

Viabilidade econômico-energética na extração de óleo essencial de alecrim: Análise comparativa entre vazão de vapor utilizada no processo

Felipe de Souza Dutra¹, Juliana de Araujo², Wendel Paulo Silvestre^{2,3}, Vanessa S. Rech Bisi³, Ruan Fogaça Feijó³, Iuri L. Longhi³, Gabriel Fernandes Pauletti^{2,3}

¹Programa de Pós-graduação em Biotecnologia, Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, Brasil

²Programa de Pós-graduação em Engenharia de Processos e Tecnologias, Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, Brasil

³Laboratório de Estudos Planta-Ambiente – LESPA, Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, Brasil
gfpaulet@ucs.br

Palavras-chave: *Rosmarinus officinalis* L., custo de produção, rendimento de OE.

O alecrim (*Rosmarinus officinalis* L.) é uma espécie aromática amplamente cultivada para extração de óleo essencial (1). Este estudo avaliou a eficiência extrativa e os custos energéticos do processo de arraste a vapor, comparando o uso de uma vs. duas resistências elétricas (4 kW cada) do sistema gerando duas vazões de vapor. O sistema compreende um extrator de inox de 0,180 m³, conectado a um gerador de vapor elétrico. O objetivo foi identificar a janela de tempo economicamente ótima, considerando produção, custos energéticos e rentabilidade. Uma resistência ligada gera uma vazão de vapor de 24 mL/min, enquanto duas geram 72 mL/min. Foram utilizadas 10,1 kg de biomassa de folhas frescas compactadas ($d = 75 \text{ kg/m}^3$) por ensaio. O vapor foi injetado de forma ascendente na biomassa, com coletas de óleo essencial (OE) realizadas a cada 30 minutos durante 180 minutos. Para análise econômico-energética, adotaram-se os parâmetros: energia de vaporização de 2.256,7 kJ/kg, tarifa industrial de energia de R\$ 0,576/kWh, e valor de mercado do OE de R\$ 0,39/mL. Os cálculos seguiram as relações: gasto energético (kJ/mL) = (volume vapor acumulado \times 2.256,7) / volume OE acumulado; custo energético (R\$/mL) = [gasto (kJ/mL) \times 0,576] / 3600; e lucro = ganho bruto (volume OE \times R\$ 0,39) – custo energético. Os volumes acumulados de OE foram, para uma e duas resistências, respectivamente: 34,0 mL, 54,0 mL, 63,0 mL, 67,0 mL, 69,5 mL e 72,8 mL; vs. 63,4 mL, 75,7 mL, 80,0 mL, 82,1 mL, 82,6 mL e 82,7 mL. Em 60 min, uma resistência apresentou custo energético de R\$ 0,52 e lucro de R\$ 20,54, enquanto duas resistências registraram custo de R\$ 1,04 e lucro de R\$ 27,96. Em 120 min, os valores foram R\$ 1,56 (custo) e R\$ 25,09 (lucro), R\$ 3,12 (custo) e R\$ 28,90 (lucro), para uma e duas resistências. A eficiência energética (kJ/mL) mostrou tendência crescente ao longo do tempo: para uma resistência, variou de 47,79 a 133,91; para duas resistências, de 76,88 a 353,65, refletindo o aumento no consumo energético por unidade de óleo conforme a extração avançava. A análise integrada demonstra que duas resistências antecipam significativamente a produção: em 60 min, extraíram 75,7 mL (88% do máximo), superando os 54,0 mL (74% do máximo) de uma resistência no mesmo período. Economicamente, duas resistências em 60 min geraram R\$ 27,96 de lucro, valor 36% superior aos R\$ 25,09 obtidos com uma resistência em 120 min, evidenciando a compensação do maior custo energético (R\$ 1,56 vs. R\$ 1,04) pela produtividade acelerada. Contudo, após 120 min, a configuração com duas resistências exibiu retornos marginais irrisórios (apenas +0,6 mL de OE), elevando drasticamente o gasto energético para 237,49 kJ/mL em 120 min contra 353,65 kJ/mL em 180 min – um incremento de 49% que inviabiliza a extensão do processo. Em comparação, uma resistência manteve maior eficiência energética em 120 min (97,00 kJ/mL), porém com produção 22% inferior (67,0 mL vs. 82,1 mL). Conclui-se que duas resistências são ótimas para produção acelerada (120 min), enquanto uma resistência demanda maior tempo para rentabilidade similar, ressaltando a necessidade de ajuste do tempo conforme escala para maximizar lucratividade e eficiência energética.



12º Simpósio Brasileiro de Óleos Essenciais - SBOE
Manaus-AM
14 a 17 de outubro de 2025

ISBN
978-65-88904-16-9

1. Khalil, D.Y.; Hassan, O.M., Journal of Angiotherapy, 2024, 8, 1-6.