



ACÇÃO ANTIMICROBIANA DE ÓLEOS ESSENCIAIS DE CAPIM-LIMÃO E ALECRIM SOBRE BACTÉRIAS DE INTERESSE EM ALIMENTOS

Emiliane Andrade Araújo Naves¹, Beatriz Silva Sanchez¹, Emile Ferreira da Conceição¹, Isabela Seguilla Rota¹, Aline Dias Paiva¹

¹Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Uberaba, Brasil
(emiliane.naves@uftm.edu.br)

Resumo: Óleos essenciais têm sido investigados como alternativas naturais para um controle microbiológico mais sustentável na indústria de alimentos. Diante disso, este trabalho objetivou avaliar a ação antimicrobiana e antibiofilme dos óleos de capim-limão e alecrim sobre *Escherichia coli* e *Staphylococcus aureus*. O capim-limão destacou-se, com concentração inibitória mínima de 1/16 para ambas as bactérias e ação bactericida; o alecrim apresentou 1/4 e 1/2, respectivamente, e efeito bacteriostático.

Palavras-chave: capim-limão; biofilme; sanitizante; atividade antimicrobiana; óleo essencial.

INTRODUÇÃO

A segurança dos alimentos é um fator essencial para a saúde pública e para a economia mundial, uma vez que as doenças transmitidas por alimentos permanecem como uma relevante preocupação global. Estima-se que, anualmente, cerca de 866 milhões de pessoas adoecem e 1,5 milhão morram em decorrência do consumo de alimentos contaminados (OMS, 2026).

Nesse sentido, a correta sanitização de superfícies e ferramentas de processo na produção de alimentos é crucial para reduzir o risco de contaminação e a potencial multiplicação de bactérias patogênicas. Embora o processo de limpeza e sanitização tenha sido implementado, vários estudos mostraram que a maioria dos microrganismos pode aderir a superfícies inertes formando biofilmes microbianos, estruturas resistentes que representam um desafio contínuo enfrentado pelo setor industrial (SAHARAN et al., 2024).

A formação de biofilmes é uma condição multifacetada que ocorre dependendo de muitas condições no ambiente, incluindo temperatura, pH, rugosidade da superfície e disponibilidade de nutrientes (SINGH et al., 2024). A primeira adesão de células bacterianas leva apenas minutos e o primeiro passo na formação da matriz protetora é observável dentro de algumas horas. A matriz gradualmente se torna mais compacta e ordenada, aumentando a resistência das células a estímulos químicos e físicos. Essa adaptabilidade é uma das principais razões pelas quais os biofilmes são uma

preocupação importante de segurança dos alimentos e um desafio para a eficiência do processo de limpeza e sanitização (TOUATI et al., 2025).

A estrutura do biofilme tem sido amplamente ligada a diferentes espécies bacterianas e ambientes industriais, em particular, as superfícies de aço inoxidável, plástico e vidro presentes no processamento de alimentos. Exemplos significativos incluem *Listeria monocytogenes*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus* e *Escherichia coli* (MAGGIO et al., 2023). Tais bactérias mostram uma forte capacidade de adesão e persistência, podendo assim sobreviver por tempo considerável quando os tratamentos de limpeza apresentam falhas.

Devido à sua forte adesão, o controle de microrganismos em biofilmes requer eficientes sanitizantes, que devem ser aplicados de forma contínua. Na indústria alimentícia, hipoclorito de sódio e cloreto de benzalcônio são os sanitizantes mais frequentemente utilizados devido ao seu amplo espectro antimicrobiano e baixo custo. No entanto, o uso prolongado e/ou altas concentrações desses compostos apresentam grandes desvantagens, devido ao seu caráter agressivo, como problemas de corrosão (em equipamentos que não são corretamente adequados para uso), riscos de irritações cutâneas/respiratórias e produção de subprodutos tóxicos e potencialmente cancerígenos (TOUATI et al., 2025).

Diante dessas restrições, há atualmente crescente atenção para o controle microbiano natural e sustentável. Nesse contexto, os óleos essenciais

(OEs) têm sido considerados como uma fonte alternativa para compostos antimicrobianos e antibiofilmes. Os óleos essenciais (OEs) são substâncias voláteis quimicamente complexas, obtidas de plantas aromáticas, constituídas principalmente por terpenos, fenóis e aldeídos, conhecidos por apresentarem atributos antioxidantes e antimicrobianos (SINGH et al., 2024). Assim, esse trabalho objetivou investigar as ações antimicrobiana e antibiofilme dos óleos essenciais de capim-limão e alecrim, sobre bactérias de interesse em alimentos.

MATERIAL E MÉTODOS

Atividade antimicrobiana

Os ensaios experimentais foram realizados utilizando espécies bacterianas de alta preocupação sanitária e epidemiológica para a segurança dos alimentos, *Staphylococcus aureus* (ATCC 25923) e *Escherichia coli* (ATCC 35218). Os microrganismos foram reativados em caldo Brain Heart Infusion (BHI) a 37°C por 24 horas, em aerobiose. Culturas em fase estacionária foram centrifugadas e ressuspensas em solução salina estéril (0,85%), para atingirem escala de MacFarland 0,5 (10^8 UFC/mL).

A concentração inibitória mínima (CIM) dos óleos essenciais comerciais puros (Ferquímica) de Alecrim (*Rosmarinus officinalis*) e Capim-limão (*Cymbopogon citratus*) sobre as bactérias indicadoras foi determinada pelo método de microdiluição em caldo (CLSI, 2023). Inicialmente, alíquotas de caldo BHI (2x; 50µL) foram inoculadas em cada poço da placa de 96 poços. O óleo essencial puro foi administrado separadamente ao primeiro poço e transferências volumétricas subsequentes por base dois foram preparadas, produzindo um gradiente de diluição seriada com os fatores de 1/2, 1/4, 1/8, 1/16, 1/32 e 1/64. Em seguida, suspensões padronizadas das bactérias indicadoras (0,5 escala MacFarland; 10µL) foram inoculadas aos orifícios da placa. As placas foram incubadas a 37°C, por 24 horas, em aerobiose. A CIM foi definida como a maior diluição em que não foi possível observar crescimento bacteriano visível.

Determinação da Concentração Bactericida Mínima (CBM)

A Concentração Bactericida Mínima (CBM) foi determinada para distinguir se os óleos essenciais testados apresentavam efeito bacteriostático (inibição temporária) ou bactericida (morte celular definitiva). Após a determinação da CIM, alíquotas de 5µL foram retiradas de todos os poços da placa de microdiluição que não apresentaram turbidez visual (concentrações iguais ou superiores à CIM) e semeadas na superfície de placas de Petri contendo Ágar BHI sólido, utilizando a técnica de microgotas.

As placas foram incubadas a 37°C por 24 horas, em aerobiose, e verificada a formação de colônias. A CBM foi definida como a menor concentração de óleo essencial (avaliada nas proporções de 2,5%, 5%, 12,5%, 20% e 25%) na qual não foi visualizada nenhuma colônia bacteriana (BALOUIRI et al., 2016).

Atividade antibiofilme

A atividade antibiofilme dos óleos essenciais foi avaliada sobre *Staphylococcus aureus* e *Escherichia coli* em placas de múltiplos poços. Após o período de incubação, os poços foram lavados com solução salina tamponada com fosfato (PBS), para remoção das células não aderidas. Posteriormente, a formação de biofilme foi avaliada por meio da leitura da densidade óptica (DO) a 540 nm, conforme metodologia adaptada de Maggio et al. (2023).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados evidenciam que ambos os óleos apresentaram atividade antimicrobiana, sendo o óleo essencial de capim-limão significativamente mais eficaz na inibição do crescimento bacteriano quando comparado ao óleo essencial de alecrim.

As Figuras 1 e 2 apresentam os resultados da atividade antibiofilme dos óleos essenciais de capim-limão (*Cymbopogon citratus*) e alecrim (*Rosmarinus officinalis*) sobre *Staphylococcus aureus* e *Escherichia coli*. A redução dos valores de densidade óptica (DO) a 540 nm nos tratamentos com os óleos essenciais, em comparação ao controle, indicou menor formação de biofilme nas condições avaliadas.

Quando foi utilizada *E. coli* como indicadora, a CIM do óleo essencial de capim-limão foi de 1/16 e de 1/4 para o óleo de alecrim. Já para *S. aureus* CIM de 1/16 e de 1/2 foi observada para os óleos de capim-limão e alecrim, respectivamente, demonstrando maior atividade inibitória do óleo de capim-limão sobre ambas as bactérias avaliadas.

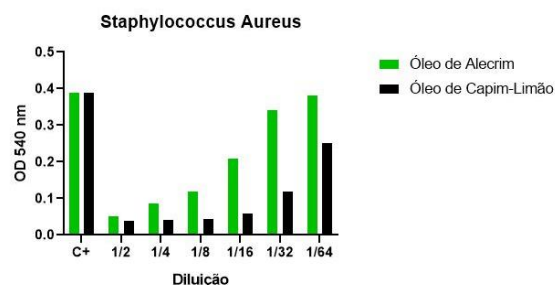


Figura 1. Inibição de biofilme formado por *S. aureus*.

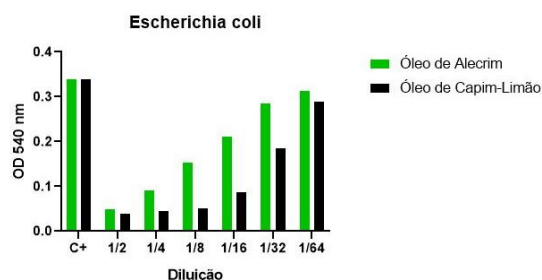


Figura 2. Inibição de biofilme formado por *E. coli*.

A maior atividade do óleo de Capim-limão indica que o citral é um agente altamente eficaz na desorganização da membrana, pois pode solubilizar os constituintes lipídicos da membrana externa e interromper as barreiras osmóticas celulares (MAGGIO et al., 2023). De acordo com Saharan et al. (2024), quando os monoterpenos atravessam com sucesso a membrana externa, eles inativam sistemas enzimáticos críticos do espaço periplasmático e, assim, a produção de apêndices de adesão filamentosos (fimbrias e flagelos) fica prejudicada, alterando a capacidade de adesão bacteriana às superfícies.

A análise do subcultivo do Ágar BHI permitiu uma identificação e caracterização mais precisa da ação dos óleos essenciais para a bactéria. O óleo essencial de capim-limão exibiu uma forte atividade bactericida contra ambos os patógenos. A CBM do capim-limão foi de 12,5% para *Escherichia coli* e de 25% para *Staphylococcus aureus*. Por outro lado, o óleo essencial de alecrim mostrou atividade bacteriostática, não impedindo o desenvolvimento das colônias mesmo nas maiores concentrações avaliadas. Conclui-se que o óleo de alecrim não causou a morte das células bacterianas, apenas inibindo seu metabolismo.

A superior suscetibilidade bactericida de *Escherichia coli* (CBM 12,5%) em comparação com *Staphylococcus aureus* (CBM 25%) ao óleo essencial de capim-limão pode ser atribuída às características físico-químicas da parede celular. Conforme descrito por Touati et al. (2025), embora os Gram-negativos possuam uma membrana externa, apresentam uma camada de peptidoglicano muito fina, de modo que o colapso da barreira lipídica ocorre rapidamente, quando são ultrapassados pelo atributo altamente lipofílico do citral. Em contraste, *Staphylococcus aureus* possui uma malha de peptidoglicano espessa e densa tridimensional, que é capaz de funcionar como um filtro físico, mantendo mecanicamente uma proporção parcial de moléculas de óleo volátil e necessitando de uma dose mais concentrada para que o agente penetre na membrana citoplasmática interna em volume suficiente para causar lise celular irreversível (MAGGIO et al., 2024).

CONCLUSÃO

Os resultados demonstram que ambos os óleos essenciais apresentaram atividade antimicrobiana frente a *Escherichia coli* e *Staphylococcus aureus*. Entretanto, o óleo essencial de capim-limão destacou-se por apresentar menor Concentração Inibitória Mínima (CIM) para ambas as bactérias, evidenciando maior eficácia na inibição do crescimento microbiano em comparação ao óleo essencial de alecrim.

Além disso, o óleo essencial de capim-limão apresentou atividade bactericida superior à do óleo essencial de alecrim contra *Escherichia coli* e *Staphylococcus aureus*, sendo mais eficaz na eliminação definitiva das células bacterianas. Em contrapartida, o óleo essencial de alecrim exerceu predominantemente efeito bacteriostático, inibindo temporariamente o crescimento microbiano sem promover a morte celular.

Esses achados reforçam o potencial do óleo essencial de capim-limão como um fitocomposto promissor para aplicações em estratégias naturais de controle microbiológico e sanitização na indústria de alimentos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Universidade Federal do Triângulo Mineiro.

REFERÊNCIAS

- BALOUÏRI, M.; SADIKI, M.; IBNSOUDA, S. K. Methods for in vitro evaluating antimicrobial activity: a review. **Journal of Pharmaceutical Analysis**, v. 6, n. 2, p. 71–79, 2016.
- CLINICAL AND LABORATORY STANDARDS INSTITUTE (CLSI). **M07: Methods for Dilution Antimicrobial Susceptibility Tests for Bacteria That Grow Aerobically**. 11. ed. Wayne, PA: Clinical and Laboratory Standards Institute, 2023.
- MAGGIO, F. et al. Effectiveness of essential oils against dual-species biofilm of *Listeria monocytogenes* and *Pseudomonas fluorescens* in a Ricotta-based model system. **Italian Journal of Food Safety**, v. 12, n. 1, p. 11048, 2023. Disponível em: <https://www.pagepressjournals.org/ijfs/article/view/11048>. Acesso em: 21 jun. 2026.
- MAGGIO, F.; KARPINSKI, T. M.; CAPUTO, L. Anti-biofilm mechanisms of action of essential oils by targeting genes involved in quorum sensing, motility, adhesion, and virulence: A review. **International Journal of Food Microbiology**, v. 412, p. 110874, 2024. Disponível em:



<https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2024.110874>.

Acesso em: 21 jun. 2026.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). Foodborne Disease Estimates 2021: Deaths, DALYs, Illnesses, YLDs by Cause, Age, by Country and by Region, 2000–2021. Geneva: World Health Organization, 2026. Disponível em: <https://www.who.int/news/item/04-06-2026-unsafe-food-causes-866-million-illnesses-and-1.5-million-deaths-annually--young-children-at-highest-risk>. Acesso em: 13 jul. 2026.

SAHARAN, P. et al. From formulation to function: A detailed review of microbial biofilms and their polymer-based extracellular substances. **Current Opinion in Microbiology**, v. 78, p. 102420, 2024. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2950194624001614>. Acesso em: 21 jun. 2026.

SINGH, P. et al. Anti-biofilm mechanisms of action of essential oils by targeting genes involved in quorum sensing, motility, adhesion, and virulence: A Review. **International Journal of Food Microbiology**, v. 410, p. 110512, 2024. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168160524003180>. Acesso em: 21 jun. 2026.

TOUATI, A. et al. Essential Oils for Biofilm Control: Mechanisms, Synergies, and Translational Challenges in the Era of Antimicrobial Resistance. **Antibiotics**, v. 14, n. 5, p. 503, 2025. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2079-6382/14/5/503>. Acesso em: 21 jun. 2026.