, a composição química dos óleos essenciais pode variar em função da origem geográfica, condições e práticas de cultivo, idade da planta, período de colheita e método de extração utilizado (Abdelmohsen & Elmaidomy, 2025).

O óleo essencial de capim-limão (*Cymbopogon citratus*) é extraído das folhas da planta, sendo o termo "limão" referente ao seu típico odor, causado principalmente pela presença de citral. O citral é uma combinação de dois compostos, o isômero trans, geranial e o isômero cis, neral (C₁₀H₁₆O). O óleo essencial de capim-limão pode ser utilizado em alimentos, cosméticos e produtos farmacêuticos, devido principalmente às atividades antioxidantes, anti-inflamatórias e antifúngicas (Rodrigues et al. 2022).

Por se tratar de um composto de elevado interesse industrial (utilizado como aromatizante e conservante), o citral apresenta significativo valor agregado, o que torna promissora a aplicação de técnicas de separação capazes de promover a concentração seletiva de seus constituintes, principalmente os isômeros geranial e neral. Nesse contexto, a obtenção de frações enriquecidas individualmente nesses componentes pode ampliar as possibilidades de aplicação do citral e de seus constituintes isolados (Kumar et al. 2023; Wankat, 2017).

A destilação fracionada é uma alternativa para realizar a concentração de compostos de interesse, uma vez que se baseia nas diferenças de volatilidade dos constituintes da mistura. A eficiência e a seletividade do processo estão relacionadas às propriedades físico-químicas dos seus compostos e às condições operacionais empregadas, especialmente à temperatura e à pressão do sistema (Kumar et al. 2023; Wankat, 2017). Entretanto, devido os óleos essenciais serem constituídos por compostos voláteis e, em alguns casos,



termossensíveis, a destilação fracionada a vácuo é uma possibilidade de extração em temperaturas reduzidas (Silvestre et al. 2016).

O uso de vácuo no sistema reduz as temperaturas de ebulição dos compostos, o que possibilita a sua separação em temperaturas inferiores às requeridas em condições atmosféricas. Assim, além de favorecer a concentração dos compostos de interesse, a destilação fracionada a vácuo pode contribuir para minimizar a exposição dos constituintes a temperaturas elevadas (Silvestre et al. 2016).

Diante do exposto, o presente estudo tem como objetivo avaliar o uso de uma coluna de destilação fracionada a vácuo, preenchida com recheios, para a separação dos compostos do óleo essencial de capim-limão em frações de topo e de fundo. Busca-se, dessa forma, verificar a influência da pressão do sistema sobre a composição química das frações obtidas, comparando-as com a composição do óleo essencial que não foi submetido ao processo de destilação.

Material e Métodos

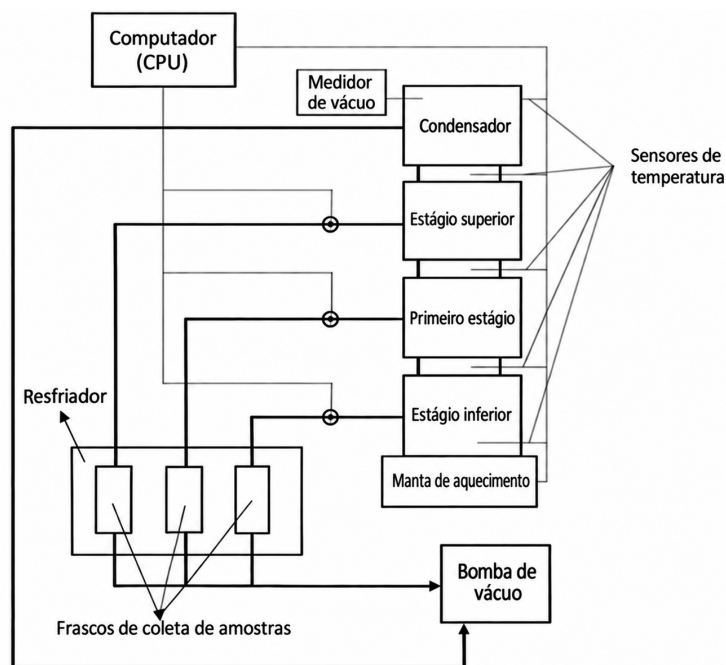
O óleo essencial utilizado no processo de fracionamento foi obtido pelo método de extração por arraste a vapor das folhas de capim-limão (*Cymbopogon citratus*), que foram cultivadas na Área Experimental de Fazenda Escola (AEFE) da Universidade de Caxias do Sul (UCS), no Estado do Rio Grande do Sul - Brasil (coordenadas geográficas 29°08'27.20"S, 50°59'27.26"O e altitude de 805 m acima do nível do mar), sob o número de registro HUCS: 59922. O óleo essencial extraído por arraste a vapor foi armazenado em frasco âmbar, sob refrigeração (5 - 8 °C), até o momento do fracionamento e, após, análise de composição química (Araujo et al. 2025).

A destilação fracionada a vácuo foi realizada utilizando uma coluna de vidro recheada com anéis Raschig de 8 mm, composta por dois estágios e um balão de fundo redondo de 250 mL na base (correspondente ao fundo da coluna). A pressão absoluta no interior do sistema foi mantida em 10 kPa (Silvestre et al. 2025). Na Figura 1 tem-se o esquema do sistema de destilação.

As amostras foram coletadas nas correntes de topo e de fundo da coluna. Após o sistema atingir o estado estacionário, o vapor que percorreu o recheio da coluna foi direcionado ao condensador para posterior coleta. A temperatura de ebulição do óleo essencial era em torno de 228 °C (Rodrigues et al. 2022), e o processo de destilação foi realizado por 1h. Após o término da destilação, o sistema permaneceu sob vácuo até que as frações de topo e de fundo atingissem a temperatura ambiente. Em seguida, as frações obtidas foram coletadas e armazenadas em frascos de vidro âmbar, seguindo o mesmo procedimento adotado para o óleo bruto, e posteriormente encaminhadas para análises de caracterização química.

As amostras foram analisadas por Cromatografia Gasosa acoplada à Espectrometria de Massas - CG/EM (qualitativa) e por Cromatografia Gasosa com Detecção por Ionização de Chama - CG-FID (quantitativa), no Instituto Agrônomo (IAC), seguindo os procedimentos e equipamentos descritos por Panseira et al. 2025. O IRL (Índice de Retenção Linear) dos compostos foi calculado conforme Adams (2017); os valores de IRL da literatura também foram obtidos de Adams (2017). A concentração dos compostos foi expressa como porcentagem relativa a área do pico cromatográfico.

Figura 1 - Esquema do sistema de destilação.



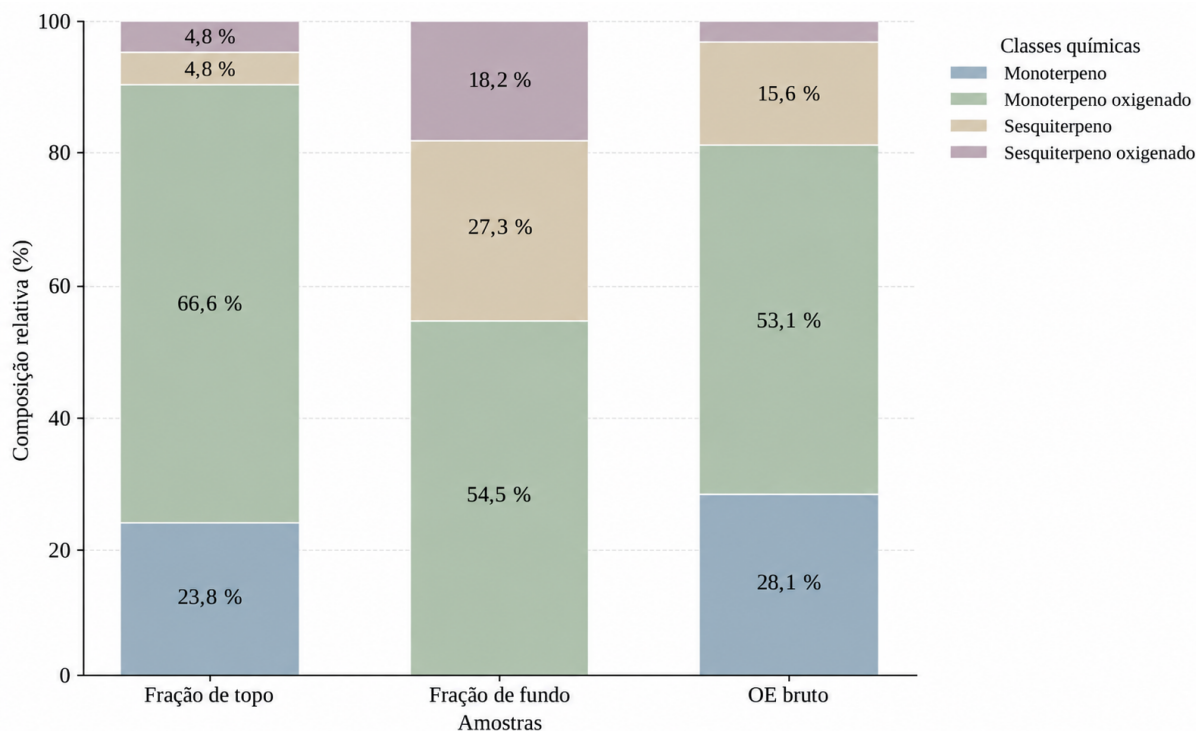
Fonte: Adaptado de Silvestre et al. 2019.

Resultados e Discussão

De maneira geral, os padrões de separação observados na coluna de fracionamento a vácuo indicam que a classe química de monoterpenos, por apresentarem maior volatilidade e menor massa molecular, tendem a se concentrar na fração de topo, enquanto os compostos terpênicos de maior massa molecular, como os sesquiterpenos e os sesquiterpenos oxigenados, são predominantemente direcionados para a fração de fundo, isso pode ser evidenciado pelos dados apresentados na Figura 2 (Silvestre et al. 2016, 2019; Perini et al. 2017; Ben Salha et al. 2019).

Observa-se que tanto a fração de topo quanto a fração de fundo apresentaram maiores concentrações de monoterpenos oxigenados em comparação ao óleo essencial bruto. A classe química de monoterpenos não integrou a fração de fundo, ao invés disso, permaneceu integralmente na fração de topo, com 23,8 %.

Figura 2 - Distribuição percentual das classes químicas nas diferentes amostras de óleo essencial de *C. citratus* obtidas pelo processo de destilação fracionada a vácuo e comparadas com o óleo essencial bruto.



Nota: OE - óleo essencial; 3,2 % de sesquiterpeno oxigenado no OE bruto. Fonte: Autores (2026).

Além da variação na composição das diferentes classes químicas entre as amostras analisadas, também foram observadas diferenças na composição química destas amostras. A fração de topo apresentou o neral como composto majoritário, correspondendo a 27,19 %, enquanto a fração de fundo e o óleo essencial bruto apresentaram o geranial como principal constituinte, com 60,50 % e 49,91 %, respectivamente. Estes resultados foram expressos em porcentagem relativa à área do pico cromatográfico.

Vale ressaltar que tanto o neral quanto o geranial se mantiveram presentes em todas as amostras, conforme pode ser observado no Tabela 1, variando apenas a sua concentração. No total, foram identificados 84,56 % dos compostos presentes na fração de topo, 97,81 % na fração de fundo e 98,37 % no óleo essencial bruto.

Diante dos dados apresentados na Tabela 1, observa-se uma similaridade entre as concentrações dos isômeros geranial e neral na fração de topo, com 27,19 % e 26,18 %, respectivamente, o que pode ser atribuído à proximidade de suas propriedades físico-químicas. Em contrapartida, na fração de fundo, verifica-se uma diferença mais expressiva entre as concentrações desses compostos. Dessa forma, essa diferença de comportamento entre as frações é uma informação relevante para a definição das condições do processo, especialmente quando se deseja a concentração seletiva de um determinado composto.



Tabela 1 - Composição do óleo essencial bruto de capim-limão e suas frações de topo e de fundo.

Amostras	Principais componentes (% relativa)	Total identificado (%)
Fração de Topo	neral 27,19 %; geranial 26,18 %; 6-metil-hept-5-en-2-ona 9,94 %	84,56
Fração de Fundo	geranial 60,50 %; neral 33,71 %; (E)-cariofileno 1,32 %	97,81
OE bruto	geranial 49,91 %; neral 36,44 %; canfeno 2,21 %	98,37

Nota: OE - óleo essencial; Fonte: Autores (2026).

No estudo realizado por Do et al. (2021), o óleo essencial bruto de capim-limão também foi obtido por meio de extração por arraste a vapor, apresentando composição química semelhante à observada no presente estudo. Os autores reportaram concentrações de 44,97 % de α -citral (geranial) e 33,06 % de β -citral (neral), expressas como porcentagem relativa da área dos respectivos picos cromatográficos.

A obtenção das frações no estudo de Do et al. (2021), entretanto, foram realizadas de maneira distinta da metodologia empregada no presente trabalho. As frações de topo foram coletadas em diferentes faixas de temperatura ao longo da destilação, enquanto a fração de fundo foi coletada ao final do processo. Na fração intermediária de topo (F4), os autores obtiveram 51,59 % de α -citral (geranial) e 41,18 % de β -citral (neral). Na fração final de topo (F5), foram obtidos 61,50 % de α -citral (geranial) e 33,11 % de β -citral (neral). Em F5 observa-se um enriquecimento mais pronunciado de geranial. Para a fração de fundo, os autores não apresentaram as concentrações dos compostos, impossibilitando uma comparação direta com os resultados obtidos no presente estudo.

Em outro estudo, Kumar et al. (2023) avaliaram a composição química do óleo essencial bruto de capim-limão, adquirido comercialmente, e obtiveram $44,88 \pm 0,19$ % de (E)-citral (geranial) e $34,10 \pm 0,18$ % de (Z)-citral (neral), valores semelhantes aos encontrados no presente estudo. Já na destilação fracionada a vácuo, as frações foram coletadas em diferentes tempos e faixas de temperatura, considerando a volatilidade dos constituintes. Na fração F3, foi obtida a maior concentração de (Z)-citral (neral), com $60,01 \pm 0,49$ %, enquanto o (E)-citral (geranial) apresentou $13,16 \pm 0,45$ %. Na última fração (F7), as concentrações foram de $51,97 \pm 0,43$ % e $34,79 \pm 0,37$ %, para cada um deles. Assim, ao longo do processo observa-se uma reaproximação das concentrações destes compostos, com redução de (Z)-citral e aumento de (E)-citral, indicando maior seletividade para (Z)-citral na F3, seguida de uma tendência de enriquecimento de (E)-citral nas frações subsequentes.

Conclusões

Neste estudo, utilizou-se a destilação em coluna de fracionamento a vácuo para a separação dos compostos presentes no óleo essencial de capim-limão. Foram avaliados os efeitos da aplicação do vácuo sobre a composição das frações de topo e de fundo, em comparação ao óleo essencial bruto. Os resultados indicaram que a destilação fracionada a vácuo pode ser empregada para a obtenção de frações de óleo essencial com diferentes perfis químicos, de acordo com a aplicação desejada. A fração de topo apresentou maior teor de



compostos da classe dos monoterpenos, enquanto a fração de fundo apresentou maior proporção de sesquiterpenos.

Em relação aos compostos isolados, ocorreu uma acumulação de geranial na fração de fundo, o que indica que tal técnica (destilação fracionada a vácuo) pode ser aprimorada ao ser utilizada para efetuar a separação de isômeros do citral (neral e geranial).

Agradecimentos

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e Universidade de Caxias do Sul (UCS).

Referências

ABDELMOHSEN, U. R.; ELMAIDOMY, A. H. Exploring the therapeutic potential of essential oils: a review of composition and influencing factors. **Front. Nat. Prod.** v. 4, 2025. doi: 10.3389/fntpr.2025.1490511.

ADAMS, R. P. Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectrometry. 4th ed. **Allured Publishing Corporation**: Waco, TX, USA, 2017, 809 p. ISBN: 978-1-932633-21-4. *E-book*.

ARAÚJO, J. de et al. Viabilidade econômico-energética da extração por arraste a vapor do óleo essencial de capim-limão. **12º Simpósio Brasileiro de Óleos Essenciais - SBOE**. 2025. ISBN: 978-65-88904-16-9.

BEN SALHA, G.; ABDERRABBA, M.; LABIDI, J. A status review of terpenes and their separation methods. **Rev Chem Eng.** v. 37, p. 433–447, 2019. doi: 10.1515/revce-2018-0066.

DO, D. N. et al. Fractionating of lemongrass (*Cymbopogon citratus*) essential oil by vacuum fractional distillation. **Processes.** v. 9, 2021. doi: 10.3390/pr9040593.

KUMAR, K. et al. Citral enrichment in lemongrass (*Cymbopogon flexuosus*) oil using spinning band equipped high vacuum distillation column and sensory evaluation of fractions. **Food Chemistry Advances.** v. 2, 2023. doi: 10.1016/j.focha.2023.100291.

NABI, Md. H. B. et al. Essential oils: Advances in extraction techniques, chemical composition, bioactivities, and emerging applications. **Food Chemistry Advances.** v. 8, 2025. doi: 10.1016/j.focha.2025.101048.

PANSERA, M. R. et al. Essential oils in the alternative control of postharvest diseases in strawberries: Anthracnose and gray mold. **ACS Omega.** v. 10(33), p. 37728–3773, 2025. doi: 10.1021/acsomega.5c04305.

PERINI, J. F et al. Fractioning of orange (*Citrus sinensis* L.) essential oil using vacuum fractional distillation. **Sep Sci Technol.** v. 52(8), p. 1397–1403, 2017. doi: 10.1080/01496395.2017.1290108.



RODRIGUES, T. C. M. L. et al. Physicochemical differences and antifungal activity of citral isomers: neral and geranial. **MOL2NET**, 8th ed., 2022. ISSN: 2624-5078.

SILVESTRE, W. P. et al. Fractionating of green mandarin (*Citrus deliciosa* Tenore) essential oil by vacuum fractional distillation. **J Food Eng.** v. 178, p. 90–94, 2016. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2016.01.011.

SILVESTRE, W. P. et al. Fractionation of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) essential oil using vacuum fractional distillation. **J Food Sci Technol.** v. 56(12), p. 5422–5434, 2019. doi: 10.1007/s13197-019-04013-z.

SILVESTRE, W. P. et al. Vacuum fractional distillation of *Cunila galioides* Benth. essential oil: chemical composition and biological activities of raw oil and its fractions. **Natural Product Research.** v. 39(18), p. 5154-5164, 2025. doi: 10.1080/14786419.2024.2360149.

WANKAT, P. C. **Separation Process Engineering**. Prentice Hall: Upper Saddle River, NJ, USA, 2017.