REMUNOM
ISSN 2178-6925

**Received:** 15/08/2026 - **Accepted:** 16/09/2026
**Vol**: 13.19
**DOI**: 10.66104/ry87nr16
**Pages:** 1-25

# POTENCIAL BIOATIVO E MÉTODOS DE OBTENÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL DA CASCA DE *CITRUS SINENSIS*: revisão narrativa

# BIOACTIVE POTENTIAL AND EXTRACTION METHODS OF *CITRUS SINENSIS* PEEL ESSENTIAL OIL: a narrative review

# POTENCIAL BIOACTIVO Y MÉTODOS DE OBTENCIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DE LA CÁSCARA DE *CITRUS SINENSIS*: revisión narrativa

**Geovana Mendonça Curcino**
Especialista Gestão Pública em Saúde, Universidade Federal de Uberlândia, Brasil
E-mail: gegeovanamendonca@gmail.com

**Lindomar Ferreira de Faria**
Farmacêutico, Pesquisador Independente, Brasil
E-mail: lindomarfaria9.l@gmail.com

**Reginaldo dos Santos Pedroso**
Doutor em Biociências Aplicadas à Farmácia, Universidade Federal de Uberlândia, Brasil
E-mail: rpedroso@ufu.br

## Resumo

O presente estudo tem como objetivo analisar as atividades biológicas do óleo essencial (OE) de *Citrus sinensis* e comparar seus principais métodos de extração. Trata-se de uma revisão narrativa da literatura cuja coleta de dados foi realizada de abril a julho de 2026 nas bases Google Acadêmico, PubMed e SciELO. Os resultados mostraram o monoterpeno D-limoneno como constituinte majoritário absoluto (83,9% a 97%), variando conforme a maturação do fruto e o processo extrativo. A prensagem a frio destaca-se na indústria por dispensar aquecimento direto, enquanto a hidrodestilação em Clevenger apresenta maior seletividade analítica em laboratório. Métodos como Soxhlet e maceração podem promover degradação térmica e extração de impurezas, impulsionando os avanços nas tecnologias de extração verde (*green extraction*). A atividade biológica do OE é atribuída predominantemente à fração monoterpênica, com destaque para o D-limoneno e a ação sinérgica



CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

**Received:** 15/08/2026 - **Accepted:** 16/09/2026
**Vol**: 13.19
**DOI**: 10.66104/ry87nr16
**Pages:** 1-25

entre seus constituintes voláteis. Diferenciam-se a fração volátil (OE) e os extratos da casca obtidos por solventes, os quais concentram compostos não voláteis como flavonoides e taninos. A ação antimicrobiana mostrou-se dependente da estrutura celular do patógeno: a lipofilicidade do OE favorece a inibição de bactérias Gram-positivas (*Staphylococcus aureus*, CIM de 0,1509 g·mL$^{-1}$) e leveduras (*Candida* spp. e *Saccharomyces cerevisiae*, via alteração da membrana e da síntese de ergosterol). Observa-se uma tendência geral de menor susceptibilidade em bactérias Gram-negativas quando comparadas às Gram-positivas, atribuída à barreira hidrofílica da membrana externa de lipopolissacarídeos, embora exceções dependentes do isolado testado e da concentração do óleo sejam registradas. Conclui-se que o OE de *C. sinensis* apresenta propriedades químicas e atividades biológicas promissoras *in vitro*, sustentando o potencial de aproveitamento do óleo e indicando perspectivas favoráveis para a valorização de coprodutos agroindustriais, ressaltando-se a necessidade de futuros estudos de escala industrial e avaliação de ciclo de vida.

**Palavras-chave:** *Citrus sinensis*; Óleo Essencial; D-limoneno; Atividade Antioxidante; Atividade Antimicrobiana.

## Abstract

This study aims to analyze the biological activities of *Citrus sinensis* essential oil (EO) and compare its main extraction methods. This is a narrative literature review with data collection conducted from April to July 2026 across Google Scholar, PubMed, and SciELO databases. Results identified the monoterpene D-limonene as the absolute major constituent (83.9% to 97%), varying according to fruit maturity and extraction process. Cold pressing stands out in the industry as it avoids direct heating, whereas Clevenger hydrodistillation demonstrates greater analytical selectivity in laboratory settings. Methods such as Soxhlet and maceration can promote thermal degradation and impurity extraction, driving advancements in green extraction technologies. The biological activity of the EO is predominantly attributed to the monoterpene fraction, notably D-limonene and the synergistic action among its volatile constituents. A distinction is made between the volatile fraction (EO) and solvent-obtained peel extracts, which concentrate non-volatile compounds such as flavonoids and tannins. Antimicrobial action proved to be dependent on the cellular structure of the pathogen: EO lipophilicity favors the inhibition of Gram-positive bacteria (*Staphylococcus aureus*, MIC of 0.1509 g · mL$^{-1}$) and yeasts (*Candida* spp. and *Saccharomyces cerevisiae*, via membrane disruption and ergosterol synthesis alteration). A general trend of lower susceptibility in Gram-negative bacteria compared to Gram-positive ones is observed, attributed to the hydrophilic barrier of the outer lipopolysaccharide membrane, although strain- and oil concentration-dependent exceptions are recorded. In conclusion, *C. sinensis* EO exhibits promising *in vitro* chemical properties and biological activities, supporting its potential utilization and indicating favorable prospects for the valorization of agro-industrial co-products, while emphasizing the need for future industrial-scale studies and life cycle assessments.

**Keywords:** *Citrus sinensis*; Essential Oil; D-limonene; Antioxidant Activity; Antimicrobial Activity.

## Resumen

El presente estudio tiene como objetivo analizar las actividades biológicas del aceite esencial (AE) de *Citrus sinensis* y comparar sus principales métodos de extracción. Se trata de una revisión narrativa de la literatura cuya recolección de datos se realizó de abril a julio de 2026 en las bases de datos Google Académico, PubMed y SciELO. Los resultados mostraron al monoterpeno D-limoneno como el constituyente mayoritario absoluto (83,9% a 97%), variando según la maduración del fruto y el proceso extractivo. El prensado en frío se destaca en la industria por prescindir del calentamiento directo, mientras que la hidrodestilación en Clevenger presenta mayor selectividad analítica en laboratorio. Métodos como Soxhlet y maceración pueden promover la degradación térmica y la extracción de impurezas, impulsando avances en las tecnologías de extracción verde (*green extraction*). La actividad biológica del AE se atribuye predominantemente a la fracción monoterpénica,



CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

**Received:** 15/08/2026 - **Accepted:** 16/09/2026
**Vol**: 13.19
**DOI**: 10.66104/ry87nr16
**Pages:** 1-25

destacando el D-limoneno y la acción sinérgica entre sus constituyentes volátiles. Se diferencian la fracción volátil (AE) y los extractos de la cáscara obtenidos por solventes, los cuales concentran compuestos no volátiles como flavonoides y taninos. La acción antimicrobiana demostró ser dependiente de la estructura celular del patógeno: la lipofilicidad del AE favorece la inhibición de bacterias Gram-positivas (*Staphylococcus aureus*, CMI de 0,1509 g · $mL^{-1}$) y levaduras (*Candida* spp. y *Saccharomyces cerevisiae*, mediante la alteración de la membrana y de la síntesis de ergosterol). Se observa una tendencia general de menor susceptibilidad en bacterias Gram-negativas en comparación con las Gram-positivas, atribuida a la barrera hidrofílica de la membrana externa de lipopolisacáridos, aunque se registran excepciones dependientes de la cepa y de la concentración del aceite. Se concluye que el AE de *C. sinensis* presenta propiedades químicas y actividades biológicas prometedoras *in vitro*, sustentando el potencial de aprovechamiento del aceite e indicando perspectivas favorables para la valorización de coproductos agroindustriales, resaltando la necesidad de futuros estudios a escala industrial y evaluación del ciclo de vida.

**Palabras clave:** *Citrus sinensis*; Aceite Esencial; D-limoneno; Actividad Antioxidante; Actividad Antimicrobiana.

## 1. Introdução

Os óleos essenciais (OEs) se caracterizam como compostos voláteis de característica hidrofóbica. Os métodos clássicos para a obtenção do OE (fração volátil) compreendem a prensagem a frio, a hidrodestilação e a destilação por arraste a vapor. Métodos como extração por Soxhlet e maceração com solventes aplicam-se à obtenção de extratos brutos ou frações lipídicas/fenólicas mais amplas da matriz vegetal. Ademais, esses óleos ocupam um importante papel como matérias-primas nas indústrias farmacêutica, cosmética, alimentícia e de saneantes (Everton *et al*., 2020).

As frutas cítricas que englobam espécies de limões (*Citrus limon*) e limas (*Citrus aurantifolia*), bem como espécies de laranjas (*Citrus sinensis*) e híbridos como as toranjas (*Citrus paradisi*), pertencentes à família *Rutaceae*, ocupam vasta área de cultivo. Em especial, a produção de *C. sinensis* excede a casa de 150 milhões de toneladas anualmente a nível mundial (Ogo *et al*., 2024). Coprodutos de frutas cítricas como a casca da laranja, são grandes fontes de compostos naturais e bioativos que podem ser utilizados na promoção da saúde, a exemplo dos polifenóis, que se caracterizam por suas atividades antimicrobianas e antioxidantes (Lucarini *et al*., 2021). Anatomicamente, o flavedo (camada externa) concentra as cavidades secretoras onde o OE rico em D-limoneno é armazenado, enquanto o albedo



CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

**Received:** 15/08/2026 - **Accepted:** 16/09/2026
**Vol**: 13.19
**DOI**: 10.66104/ry87nr16
**Pages:** 1-25

(camada interna branca) é composto predominantemente por pectinas e polissacarídeos estruturais (Fontana, 2021).

A análise da literatura exige diferenciar rigorosamente o OE puro dos extratos obtidos por solventes, visto que métodos como Soxhlet e maceração coextraem compostos não voláteis do albedo (como flavonoides e pectinas), o que pode levar à atribuição indevida de certas propriedades ao óleo volátil (Orso *et al*., 2022).

Considerando-se a ampla difusão das frutas cítricas na indústria alimentícia e farmacêutica, o presente estudo consiste em uma revisão narrativa, com o objetivo de analisar o OE, proveniente das cascas de laranja doce (*C. sinensis*), quanto às suas propriedades antioxidantes e antimicrobianas (incluindo a ação sobre bactérias e leveduras) e verificar os principais métodos para extração.

## 2. Material e Métodos

A revisão narrativa foi feita levando-se em consideração a seguinte questão: "Quais são as atividades antioxidantes e antimicrobianas descritas na literatura para o óleo essencial de *Citrus sinensis* e quais os principais métodos utilizados para sua extração?".

Foram priorizados estudos primários experimentais para a coleta e análise de dados quantitativos de rendimento, composição química e atividade biológica. Artigos de revisão e obras de referência foram incluídos complementarmente para a fundamentação conceitual, contextualização histórica e discussão dos mecanismos de ação biológica.

A coleta de dados foi realizada de abril a julho de 2026 através de consultas a bases de dados, indexadores e repositórios acadêmicos de teses e dissertações: Google Acadêmico, Pubmed e SciELO. Foram utilizados os seguintes descritores e suas combinações em inglês e português: "*Citrus sinensis*", "óleo essencial" ("essential oil"), "atividade antimicrobiana" (“antimicrobial activity”), “atividade antioxidante” ("antioxidant activity"), “métodos de extração de óleo essencial” (“essential oil extraction methods”), "Soxhlet/Clevenger", “prensagem a frio” (“cold pressing”) e “maceração” (“maceration”).



CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

**Received:** 15/08/2026 - **Accepted:** 16/09/2026
**Vol**: 13.19
**DOI**: 10.66104/ry87nr16
**Pages:** 1-25

A seleção dos estudos ocorreu em três etapas: inicialmente, realizou-se a leitura dos títulos para eliminação de temas divergentes; em seguida, os resumos foram analisados para verificar o alinhamento com a pergunta norteadora; por fim, os artigos pré-selecionados foram lidos na íntegra para compor a amostra final desta revisão. A busca bibliográfica foi conduzida entre abril e julho de 2026. O levantamento inicial retornou aproximadamente 145 publicações. Após triagem por título e resumo, 42 artigos foram lidos na íntegra, culminando na seleção final de 32 estudos que atenderam integralmente aos critérios de inclusão.

A análise dos dados foi realizada de forma descritiva e comparativa, agrupando os achados em três eixos temáticos principais: composição química do OE obtido da casca e características botânicas, atividades antioxidantes e antimicrobianas, e eficiência dos métodos de extração.

## 3. Resultados

### 3.1 Características botânicas do *Citrus sinensis*

*Citrus sinensis* é pertencente ao reino Plantae, uma planta angiosperma da divisão Magnoliophyta da classe Magnoliopsida que se encontra na subclasse Rosidae, de ordem Sapindales, cuja família caracteriza-se como Rutaceae do gênero *Citrus* (Dongre *et al*., 2023).

As plantas de *C. sinensis* se desenvolvem em diferentes regiões, tanto em climas temperados e quentes, como também regiões de clima tropical e semitropical, o que faz com que elas sejam as frutas cítricas mais cultivadas do globo. De origem asiática, mas que atualmente encontram-se distribuídas em regiões do Pacífico bem como em áreas de clima quente, é uma planta de ciclo de vida longo (perene), que chega a uma altura aproximada de 7 m, e que pode, em alguns casos, ultrapassar os 12 m. Além disso, é constituída por uma copa densa, cujos galhos possuem espinhos. Suas folhas têm coloração verde-escuras, medem aproximadamente 4 cm de largura, com comprimento que varia entre 7 e 14 cm aproximadamente e crescem de forma alternada; as bordas das folhas apresentam uma espécie de serrilha, com



CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

**Received:** 15/08/2026 - **Accepted:** 16/09/2026
**Vol**: 13.19
**DOI**: 10.66104/ry87nr16
**Pages:** 1-25

formato que variam entre o oval e elíptico, que ficam presas ao caule através de pecíolos com expansão laminares (alados). O óleo presente nas folhas exala um odor cítrico característico (Favela-Hernández *et al*., 2016).

As flores da laranjeira normalmente são constituídas de cinco pétalas de coloração branca, estas por sua vez, possuem em torno de 23 estames. Além disso, elas nascem diretamente na axila da folha, podendo nascer de forma isolada ou em verticilos com até seis unidades. A casca do fruto de *C. sinensis* possui característica oval com diâmetro aproximado de 8 cm; sua cor varia do verde para o amarelo-laranja conforme o estágio de maturação do fruto. Os endocarpos são contidos por glândulas do saco de suco, estes por sua vez, são envoltos por exocarpo e epicarpo, possuindo elevada quantidade de glândulas produtoras de OE, cobertas por cutícula impermeabilizada (Fontana, 2021).

O flavedo consiste na parte exterior e colorida da casca do fruto de *C. sinensis*, já o albedo constitui a estrutura do interior do fruto de coloração branca. O flavedo é composto por bolsas onde ficam armazenados os óleos essenciais ricos em limoneno (Figura 1), já o albedo possui elevados níveis de pectina. A fruta fica envolta pelo endocarpo, que além de possuir polpa e suco, possui camadas que dividem cada compartimento. As cascas do fruto da laranja são ricas em polissacarídeos e alguns polímeros como a celulose, que representa cerca de 19% de peso à base de sólido seco (SS), a pectina em torno de 21% SS, hemicelulose aproximadamente 15% SS, e, por fim, a lignina com representação estimada de 6% SS. Por fim, o fruto da laranja também é abundante em glicose, sacarose e frutose, que representam um valor estimado de 34% de sólido seco/peso (SS/p), OE que constitui cerca de 0,4 SS e protídios que podem chegar a valores próximos de 8% SS; a pectina encontrada predominantemente na casca possui quantidades mais elevadas, que podem ultrapassar 40% SS (La Torre *et al*., 2019).



CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

**Received:** 15/08/2026 - **Accepted:** 16/09/2026
**Vol**: 13.19
**DOI**: 10.66104/ry87nr16
**Pages:** 1-25

**Figura 1** – Ilustração esquemática das camadas albedo e flavedo do fruto de *Citrus sinensis* (laranja doce), mostrando as glândulas produtoras de óleo essencial.




**Fonte**: Elaborada pelos autores com suporte de ferramenta de inteligência artificial (Gemini, Google), com base nos dados anatômicos descritos na literatura.

### 3.2 Composição química do óleo essencial de *Citrus sinensis*

Os óleos essenciais consistem em compostos orgânicos produzidos a partir do metabolismo vegetal especializado. Devido às características de sua estrutura e por possuírem grande diversidade de substâncias que se ligam entre si, estes compostos apresentam variadas ações biológicas, como propriedades cicatrizantes, ansiolíticas e antimicrobianas (Mijatovic *et al*., 2022; Sousa *et al*., 2023).

Assim, na composição do OE de *C. sinensis,* encontram-se tanto hidrocarbonetos como compostos oxigenados e terpenos, caracterizados por serem moléculas instáveis. Esse OE possui alto percentual de D-limoneno, cerca de 97%, enquanto os outros 3% incluem aldeídos alifáticos, terpenos e outros (Galvão, 2015).

A caracterização físico-química do OE extraído da casca da *C. sinensis* mostra que o monoterpeno hidrocarboneto D-limoneno como o seu constituinte majoritário absoluto (Silva, 2024). Dependendo do método de extração utilizado, de fatores agronômicos e da variedade da fruta, os teores de limoneno flutuam em uma faixa predominante de 83,9% a 97% da composição volátil total (Everton *et al*., 2020;



CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

**Received:** 15/08/2026 - **Accepted:** 16/09/2026
**Vol**: 13.19
**DOI**: 10.66104/ry87nr16
**Pages:** 1-25

Favela-Hernández *et al*., 2016; Orso *et al*., 2022). Em um nível molecular secundário, o perfil fitoquímico do óleo é complementado por uma fração menor de outros monoterpenos hidrocarbonetos e oxigenados essenciais, destacando-se mirceno (1,32% a 3,36%), α-pineno (0,46% a 0,72%), linalol (0,45% a 0,9%), sabineno e β-pineno, que atuam de forma sinérgica na manifestação de suas propriedades biológicas (Silva, 2021a; Silva, 2024). Ressalta-se que tais valores representam a proporção relativa dos constituintes na fração volátil analisada, não devendo ser interpretados estritamente como quantitativo da pureza química da substância no conjunto.

Embora o perfil qualitativo de compostos tenda a se manter estável, a abundância quantitativa absoluta dessas substâncias na arquitetura química da planta é altamente dinâmica. Estudos têm mostrado que o rendimento global da extração e a proporção relativa dos seus constituintes (como a abundância relativa de limoneno) sofrem variações drásticas induzidas pelo estádio de maturação do fruto, ocorrendo oscilações marcantes nas concentrações de monoterpenos à medida que a casca transiciona do estádio verde para o maduro (Siqueira *et al.*, 2020). Adicionalmente, as condições operacionais do processo extrativo desempenham um papel crucial, a exemplo do método clássico de hidrodestilação convencional, empregando o aparelho de Clevenger, que preserva a integridade analítica e características organolépticas superiores nas frações de limoneno quando comparado a métodos exaustivos por solventes orgânicos quentes, como o Soxhlet (Orso *et al*., 2022). Além disso, Orso e colaboradores (2022), ao avaliar o reaproveitamento de resíduos industriais da variedade 'Valencia', observaram que a hidrodestilação se mostrou mais seletiva para os componentes voláteis, impedindo que o calor prolongado e a ação dos solventes arrastassem ceras e pigmentos indesejados da casca, o que, segundo os autores, garante a obtenção de um OE com melhor teor qualitativo.

### 3.3 Atividade antioxidante do óleo essencial de *Citrus sinensis*



CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

**Received:** 15/08/2026 - **Accepted:** 16/09/2026
**Vol**: 13.19
**DOI**: 10.66104/ry87nr16
**Pages:** 1-25

Os resíduos das cascas de *C. sinensis* contêm uma grande quantidade de fitoquímicos, a exemplo dos polifenóis, que se destacam por suas propriedades antimicrobianas e antioxidantes (Lucarini *et al*., 2021). A capacidade antioxidante dos extratos brutos da casca decorre da presença de ácidos fenólicos e flavonoides (Dongre *et al*., 2023; Manzur *et al*., 2023). Por sua vez, a atividade antioxidante atribuída ao OE volátil decorre de sua própria fração lipofílica/monoterpênica, tendo o D-limoneno como principal constituinte com ação antioxidante (Orso *et al*., 2022), atuando em sinergia com os demais constituintes voláteis.

No contexto experimental, a avaliação do potencial de captura do radical estável 2,2-difenil-1-picril-hidrazila (DPPH) constitui uma metodologia consolidada para determinar o perfil bioativo de novos componentes cosméticos. Embora o foco desta seção seja o óleo volátil, ensaios fitoquímicos clássicos conduzidos por Gnann *et al*. (2020) com o extrato bruto hidroetanólico a 70% de *C. sinensis* indicaram resultados positivos para a presença tanto de flavonoides (identificados via reação de Shinoda) quanto de taninos (via reação com acetato de chumbo). Esses metabólitos secundários do extrato, atuando de maneira sinérgica com a vitamina C e os componentes voláteis, foram apontados como os principais agentes responsáveis pela atividade antioxidante e pela capacidade final de sequestro de radicais livres evidenciada na pesquisa (Gnann *et al*., 2020). No plano biológico, essa atividade reflete-se na mitigação do estresse oxidativo celular em modelos animais através da elevação de defesas endógenas, como a glutationa reduzida (GSH) (Silva, 2021a).

### 3.4 Atividade antimicrobiana do óleo essencial de *Citrus sinensis*

A busca por compostos naturais e métodos sustentáveis tem destacado o reaproveitamento de coprodutos industriais, como as cascas de laranja, para a extração de substâncias bioativas. O OE obtido a partir de resíduos de *C. sinensis* — cujo constituinte majoritário é o limoneno — possui propriedades biológicas de grande interesse industrial, incluindo o potencial como aditivo antimicrobiano natural (Orso *et al*., 2022).



CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

**Received:** 15/08/2026 - **Accepted:** 16/09/2026
**Vol**: 13.19
**DOI**: 10.66104/ry87nr16
**Pages:** 1-25

A eficácia desse óleo varia significativamente a depender da estrutura celular do microrganismo testado. Avaliações baseadas no método de microdiluição em caldo realizadas por Orso e colaboradores (2022) demonstraram que o OE apresenta uma ação antibacteriana marcante contra a bactéria Gram-positiva *Staphylococcus aureus*, exibindo uma concentração inibitória mínima (CIM) de 0,1509 g.mL$^{-1}$. Esse efeito inibitório também foi verificado frente ao patógeno Gram-negativo *Proteus mirabilis*, porém com uma CIM equivalente ao dobro da anterior (0,3019 g.mL$^{-1}$). Por outro lado, o óleo extraído não apresentou capacidade de inibição total, na maior concentração testada de 0,3019 g.mL$^{-1}$, para outros microrganismos Gram-negativos, tais como *Escherichia coli*, *Salmonella typhimurium* e *Pseudomonas aeruginosa*.

Em outro estudo, os achados indicaram que a atividade antibacteriana do OE de *C. sinensis* depende da concentração, da linhagem bacteriana e da origem do óleo. No rastreamento realizado com 90 óleos essenciais comerciais, o OE de *C. sinensis* apresentou ação contra fitobactérias: a 1.000 ppm, promoveu apenas uma redução transitória de 50% a 66% no crescimento *in vitro* de *Pectobacterium carotovorum* após duas horas de contato, diminuindo para menos de 50% nos períodos subsequentes, enquanto que contra *Pectobacterium atrosepticum* sua eficácia permaneceu inferior a 50%; na concentração de 500 ppm, a inibição das duas bactérias também foi inferior a 50%, reforçando o caráter seletivo e pouco persistente desse óleo (De Clerck *et al*., 2020). Em outro estudo, o OE obtido por hidrodestilação das cascas de frutos *C. sinensis* Osbeck cv. Newhall, constituído principalmente por limoneno (88,25%), apresentou atividade moderada contra *Bacillus subtilis* e *Escherichia coli*, com halos de inibição de 10,99 ± 1,02 mm e 10,77 ± 1,33 mm, respectivamente, e concentração inibitória mínima de 6,25 µL/mL para ambas as espécies. Em contrapartida, mostrou menor atividade contra *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa* e *Salmonella typhimurium*, com concentrações inibitórias mínimas de 50, 100 e 50 µL/mL, respectivamente, evidenciando uma ação antibacteriana seletiva, mais pronunciada contra *B. subtilis* e *E. coli* (Lin *et al*., 2021).



CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

**Received:** 15/08/2026 - **Accepted:** 16/09/2026
**Vol**: 13.19
**DOI**: 10.66104/ry87nr16
**Pages:** 1-25

De modo geral, o mecanismo proposto para explicar a atividade antimicrobiana fundamenta-se na hidrofobicidade e na natureza lipofílica dos óleos essenciais, propriedades que lhes permitem penetrar nos lipídios da membrana celular bacteriana, comprometendo sua integridade e funções. Em contrapartida, observa-se uma tendência geral de menor susceptibilidade em bactérias Gram-negativas quando comparadas às Gram-positivas, atribuída à barreira hidrofílica de lipopolissacarídeos presente na membrana externa dessas bactérias, o que reduz a penetração dos compostos lipofílicos do OE. Contudo, essa menor susceptibilidade é uma tendência e não uma regra absoluta, existindo exceções dependentes da cepa testada, do perfil fitoquímico e da concentração do OE empregado (ORSO *et al*., 2022; DE CLERCK *et al*., 2020; LIN *et al*., 2021).

Em relação às leveduras e fungos filamentosos, a bioatividade observada está associada à capacidade do OE de desorganizar a parede celular fúngica e alterar a síntese de ergosterol. Enquanto a permeabilização da membrana e a indução de estresse oxidativo celular são mecanismos diretamente demonstrados em modelos experimentais, o colapso morfológico e a indução de rotas apoptóticas pela fração monoterpênica permanecem como hipóteses mecanicistas amplamente propostas na literatura (Silva, 2024; Dongre *et al*., 2023; Eliuz, Yabalak, Sicak, 2020; Ruiz-Pérez *et al*., 2016; Pedroso *et al*., 2019; Silva *et al*., 2021b).

Essa bioatividade está fundamentada em mecanismos de ação que envolvem a lipofilicidade dos componentes, que danificam e desorganizam a parede e a membrana celular fúngica, alteram a biossíntese de ergosterol e aumentam a permeabilidade celular, resultando em estresse oxidativo, extravasamento do conteúdo intracelular, colapso morfológico e morte por apoptose (Dongre *et al*., 2023; Sousa *et al.*, 2023; Eliuz, Yabalak, Sicak, 2020). Cabe salientar, no entanto, que embora esses mecanismos sejam amplamente aceitos na literatura, nem todos foram demonstrados diretamente para cada amostra específica de óleo de *C. sinensis* avaliada (Silva *et al*., 2021b).

Os valores de concentração inibitória mínima (CIM) relatados na literatura para o OE de *C. sinensis* variam conforme o protocolo metodológico e as unidades empregadas (g . $mL^{-1}$, µL . $mL^{-1}$, µg . $mL^{1}$ ou ppm). Devido a diferenças de densidade,



CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

**Received:** 15/08/2026 - **Accepted:** 16/09/2026
**Vol**: 13.19
**DOI**: 10.66104/ry87nr16
**Pages:** 1-25

solubilidade e técnicas de dispersão do OE em meio líquido, a comparação quantitativa direta entre esses valores deve ser interpretada com cautela (Favela-Hernández *et al*., 2016; Eliuz; Yabalak; Sicak, 2020; Ruiz-Pérez *et al*., 2016; Pedroso *et al*., 2019; Silva *et al*., 2021b; Orso *et al*., 2022).

### 3.5 Métodos de extração de óleo essencial de *Citrus sinensis*

Os OEs de *C. sinensis* são obtidos do flavedo, camada externa da casca que concentra as glândulas secretoras do aroma característico da laranja (Figura 1). A técnica de extração influencia o rendimento, a composição química, a estabilidade e as propriedades biológicas do produto. A prensagem a frio constitui o método tradicional da indústria cítrica, pois preserva o perfil aromático natural, embora possa extrair simultaneamente ceras e pigmentos. A hidrodestilação e a destilação por arraste a vapor são empregadas em escala laboratorial e industrial, mas o aquecimento prolongado pode ocasionar perdas ou transformações de constituintes voláteis (Bozova, Gölükçü, Turgutoğlu, 2024). Em contrapartida, técnicas emergentes, como extração assistida por micro-ondas ou ultrassom, explosão a vapor e dióxido de carbono supercrítico, buscam reduzir o tempo, o consumo energético e a degradação térmica, possibilitando maior seletividade e melhor aproveitamento dos resíduos da indústria de sucos (Ngan *et al*., 2020; Samad *et al*., 2023).

Para realização da extração em aparelho extrator de Soxhlet, Ogo e colaboradores (2024) utilizaram frutos de três cultivares de *C. sinensis,* que a princípio foram limpos em água corrente, descascados manualmente e tiveram suas cascas cortadas em fragmentos menores para secagem em estufa a 40°C, sobrepostas em folha de alumínio, durante 72 horas. Na sequência, o material seco foi pulverizado e uma massa de 50 g de pó de cada cultivar passou por um processo de extração contínua em aparelho extrator de Soxhlet por um período de 5 horas, utilizando etanol e hexano como solventes extratores. Por fim, as soluções resultantes foram filtradas e concentradas em evaporador rotatório sob vácuo a uma temperatura controlada de 40°C (Ogo *et al*., 2024).



CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

**Received:** 15/08/2026 - **Accepted:** 16/09/2026
**Vol**: 13.19
**DOI**: 10.66104/ry87nr16
**Pages:** 1-25

A quantificação e obtenção do OE das cascas de *C. sinensis* 'Valencia' foram realizadas por meio da adição na proporção de 40 g de amostra para 250 mL de água destilada em um balão de três bocas devidamente acoplado a uma manta de aquecimento (QUIMIS, modelo Q321A25-315W). A temperatura do processo foi fixada em 95°C, iniciando-se a contagem do tempo de extração quando o sistema atingiu os 80°C, mantendo-se o processo ativo sob reposição controlada de água por um período total de 3 horas e 30 minutos (Pires *et al.*, 2017).

No procedimento de extração sólido-líquido via Soxhlet, utilizou-se um sachê de papel filtro contendo 50 g de cascas de laranja, inserido no extrator e submetido ao refluxo com 300 mL do solvente hexano. O sistema foi aquecido em banho-maria e a cronometragem da extração teve início assim que o aparato térmico se estabilizou em 70°C, estendendo-se por um intervalo operacional contínuo de 3 horas (IUPAC, 1979).

A técnica de hidrodestilação em extrator de Clevenger foi utilizada por Everton e colaboradores (2020), para obter o OE das cascas de *C. sinensis*. Os pesquisadores utilizaram o extrator de Clevenger acoplado a um balão de fundo redondo e manta elétrica. O processo consistiu na adição de água destilada na proporção de 1:10 para 120 g de cascas da fruta, mantendo-se o aquecimento a 100ºC. Posteriormente, o óleo extraído foi seco por percolação com sulfato de sódio anidro ($Na_2SO_4$) e centrifugado.

A prensagem a frio destaca-se como uma das metodologias mais tradicionais e consolidadas para o isolamento de óleos essenciais de matrizes vegetais, especialmente frutos cítricos, sementes e grãos. O processo operacional baseia-se na aplicação de força mecânica por meio de prensas hidráulicas para o esmagamento do material ou rompimento das glândulas aromáticas da casca, gerando uma emulsão bifásica mista que contém água, OE, suco e resíduos celulares. Para isolar a fração oleosa purificada do efluente líquido, torna-se indispensável o emprego subsequente de técnicas de separação de fases, como a centrifugação, a decantação ou a destilação fracionada (Maldonado, 2022; Reis, Gonçalves, 2024).



CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

**Received:** 15/08/2026 - **Accepted:** 16/09/2026
**Vol**: 13.19
**DOI**: 10.66104/ry87nr16
**Pages:** 1-25

A extração de óleos essenciais e compostos bioativos a partir de matrizes vegetais e resíduos agroindustriais de citros requer metodologias que equilibrem o consumo energético, a emissão de dióxido de carbono e o rendimento final do produto obtido. Os métodos tradicionais e convencionais de extração — entre os quais se destaca a maceração, juntamente com a extração Soxhlet, infusão e extrações líquido-líquido ou sólido-líquido — exigem períodos prolongados de processamento e alto consumo de energia, além de frequentemente recorrerem ao uso de solventes orgânicos potencialmente tóxicos (Bora *et al*., 2020).

Ademais, no contexto da extração de óleos essenciais de *C. sinensis* e outras espécies do gênero através de técnicas convencionais como a maceração, um fator crítico de limitação é a exposição do extrato a temperaturas elevadas ou a tempos prolongados de contato, os quais podem ocasionar a degradação térmica de compostos ativos termolábeis presentes no óleo (Bora *et al*., 2020)

Por conta dessas limitações inerentes aos métodos clássicos, como a maceração, o cenário científico e industrial atual tem direcionado seus esforços para o desenvolvimento e aplicação de técnicas de "extração verde" (*green extraction*). Tais metodologias emergentes visam garantir máxima eficiência no rendimento e na preservação das propriedades funcionais dos óleos essenciais, reduzindo severamente o tempo de extração, os impactos ambientais e a dependência de solventes danosos (Bora *et al*., 2020).

O Quadro 1 relaciona as técnicas de extração do OE de *C. sinensis* e considera principalmente a extração a partir do flavedo da casca, onde se concentram as glândulas produtoras de OE.

**Quadro 1** – Técnicas de extração do óleo essencial de *Citrus sinensis.*

| Técnica | Princípio e condições gerais | Resultados relatados para *C. sinensis* | Vantagens | Limitações |
|---|---|---|---|---|
| **Prensagem a frio ou expressão mecânica** | As glândulas do flavedo são rompidas por raspagem, perfuração ou prensagem. A emulsão de óleo e água é | Em laranja 'Navelina', produziu óleo com composição semelhante à obtida por hidrodestilação, mas com menor | Não utiliza aquecimento intenso nem solventes; preserva o aroma fresco característico da laranja; | Pode apresentar menor rendimento; ocorre coextração de ceras, pigmentos e outros compostos não voláteis; o contato com água e oxigênio favorece oxidação e |



CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

**Received:** 15/08/2026 - **Accepted:** 16/09/2026
**Vol**: 13.19
**DOI**: 10.66104/ry87nr16
**Pages:** 1-25

| Técnica | Princípio e condições gerais | Resultados relatados para *C. sinensis* | Vantagens | Limitações |
|---|---|---|---|---|
| | posteriormente separada por centrifugação. | rendimento. O limoneno permaneceu como constituinte predominante. | método tradicional e amplamente empregado industrialmente. | formação de emulsões. (Bozova; Gölükcü; Turgutoğlu, 2024; Maldonado, 2022; Reis, Gonçalves, 2024). |
| **Hidrodestilação – aparelho de Clevenger** | As cascas são trituradas e imersas em água, que é aquecida até a ebulição. Os compostos voláteis são arrastados pelo vapor, condensados e separados da fase aquosa. | Em cascas frescas de laranja 'Navelina', diferentes tempos entre 10 e 120 minutos não produziram alterações significativas na composição; o limoneno variou de 96,52% a 96,61%. O rendimento foi superior ao da prensagem a frio. | Técnica simples, de baixo custo e muito utilizada em laboratório; dispensa solventes orgânicos; permite recuperar óleo de cascas e resíduos da indústria de sucos. | Consome água e energia; o aquecimento prolongado pode provocar hidrólise, oxidação, perda de compostos muito voláteis e formação de artefatos térmicos. (Bozova; Gölükcü; Turgutoğlu, 2024; Everton *et al*., 2020; Orso *et al*., 2022). |
| **Destilação por arraste a vapor** | O vapor é produzido separadamente e atravessa o leito de cascas, volatilizando o óleo sem que o material permaneça totalmente imerso em água. Após condensação, o óleo é separado do hidrolato. | Em estudo com casca de laranja, apresentou rendimento de aproximadamente 1,095% após 45 minutos. | Possibilita maior escala de produção e reduz o contato direto da matéria-prima com a água fervente; apresenta construção e operação relativamente simples. | Requer caldeira ou gerador de vapor; consome energia e pode modificar compostos termolábeis quando o processo é prolongado. (Shakir; Salih, 2015). |
| **Destilação a vapor assistida por micro-ondas – MASD** | As micro-ondas promovem rápido aquecimento da água e das células da casca, enquanto o vapor transporta os compostos voláteis até o condensador. | O rendimento do óleo de laranja foi de 1,150% em 35 minutos, utilizando potência de 135 W, comparado a 1,095% em 45 minutos na destilação a vapor convencional. | Menor tempo de extração; aquecimento rápido; possibilidade de maior rendimento e menor consumo energético. | Exige equipamento específico; o aquecimento muito rápido ou desigual pode alterar a composição; ampliação para escala industrial requer controle rigoroso da potência. (Shakir; Salih, 2015). |
| **Extração por micro-ondas sem solvente – SFME ou destilação seca** | Utiliza a própria água presente nas cascas frescas. As micro-ondas aquecem o interior | Em *C. sinensis*, permitiu a obtenção do óleo em aproximadamente | Não emprega solventes nem água adicionada; reduz tempo e | Equipamento de maior custo; depende da umidade da casca; apresenta dificuldades de |



CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

**Received:** 15/08/2026 - **Accepted:** 16/09/2026
**Vol**: 13.19
**DOI**: 10.66104/ry87nr16
**Pages:** 1-25

| Técnica | Princípio e condições gerais | Resultados relatados para *C. sinensis* | Vantagens | Limitações |
|---|---|---|---|---|
| **por micro-ondas** | das células, aumentam a pressão e rompem as glândulas oleíferas; os voláteis liberados são condensados externamente. | 40 minutos, enquanto a hidrodestilação exigiu cerca de três horas. Os óleos apresentaram composição semelhante e teores de limoneno de 98,42% por SFME e 98,24% por hidrodestilação. | consumo energético; pode preservar melhor compostos termolábeis e minoritários. | uniformidade do campo de micro-ondas e de ampliação industrial. (Ngan *et al*., 2020). |
| **Hidrodestilação assistida por ultrassom** | A cavitação produzida pelo ultrassom rompe ou desorganiza as glândulas oleíferas, facilitando a liberação do óleo antes ou durante a hidrodestilação. | Um protótipo otimizado reduziu em 83,3% o tempo de isolamento em comparação com a hidrodestilação convencional e produziu óleo com 81,32% de limoneno, 7,55% de β-mirceno e 4,20% de α-pineno. | Menor temperatura e tempo; maior ruptura das glândulas; redução do consumo energético e melhor preservação de compostos termolábeis. | Resultados dependem da frequência, potência, tempo de sonicação e geometria do reator; técnica ainda pouco consolidada em escala industrial. (Samad *et al*., 2023). |
| **Explosão a vapor – *steam explosion*** | As cascas são submetidas a vapor saturado em alta pressão, seguido de descompressão súbita. A queda de pressão rompe a estrutura vegetal e provoca a autovaporização dos compostos voláteis. | As condições otimizadas foram 170 °C, 8 bar e 240 segundos. O processo foi aproximadamente oito vezes mais rápido que a hidrodestilação e produziu uma fração muito rica em limoneno. | Extração extremamente rápida; elevada recuperação de limoneno; possibilidade de integração a processos de valorização de resíduos cítricos. | Temperatura e pressão elevadas; requer equipamento resistente; pode produzir óleo com perfil químico menos complexo e menor número de componentes minoritários. (Golmohammadi *et al*., 2018). |
| **Extração com dióxido de carbono supercrítico – $CO_2$-SC** | O $CO_2$ acima de seu ponto crítico atua como solvente. A pressão e a temperatura são reguladas para controlar a densidade e a seletividade da extração. Após a despressurização, o | Em casca desidratada de laranja ‘Naveline’, foram estudadas pressões de 8 a 28 MPa e temperaturas de 20 a 50 °C. A 12,5 MPa e 35 °C, o limoneno representou mais | Temperaturas moderadas; ausência de resíduos de solventes orgânicos; elevada seletividade; possibilidade de fracionar limoneno e | Elevado custo de instalação; operação sob alta pressão; necessidade de secagem e moagem; pode coextrair ceras, carotenoides e compostos não voláteis, dependendo das condições. (Mira *et al*., 1999). |



CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

**Received:** 15/08/2026 - **Accepted:** 16/09/2026
**Vol**: 13.19
**DOI**: 10.66104/ry87nr16
**Pages:** 1-25

| Técnica | Princípio e condições gerais | Resultados relatados para *C. sinensis* | Vantagens | Limitações |
|---|---|---|---|---|
| | $CO_2$ se separa do produto. | de 99,5% do óleo obtido. | compostos oxigenados. | |

*Nota: As comparações entre os métodos de extração possuem caráter narrativo e qualitativo, visto que sintetizam dados de estudos com parâmetros operacionais e matérias-primas heterogêneas. Os percentuais de D-limoneno apresentados referem-se à proporção relativa do composto na fração volátil do óleo essencial, e não à pureza química absoluta da amostra.
**Fonte**: Elaboração própria com base nos estudos citados.

## 4. Discussão

Os dados botânicos e estruturais do *C. sinensis* mostram a complexidade anatômica do fruto e justificam sua aplicação industrial. O principal achado para a interpretação desse potencial bioativo reside na correta identificação da matriz estudada, visto que o OE (fração volátil, constituída predominantemente por monoterpenos lipofílicos como o D-limoneno), o extrato hidroetanólico e o extrato hexânico apresentam composições e propriedades distintas que não devem ser combinadas sem a devida estratificação. A divisão da casca em flavedo e albedo cumpre papéis biológicos e econômicos distintos; enquanto o albedo é caracterizado por altos teores de pectina e polissacarídeos estruturais como a celulose, o flavedo concentra as bolsas glandulares responsáveis pelo armazenamento dos compostos voláteis lipofílicos (La Torre *et al*., 2019). Essa biomassa residual, gerada em larga escala pela indústria de sucos é uma fonte sustentável e de baixo custo para a obtenção de biomoléculas de alto valor agregado, atendendo aos preceitos modernos de reaproveitamento de coprodutos industriais (Ogo *et al*., 2024).

A composição química do OE tem o monoterpeno hidrocarboneto D-limoneno como o constituinte majoritário (Galvão, 2015). Contudo, a arquitetura química desse produto natural é dinâmica e fortemente influenciada por fatores agronômicos, genéticos e operacionais. Grandes variações na proporção relativa e no rendimento global do limoneno ocorrem em função do estádio de maturação do fruto, registrando oscilações marcantes na transição da casca verde para a madura (Siqueira *et al.*, 2020). Além disso, monoterpenos secundários como mirceno, α-pineno, linalol, sabineno e β-pineno complementam o perfil fitoquímico. Embora estejam presentes



CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

**Received:** 15/08/2026 - **Accepted:** 16/09/2026
**Vol**: 13.19
**DOI**: 10.66104/ry87nr16
**Pages:** 1-25

em menores proporções, essas substâncias atuam de forma sinérgica com o limoneno, o que resulta nas propriedades biológicas do óleo (Silva, 2021a; Silva, 2024).

A análise comparativa dos métodos extrativos revela que a escolha metodológica determina diretamente a seletividade e a qualidade organoléptica do óleo obtido. O método clássico de hidrodestilação em aparelho de Clevenger destaca-se por sua alta seletividade para componentes voláteis, preservando a integridade analítica das frações de limoneno, embora não reproduza necessariamente o perfil exato do óleo obtido industrialmente. Em contrapartida, processos exaustivos por solventes orgânicos quentes, como a extração sólido-líquido via Soxhlet (utilizando hexano ou etanol), tendem a expor a biomassa a calor prolongado e à ação de solventes agressivos. Esse arrasto mecânico acaba extraindo ceras, polímeros e pigmentos indesejados da casca, o que reduz o teor qualitativo do OE em comparação ao método de hidrodestilação (Orso *et al*., 2022). Torna-se indispensável separar claramente o OE propriamente dito dos extratos brutos da casca obtidos por solventes orgânicos ou aquosos, evitando-se imputar ao óleo volátil propriedades que pertencem a frações não voláteis (como flavonoides e taninos) obtidas por maceração ou Soxhlet.

No que tange aos métodos industriais e mecânicos, a prensagem a frio consolida-se como a técnica mais difundida e de menor custo no mercado brasileiro para a obtenção do OE de *C. sinensis*. Por não empregar aquecimento direto, essa metodologia preserva os compostos voláteis e termolábeis de degradações térmicas. Contudo, diferentemente da hidrodestilação, a força mecânica aplicada às bolsas aromáticas gera uma mistura efluente complexa e bifásica composta por óleo, suco e resíduos celulares, tornando indispensável o uso subsequente de etapas físicas de separação, como a centrifugação por diferença de densidade, para o isolamento do óleo puro (Maldonado, 2022; Reis, Gonçalves, 2024).

Por outro lado, o emprego de métodos convencionais por solventes ou contato prolongado, como a maceração, apresenta limitações operacionais importantes no processamento de *C. sinensis*. A exposição da biomassa vegetal a longos períodos de extração ou a temperaturas elevadas pode acarretar a degradação térmica dos



CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

**Received:** 15/08/2026 - **Accepted:** 16/09/2026
**Vol**: 13.19
**DOI**: 10.66104/ry87nr16
**Pages:** 1-25

constituintes bioativos sensíveis, além de demandar maior consumo energético e uso de solventes orgânicos potencialmente nocivos. Tais entraves têm impulsionado a busca por abordagens de *green extraction* (extração verde), que visam otimizar o rendimento e assegurar a integridade farmacológica do D-limoneno e demais monoterpenos, reduzindo o tempo operacional e o impacto ambiental (Bora *et al*., 2020).

Diante disso, a comparação entre os rendimentos e as composições químicas dos óleos essenciais descritos na literatura revisada revelam limitações metodológicas importantes. Observa-se uma marcante falta de padronização entre os estudos experimentais, cujos delineamentos divergem quanto aos tempos operacionais de extração, aos solventes orgânicos empregados no sistema de Soxhlet e, fundamentalmente, ao estádio de maturação da matéria-prima vegetal utilizada. Essas variáveis metodológicas interferem diretamente no perfil fitoquímico final obtido, evidenciando a necessidade de protocolos mais homogêneos na pesquisa com produtos naturais para garantir a reprodutibilidade dos dados em escala industrial. Esta revisão narrativa apresenta limitações inerentes à heterogeneidade dos estudos analisados, incluindo diferenças nos estádios de maturação dos frutos de *C. sinensis*, variações geoclimáticas da matéria-prima e diversidade de protocolos de extração e ensaios biológicos. Além disso, a busca restrita a publicações com acesso integral gratuito pode ter omitido dados complementares presentes em bases fechadas, o que reforça a necessidade de futuras pesquisas ampliarem as estratégias de busca e a avaliação rigorosa dos estudos primários.

A atividade antimicrobiana do OE da casca de *C. sinensis* manifesta-se de forma heterogênea conforme o grupo de microrganimos envolvidos (bactérias ou fungos), e dentro destes grupos, varia conforme a constituição da parede e membrana celular. Assim, observou-se que diferentes estudos apresentaram resultados diferentes de inibição de crescimento microbiano *in vitro*. Bactérias Gram-negativas e Gram-positivas podem apresentar comportamentos diferentes (a exemplo de *S. aureus*, *E. coli*, *P. mirabilis*, *P. aeruginosa*, *S. typhimurium* e *B. subtilis*), assim como espécies diferentes podem apresentar resultados diferentes. O



CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

**Received:** 15/08/2026 - **Accepted:** 16/09/2026
**Vol**: 13.19
**DOI**: 10.66104/ry87nr16
**Pages:** 1-25

mesmo, tem-se observado com os microrganismos fúngicos, como espécies do gênero *Candida* e de *Saccharomyces cerevisiae* (Silva, 2024; Dongre *et al*., 2023; Eliuz; Yabalak; Sicak, 2020; Ruiz-Pérez *et al*., 2016; Pedroso *et al*., 2019; Silva *et al*., 2021b).

O efeito inibitório do crescimento e atividade fungicida decorre provavelmente da elevada lipofilicidade de seus constituintes majoritários, destacadamente o limoneno. Essa natureza apolar favorece a penetração e a desestruturação da integridade da parede e da membrana celular fúngica, comprometendo a biossíntese de ergosterol e aumentando a permeabilidade celular (Dongre *et al*., 2023; Sousa *et al.*, 2023). Embora a literatura registre variações nas CIM em virtude da suscetibilidade de cada cepa testada (Ruiz-Pérez *et al*., 2016; Pedroso *et al*., 2019), os achados reforçam o potencial do óleo volátil como uma futura alternativa fitoterápica aos antifúngicos convencionais (Sousa *et al.*, 2023).

## 5. Considerações Finais e Conclusão

A presente revisão permitiu consolidar o conhecimento científico acerca do OE da casca de *C. sinensis*, evidenciando seu elevado potencial biológico e sua relevância como uma alternativa sustentável para o reaproveitamento de resíduos agroindustriais. Os dados anatômicos e estruturais reforçam que a casca, dividida em albedo e flavedo, deixa de ser um mero descarte da indústria de sucos e passa a se posicionar como uma matéria-prima de baixo custo e alto valor agregado para a extração de biomoléculas ativas.

No que tange à composição fitoquímica, o monoterpeno D-limoneno é o constituinte majoritário (atingindo teores de até 97%), cuja concentração e proporção relativa são dinâmicas e influenciadas por fatores biológicos e operacionais. A análise dos métodos de extração revela que diferentes técnicas produzem frações com perfis distintos: para o contexto industrial e comercial; a prensagem a frio sobressai-se como o método mecânico mais viável por dispensar aquecimento direto; em âmbito laboratorial, a hidrodestilação em aparelho de Clevenger permanece a técnica mais acessível e seletiva para componentes voláteis. Por outro



CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

**Received:** 15/08/2026 - **Accepted:** 16/09/2026
**Vol**: 13.19
**DOI**: 10.66104/ry87nr16
**Pages:** 1-25

lado, ressalta-se que métodos como a extração via Soxhlet e a maceração fornecem extratos lipofílicos de composição mais ampla e sujeitos à degradação térmica, devendo ser categorizados separadamente do OE em sentido estrito. Adicionalmente, aponta-se a relevância emergente de tecnologias de extração verde (*green extraction*).

As propriedades biológicas do OE de *C. sinensis* incluem atividades químicas e promissoras ações biológicas demonstradas predominantemente em ensaios *in vitro*. A capacidade antioxidante decorre da fração monoterpênica volátil e da ação sinérgica entre os componentes lipofílicos, alinhando-se à presença de flavonoides e polifenóis nos extratos brutos da casca. Já o potencial antimicrobiano mostrou-se intimamente dependente da estrutura celular dos patógenos: a lipofilicidade do óleo favorece a permeabilização de membranas e a alteração da biossíntese de ergosterol em fungos e bactérias Gram-positivas, ao passo que a barreira hidrofílica de lipopolissacarídeos em bactérias Gram-negativas costuma impor menor susceptibilidade.

Cabe ressaltar que a magnitude dos efeitos biológicos descritos na literatura é heterogênea e varia conforme a composição química, o método extrativo e o modelo experimental empregado. Portanto, os achados atuais não permitem afirmar eficácia clínica direta nem a substituição imediata de agentes antimicrobianos e antioxidantes convencionais. Sustenta-se o potencial de aproveitamento do óleo e indicam-se perspectivas favoráveis para a valorização de coprodutos agroindustriais, ressaltando-se a necessidade de futuros estudos em escala industrial, avaliação de ciclo de vida e protocolos padronizados de segurança e eficácia *in vivo*.

## Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.



CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

**Received:** 15/08/2026 - **Accepted:** 16/09/2026
**Vol**: 13.19
**DOI**: 10.66104/ry87nr16
**Pages:** 1-25

**Acknowledgments**

This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Finance Code 001.

**Referências**

BORA, H. *et al.* Citrus essential oils (CEOs) and their applications in food: an overview. **Plants**, v. 9, n. 3, art. 357, 2020. DOI: https://doi.org/10.3390/plants9030357. Acesso em: 24 jul. 2026.

BOZOVA, B.; GÖLÜKÇÜ, M.; TURGUTOĞLU, E. The effect of hydrodistillation times and cold pressing on yield and composition of sweet orange (*Citrus sinensis*) peel essential oil. **Horticultural Studies**, v. 41, n. 1, p. 22–27, 2024. DOI: https://doi.org/10.16882/hortis.1417575. Acesso em: 28 jul. 2026.

DE CLERCK, C. *et al*. Screening of antifungal and antibacterial activity of 90 commercial essential oils against 10 pathogens of agronomical importance. **Foods**, v. 9, n. 10, art. 1418, 2020. DOI: https://doi.org/10.3390/foods9101418. Acesso em: 28 jul. 2026.

DONGRE, P. *et al.* Botanical description, chemical composition, traditional uses and pharmacology of *Citrus sinensis*: an updated review. **Pharmacological Research - Modern Chinese Medicine**, [S. l.], v. 8, art. 100272, 2023. DOI: https://doi.org/10.1016/j.prmcm.2023.100272. Acesso em: 12 maio 2026.

ELIUZ, E. A. E.; YABALAK, E.; SICAK, Y. Chemical composition and antimicrobial activity of essential oil of *Citrus sinensis*: interaction with ampicillin and fluconazole. **Revue Roumaine de Chimie**, [S. l.], v. 65, n. 10, p. 899–907, 2020. DOI: https://doi.org/10.33224/rrch.2020.65.10.05. Acesso em: 21 jul. 2026.

EVERTON, G. O. *et al.* Caracterização química, atividade antimicrobiana e toxicidade dos óleos essenciais da *Pimenta dioica* L. e *Citrus sinensis* L. Osbeck. **Revista Colombiana de Ciencias Químico-Farmacéuticas**, Bogotá, v. 49, n. 3, p. 641–655, 2020. DOI: https://doi.org/10.15446/rcciquifa.v49n3.91253. Acesso em: 2 maio 2026.

FAVELA-HERNÁNDEZ, J. M. J. *et al.* Chemistry and pharmacology of *Citrus sinensis*. **Molecules**, v. 21, n. 2, art. 247, 2016. DOI: https://doi.org/10.3390/molecules21020247. Acesso em: 12 maio 2026.



CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

**Received:** 15/08/2026 - **Accepted:** 16/09/2026
**Vol**: 13.19
**DOI**: 10.66104/ry87nr16
**Pages:** 1-25

FONTANA, G. The orange peel: an outstanding source of chemical resources. In: KHAN, M. S.; KHAN, I. A. (ed.). **Citrus***:* research, development and biotechnology. London: IntechOpen, 2021. cap. 11, p. 209–228. DOI: https://doi.org/10.5772/intechopen.96298. Acesso em: 13 maio 2026.

GALVÃO, A. C. *Obtenção e caracterização de óleo essencial da casca de laranja (Citrus sinensis)*. 2015. 65 f. **Dissertação (Mestrado em Engenharia Química)** – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2015.

GNANN, G. W. M. *et al.* Desenvolvimento de fitocosmético antioxidante com extrato de laranja (*Citrus sinensis*). **Singular: Saúde e Biológicas**, Araras, v. 1, n. 1, p. 26–32, 2020. DOI: https://doi.org/10.33911/singularsb.v1i1.81. Acesso em: 16 jun. 2026.

GOLMOHAMMADI, M. *et al*. Optimization of essential oil extraction from orange peels using steam explosion. **Heliyon**, v. 4, n. 11, e00893, 2018. DOI: https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2018.e00893. Acesso em: 28 jul. 2026.

IUPAC – International Union of Pure and Applied Chemistry. ***Standard methods for the analysis of oils, fats and derivatives*.** 6th ed. Oxford: Pergamon Press, 1979.

LA TORRE, C. *et al*. Characterization of citrus peel waste pectin obtained by different extraction methods. ***Food Hydrocolloids***, v. 91, p. 200–208, 2019. DOI: https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.01.032. Acesso em: 12 maio 2026

LIN, X. *et al*. The chemical compositions, and antibacterial and antioxidant activities of four types of citrus essential oils. **Molecules**, v. 26, n. 11, art. 3412, 2021. DOI: https://doi.org/10.3390/molecules26113412. Acesso em: 28 jul. 2026.

LUCARINI, M. *et al.* Fruit wastes as a valuable source of value-added compounds: a collaborative perspective. **Molecules**, v. 26, n. 21, art. 6338, 2021. DOI: https://doi.org/10.3390/molecules26216338. Acesso em: 5 maio 2026.

MALDONADO, G. **Estudo sobre os métodos de extração de óleos essenciais: uma revisão integrativa**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Química) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2022. Disponível em: http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/30668. Acesso em: 24 jul. 2026.



CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

**Received:** 15/08/2026 - **Accepted:** 16/09/2026
**Vol**: 13.19
**DOI**: 10.66104/ry87nr16
**Pages:** 1-25

MANZUR, M. *et al*. *Citrus sinensis* Essential Oils an Innovative Antioxidant and Antipathogenic Dual Strategy in Food Preservation against Spoliage Bacteria. **Antioxidants** 2023, 12, 246. DOI: https://doi.org/10.3390/antiox12020246. Acesso em: 28 jul. 2026.

MIRA, B. *et al*. Supercritical $CO_2$ extraction of essential oil from orange peel: effect of operation conditions on the extract composition. **The Journal of Supercritical Fluids**, v. 14, p. 95–104, 1999. DOI: https://doi.org/10.1016/S0896-8446(98)00111-9. Acesso em: 28 jul. 2026.

NGAN, T. T. K. *et al*. Chemical composition and antibacterial activity of orange (*Citrus sinensis*) essential oils obtained by hydrodistillation and solvent-free microwave extraction. **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering**, v. 991, art. 012023, 2020. DOI: https://doi.org/10.1088/1757-899X/991/1/012023. Acesso em: 28 jul. 2026.

OGO, O. *et al.* Characterization and antioxidant activity of peel extracts from three varieties of *Citrus sinensis*. **Heliyon**, [S. l.], v. 10, n. 7, e28456, 2024. DOI: https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e28456. Acesso em: 5, maio 2026.

ORSO, V. T. *et al.* Obtenção e caracterização do óleo essencial de laranja obtido a partir de resíduos de *Citrus sinensis* 'Valencia'. **Research, Society and Development**, Vargem Grande Paulista, v. 11, n. 9, e34211931876, 2022. DOI: https://doi.org/10.33448/rsd-v11i9.31876. Acesso em: 2, maio 2026.

PEDROSO, R. S. *et al*. In vitro antifungal activity of essential oils against *Candida* spp. ***Brazilian Journal of Microbiology***, v. 50, n. 4, p. 971–978, 2019. DOI: https://doi.org/10.1007/s42770-019-00128-4. Acesso em: 7 maio 2026.

PIRES, F. C. *et al*. Extração e rendimento de óleo essencial de frutos de *Citrus sinensis* submetidos a diferentes métodos. ***Revista Brasileira de Plantas Medicinais***, v. 19, n. 2, p. 210–217, 2017. Acesso em: 6, maio 2026.

REIS, B. S.; GONÇALVES, S. da S. **Estudo comparativo entre dois métodos de extração para a obtenção do óleo essencial da laranja doce (*Citrus sinensis L. Osbeck)***. 2024. 38 f. Trabalho de Graduação (Tecnologia em Processos Químicos) – Faculdade de Tecnologia de Campinas, Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, Campinas, 2024. Disponível em: https://ric.cps.sp.gov.br/handle/123456789/29718. Acesso em: 24 jul. 2026.



CC BY

REMUNOM
ISSN 2178-6925

**Received:** 15/08/2026 - **Accepted:** 16/09/2026
**Vol**: 13.19
**DOI**: 10.66104/ry87nr16
**Pages:** 1-25

RUIZ-PÉREZ, N. J. *et al*. Antifungal activity of essential oils against *Candida* species. ***Journal of Mycology***, v. 2016, art. 8329150, 2016. DOI: https://doi.org/10.1155/2016/8329150. Acesso em: 26 jul. 2026.

SAMAD, R. A. *et al*. Novel dual-function GC/MS aided ultrasound-assisted hydrodistillation for the valorization of *Citrus sinensis* by-products: phytochemical analysis and anti-bacterial activities. **Scientific Reports**, London, v. 13, art. 12547, 2023. DOI: https://doi.org/10.1038/s41598-023-38130-9. Acesso em: 28 jul. 2026.

SHAKIR, I. K.; SALIH, S. J. Extraction of essential oils from citrus by-products using microwave steam distillation. **Iraqi Journal of Chemical and Petroleum Engineering**, Bagdá, v. 16, n. 3, p. 11–22, 2015. DOI: https://doi.org/10.31699/IJCPE.2015.3.2. Acesso em: 28 jul. 2026.

SILVA, K. S. da. **Composição química, avaliação antidepressiva e antioxidante do óleo essencial de *Citrus sinensis* (laranja-doce)**. 2021. 59 f. Dissertação (Mestrado em Produtos Naturais e Sintéticos Bioativos) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2021a. Disponível em: https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/22067. Acesso em: 2 maio 2026.

SILVA, R. A. da *et al.* Essential oils of *Melaleuca*, *Citrus*, *Cupressus*, and *Litsea* for the management of infections caused by *Candida* species: a systematic review. **Pharmaceutics**, v. 13, n. 10, art. 1700, 2021b. DOI: https://doi.org/10.3390/pharmaceutics13101700. Acesso em: 21 jul. 2026.

SILVA, V. H. N. da. **Caracterização química e atividades biológicas do óleo essencial *de Citrus sinensis L. Osbeck***. 2024. 51 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Farmácia) – Universidade Federal do Amazonas, Itacoatiara, 2024. Disponível em: https://riu.ufam.edu.br/handle/prefix/8454. Acesso em: 2 maio 2026.

SIQUEIRA, M. F. F. *et al.* Extração e composição do óleo essencial de cascas de *Citrus* de diferentes estádios de maturação. In: **SIMPÓSIO DE SEGURANÇA ALIMENTAR**, 7., 2020, Rio Grande do Sul. *Anais [...].* [S. l.]: SBCTA-RS, 2020. p. 1–4. Disponível em: https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1132999. Acesso em: 2 maio 2026.

SOUSA, D. P. *et al.* Essential oils: chemistry and pharmacological activities. **Biomolecules**, v. 13, n. 7, art. 1144, 2023. DOI: https://doi.org/10.3390/biom13071144. Acesso em: 26 maio 2026.



CC BY