



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ
CAMPUS TERESINA CENTRAL
CURSO TECNOLOGIA EM ALIMENTOS**

RAQUEL MARIA DOS SANTOS SILVA

**MEL: um alimento funcional com potencial terapêutico - revisão
bibliográfica**

TERESINA

2025

RAQUEL MARIA DOS SANTOS SILVA

MEL: um alimento funcional com potencial terapêutico - revisão
bibliográfica

Trabalho de Conclusão de Curso (artigo científico) apresentado como exigência parcial para obtenção do diploma do Curso de Tecnologia em Alimentos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Campus Teresina Central.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Etelvina Maria de Carvalho Gonçalves Nunes.

Coorientador: Prof^a. Dr^a. Lidiana de Siqueira Nunes Ramos.

TERESINA

2025

MEL: um alimento funcional com potencial terapêutico - revisão

bibliográfica

Raquel Maria Dos Santos Silva¹

Etelvina Maria de Carvalho Gonçalves Nunes²

RESUMO

Este trabalho apresenta uma análise da composição química e das principais propriedades terapêuticas do mel, destacando sua relevância nutricional e funcional. A literatura evidencia que o mel é um alimento natural complexo, constituído por carboidratos, vitaminas, minerais, aminoácidos, enzimas, compostos fenólicos e flavonoides que contribuem diretamente para suas atividades biológicas. Entre as propriedades analisadas, destacam-se as ações antioxidante, anti-inflamatória e antimicrobiana, amplamente documentadas em estudos publicados entre 2019 e 2025. As evidências demonstram que o mel neutraliza radicais livres, modula processos inflamatórios e inibe microrganismos patogênicos, reforçando seu uso terapêutico tradicional e sua aplicação contemporânea na cicatrização, no cuidado dermatológico e na prevenção de doenças crônicas. Os resultados também indicam que a origem floral, as condições ambientais e a espécie de abelha influenciam sua composição e eficácia. Conclui-se que o mel é um alimento funcional promissor, seguro e acessível, capaz de integrar estratégias complementares de saúde, embora ainda sejam necessários estudos clínicos mais robustos para padronizar doses, elucidar mecanismos de ação e explorar de forma mais ampla a diversidade de méis brasileiros.

Palavras-chave: anti-inflamatório; antimicrobiano; antioxidante; compostos bioativos; mel.

ABSTRACT

This work presents an analysis of the chemical composition and main therapeutic properties of honey, highlighting its nutritional and functional relevance. The literature shows that honey is a complex natural food, composed of carbohydrates, vitamins, minerals, amino acids, enzymes, phenolic compounds, and flavonoids that directly contribute to its biological activities. Among the properties analyzed, the antioxidant, anti-inflammatory, and antimicrobial actions stand out, widely documented in studies published between 2019 and 2025. The evidence demonstrates that honey neutralizes free radicals, modulates inflammatory processes, and inhibits pathogenic microorganisms, reinforcing its traditional therapeutic use and its contemporary application in wound healing, dermatological care, and the prevention of chronic diseases. The results also indicate that floral origin, environmental conditions, and bee species influence its composition and efficacy. In conclusion, honey is a promising, safe, and accessible functional food capable of integrating complementary health strategies, although more robust clinical studies are still needed to standardize

¹ Graduanda em Tecnologia de Alimentos. Instituto Federal do Piauí. raquelsilv177@gmail.com

² Doutorado em Ciência Animal (2014), na área de Sanidade e Reprodução e linha de pesquisa em Qualidade de Produtos de Origem Animal. Universidade Federal do Piauí. etelvina.nunes@ifpi.edu.br

doses, elucidate mechanisms of action, and more broadly explore the diversity of Brazilian honeys.

Keywords: anti-inflammatory; antimicrobial; antioxidant; bioactive compounds; honey.

Data de aprovação: 18/12/2025

1 INTRODUÇÃO

A apicultura é uma prática milenar, caracterizada pela criação racional de abelhas do gênero *Apis* e obtenção de produtos como o mel, própolis, geleia real, cera entre outros para fins comerciais ou lazer, em locais controlados pelo ser humano (Moreira; Farinha, 2011). Dentre as matérias-primas extraídas da apicultura, o mel é considerado o produto mais tradicionalmente explorado, sendo também aquele com maiores possibilidades de comercialização, pois além de ser um alimento, pode também ser utilizado na indústria farmacêutica e cosmética devido às suas conhecidas ações terapêuticas (Freitas *et al.*, 2004).

O Nordeste do Brasil tem se destacado como uma das principais regiões produtoras de mel do país, impulsionado por condições climáticas favoráveis e uma vegetação rica em flora apícola. Segundo Nunes e Heindrickson (2019), a cadeia produtiva do mel no Brasil tem se expandido significativamente com o Nordeste, assumindo um papel estratégico na produção nacional.

No Brasil, o mel de abelha ocupa posição de destaque na cultura medicinal e culinária, sendo produzido a partir da ampla diversidade de flora existente no país, o que resulta em diferentes tipos com composições e sabores característicos conforme a região de origem. Trata-se de um alimento de elevado valor energético e amplamente consumido no mundo, cuja importância para a saúde humana está associada às suas propriedades biológicas, como ação antimicrobiana, cicatrizante, curativa, calmante e estimulante. Esses efeitos decorrem não apenas de seu teor energético, mas também de sua composição, formada predominantemente por açúcares como D-frutose e D-glicose, além de ácidos orgânicos, enzimas, vitaminas, flavonoides, minerais e elementos químicos essenciais, como selênio, manganês, zinco, cromo e alumínio, bem como diversos compostos orgânicos coletados pelas abelhas a partir do néctar das flores (Bizzaria; Filgueiras, 2003; Silva *et al.*, 2006; Silva *et al.*, 2008; Martinho *et al.*, 2022).

O alimento funcional é todo alimento que oferece um efeito benéfico, além do valor nutritivo inerente à sua composição química podendo contribuir na prevenção e tratamento de doenças (Macedo, 2008). Nesse contexto o objetivo de estudo, é realizar uma revisão bibliográfica sobre as propriedades terapêuticas do mel e seu enquadramento como alimento funcional, com ênfase em suas ações antioxidantes, anti-inflamatórias e antimicrobianas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 ABELHAS E MEL

Com registros que datam de mais de 40 milhões de anos, as abelhas são os insetos polinizadores mais eficientes e de grande importância para a perpetuação de espécies vegetais. Cada colmeia possui aproximadamente de 80.000 abelhas, sendo em sua maioria operárias (responsáveis por todo o trabalho), uma rainha (responsável pela produção de ovos e manutenção da ordem da colmeia) e por até 400 zangões (responsáveis por fecundar a rainha) (Paixão; Lopes, 2010).

Mendes *et al.*, (2009) diz que, cerca de 95% das abelhas não têm hábito social. Mas, são as abelhas sociais, as mais conhecidas, por serem exploradas para obtenção do mel estocado em suas colmeias e da polinização. As abelhas nativas do Brasil também estão incluídas entre várias espécies de abelhas sociais. A população de abelhas sociais inclui algumas espécies de "mamangavas" (tipo de abelhões), como também várias espécies de abelhas sem ferrão.

Podem ser encontradas no Brasil as abelhas meliponíneas das espécies borá (*Tetragona clavipes*), jataí (*Tetragonisca angustula*), jandaíra (*Melipona subnitida*), mandaçaia (*Melipona quadrifasciata*), mirins (*Plebeíasp*) e urucu nordestina (*Melipona scutellaris*). Quanto às abelhas africanizadas no Brasil, refere-se à espécie *Apis mellifera* (Nogueira Neto, 1997; Mendes *et al.*, 2009).

O mel é caracterizado como um produto proveniente do néctar das flores ou das secreções advindas de partes vivas de plantas, bem como das excreções de insetos sugadores de plantas que ficam sobre partes vivas das plantas sendo, as abelhas melíferas (*Apis mellifera* L.) responsáveis por recolher, transformar, combinar com substâncias específicas próprias, armazenar além de proporcionar o amadurecimento nos favos da colmeia (Brasil, 2000).

2.2 CATEGORIZAÇÃO DO MEL

De acordo com a Instrução Normativa nº 11, de 20 de outubro de 2000, do Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA), o mel pode ser categorizado da seguinte forma: por sua origem, formas de obtenção e sua apresentação e/ou processamento.

De acordo com a origem o mel pode ser: floral, obtido dos néctares das flores; unifloral ou monofloral, quando o produto proceda principalmente da origem de flores de uma mesma família, gênero ou espécie e possua características sensoriais, físico-químicas e microscópicas próprias; multifloral ou polifloral, é o mel obtido a partir de diferentes origens florais; melato ou mel de melato, obtido principalmente a partir de secreções das partes vivas das plantas ou de excreções de insetos sugadores de plantas que se encontram sobre elas.

O procedimento de obtenção de mel é classificado em: mel escorrido, o mel obtido por escorrimento dos favos desoperculados, sem larvas; mel prensado, obtido por prensagem dos favos, sem larvas; mel centrifugado, é o mel obtido por centrifugação dos favos desoperculados, sem larvas.

Em relação à apresentação e/ou processamento, tem-se: mel, apresenta-se em estado líquido, cristalizado ou parcialmente cristalizado; mel em favos ou mel em secções, armazenado pelas abelhas em células operculadas de favos novos, construídos por elas mesmas, que não contenha larvas e comercializado em favos inteiros ou em secções de tais favos; mel com pedaço de favo, contém um ou mais pedaços de favo com mel, isentos de larvas; mel cristalizado ou granulado, é o mel que sofreu um processo natural de solidificação, como consequência da cristalização dos açúcares; mel cremoso, o qual tem uma estrutura cristalina fina e que pode ter sido submetido a um processo físico, que lhe confira essa estrutura e que o torne fácil de untar; mel filtrado, aquele que foi submetido a um processo de filtração, sem alterar o seu valor nutritivo.

2.3 ALIMENTO FUNCIONAL

O Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA) define alimentos funcionais como “alimentos naturais ou processados que contêm compostos biologicamente conhecidos ou desconhecidos, os quais em quantidades efetivas e não tóxicas, promovem benefícios clinicamente comprovados e documentados para

a saúde na prevenção, gestão ou tratamento de doenças crônicas” (Martirosyan; Singh, 2015).

A resolução nº 18 da ANVISA traz uma definição de alimentos funcionais como “o alimento ou ingrediente que alegar propriedades funcionais ou de saúde e que pode, além de exercer funções nutricionais básicas, quando se tratar de nutriente, produzir efeitos metabólicos e ou fisiológicos e ou efeitos benéficos à saúde, devendo ser seguro para consumo sem supervisão médica” (ANVISA, 1999).

Um alimento para ser considerado funcional deve apresentar convenientemente uma ou mais ações benéficas sobre funções específicas no organismo, além de fornecer um adequado efeito nutricional e energético. Os alimentos funcionais auxiliam na promoção da saúde, contribuindo para a prevenção e/ou redução dos sinais e sintomas de diversas doenças, inclusive das doenças crônicas não transmissíveis, como câncer, diabetes, hipertensão, mal de Alzheimer, doenças ósseas, cardiovasculares, inflamatórias e intestinais (Portela *et al.*, 2021).

O efeito benéfico dos alimentos funcionais está associado ao aumento da ingestão de alimentos frescos e naturais, como as hortaliças, cereais integrais, frutas, leguminosas, dentre outros. Em virtude da presença de substâncias biologicamente ativas que interferem positivamente no metabolismo, favorecendo o desempenho do organismo, com o intuito de melhorar a qualidade e a expectativa de vida das pessoas, pois devido às suas propriedades reduzem o risco de doenças crônicas, trazendo mais saúde e bem-estar (Cardinali *et al.*, 2020).

2.4 PROPRIEDADES FUNCIONAL DO MEL

Para os antigos egípcios, o mel era considerado um alimento real e era usado para tratamento, cosméticos e embalsamamento até ser chamado de ouro líquido, não apenas por sua cor, mas por seu alto valor medicinal (Burlando; Cornara, 2023; Pienaaah *et al.*, 2021).

O mel é um alimento funcional e terapêutico complexo com propriedades benéficas à saúde, caracterizado por uma alta concentração de carboidratos, como frutose, glicose, cestose, isomaltose, isomaltotriose e panose (Bucekova *et al.*, 2020; Jiang *et al.*, 2020; Cucu *et al.*, 2021).

Notavelmente, o mel contém compostos fenólicos e flavonoides, que desempenham um papel crítico na neutralização de radicais livres, mitigando assim

o estresse oxidativo, um fator implicado em doenças crônicas como câncer, diabetes e distúrbios cardiovasculares (Ayoub *et al.*, 2023; Bose *et al.*, 2024).

Além disso, contém enzimas (α -amilase, α -glicosidase, glicose oxidase, glicosidase e catalase), proteínas, aminoácidos (prolina, arginina, ácido glutâmico, cisteína e ácido aspártico), compostos fenólicos, ácidos orgânicos, carotenoides, minerais (Ca^{2+} , Cu^{2+} , Fe^{2+} , Mg^{2+} , Mn^{2+} , P^{3+} , K^{+} , Na^{+} , Zn^{2+}), vitaminas (vitamina C, vitamina B6, tiamina, niacina, riboflavina, piridoxina e ácido pantotênico), colóides, álcoois de açúcar, pigmentos, sabor e substâncias aromáticas (Hossain *et al.*, 2022; Young e Blundell, 2023).

2.4.1 Anti-inflamatório

O mel é um alimento rico em flavonóides, antioxidantes naturais que são caracterizados pelas atividades anticancerígenas e pelas suas propriedades anti-inflamatórias. Desta forma, os produtos naturais têm sido considerados como uma opção segura, disponível e eficaz em tratamentos de doenças inflamatórias (Silva *et al.*, 2021). O potencial anti-inflamatório do mel pode estar relacionado na estabilização da membrana, no ensaio de inibição da protease e na inibição da desnaturação de proteínas (Ruiz-Ruiz *et al.*, 2017).

Evidências recentes, sugerem que no mel existem compostos que podem acelerar a regeneração tecidual e a cicatrização de feridas, onde atua como imunomodulador, além das propriedades tradicionais, sendo eficaz para o tratamento de feridas (Martinotti *et al.*, 2019).

No processo de cicatrização, o mel regula a produção de colágeno, inibindo o excesso e promovendo uma reparação mais controlada, o que reduz cicatrizes hipertrofiadas. Sua aplicação em feridas estimula a reepitelização, melhora a vascularização e regula os níveis de ácido hialurônico, promovendo um ambiente favorável à regeneração tecidual. Além disso, ele reduz sinais inflamatórios, bloqueando espécies reativas de oxigênio que agravam processos inflamatórios prolongados. Em condições como a mucosite oral, comum em pacientes submetidos à radioterapia, o mel demonstrou eficácia significativa, reduzindo a gravidade do quadro e acelerando a recuperação, sendo uma alternativa segura e acessível (Cruz *et al.*, 2020; Sforcin *et al.*, 2022). Há milênios, o mel é reconhecido por ter propriedades medicinais. Gregos e egípcios aplicavam mel topicamente em feridas e

queimaduras de pele e registros obtidos em documentos persas corroboram com a eficácia do mel no tratamento de feridas, eczemas e inflamações (Molan, 2006).

No Brasil é muito comum o uso de fitoterápicos e xaropes caseiros com o uso do mel em terapias populares, principalmente por indígenas e nas zonas rurais, devido às suas propriedades curativas (Posey, 1987); (Madaleno, 2015). Dentre as suas propriedades medicinais, a sua aplicação tópica na pele, incluindo o tratamento de feridas e queimaduras é uma das mais interessantes.

Foram realizadas extensas pesquisas sobre várias alternativas para antibióticos, mas ainda estão em vários estágios de testes e desenvolvimento. Algumas substâncias naturais são famosas por suas propriedades antibacterianas, mas apenas algumas comprovaram sua eficácia. O mel, por outro lado, continua a demonstrar sua potência antibacteriana. (Abuelgasim *et al.*, 2021; Holubova *et al.*, 2021).

Os compostos polifenólicos presentes no mel atuam como agentes antibacterianos naturais tanto para patógenos transmitidos por alimentos quanto para microrganismos que causam a deterioração de alimentos. A estrutura molecular, os componentes e a concentração desses polifenóis, bem como o tipo e a cepa bacteriana, aumentam a sensibilidade das células bacterianas aos seus efeitos (Efen-berger-Szmechtyk *et al.*, 2021). Os polifenóis no mel consistem principalmente de flavonoides (como quercetina, luteolina, caempferol, apigenina, crisina e galangina), ácidos fenólicos e derivados de ácido fenólico (Šarić *et al.*, 2020). A concentração de flavonoides no mel pode variar entre 20 e 46 mg/kg (Pop *et al.*, 2022).

2.4.2 Antioxidante

A ação antioxidante, refere-se à capacidade e potencial desses produtos em diminuir as reações oxidativas nos sistemas de alimentos e na saúde humana. Os compostos antioxidantes intrínsecos ao mel de abelha desempenham um papel significativo em sua capacidade antioxidante. Além disso, os padrões fenólicos dos méis de abelha e, conseqüentemente, a adição antioxidante, variam conforme sua origem floral (Sousa *et al.*, 2016).

O mel ganhou reconhecimento devido à sua abundância de substâncias antioxidantes, como ácidos fenólicos, derivados de carotenóides, ácidos orgânicos, produtos da reação de Maillard, aminoácidos e proteínas. As propriedades

antioxidantes presentes em muitas variedades de mel demonstraram eficácia na diminuição da probabilidade de ocorrência de enfermidades cardíacas, câncer, comprometimento do sistema imunológico, desenvolvimento de cataratas e diversos processos inflamatórios (Habib *et al.*, 2014).

A capacidade antioxidante do mel é expressa como a capacidade de eliminar radicais livres induzidos por infecções ou qualquer outra via (Valenzuela *et al.*, 2003; Ferreira *et al.*, 2009; Ahmed e Othman, 2013b; Ibrahim *et al.*, 2021). Erejuwa *et al.*, (2012) relataram que o mel, sozinho ou incorporado à terapia tradicional, pode fornecer uma fonte de novos antioxidantes e compostos eliminadores de radicais livres que ajudam a combater e prevenir infecções bacterianas e doenças crônicas.

A atividade antioxidante do mel é atribuída principalmente aos compostos fenólicos, cuja presença depende de diversos fatores, como sazonalidade, condições ambientais, condições de armazenamento, processamento, fontes florais e maturação do mel (Al-Mamary *et al.*, 2002; Alshammari *et al.*, 2022).

2.4.3 Antimicrobiano

A atividade antibacteriana do mel, está principalmente ligada aos agentes biocidas do peróxido de hidrogênio. Este peróxido é gerado dentro do mel por meio da ação enzimática da glicose oxidase, que provém das glândulas hipofaringeanas das abelhas (Gregório *et al.*, 2020). Vários estudos relataram o efeito inibitório do mel de abelha contra 60 espécies bacterianas, dentre elas: Gram-negativas, Gram-positivas, aeróbias e anaeróbias (El-Kased, 2016).

Mel de melato geralmente apresenta maior teor de bioativos, como compostos fenólicos, proteínas e aminoácidos em comparação com o mel floral (Seraglio *et al.*, 2017; Seraglio *et al.*, 2019) e, como consequência, podem apresentar maior atividade antimicrobiana e antioxidante, tornando-o um alimento com potencial para promoção da saúde (Al-Hatamleh *et al.*, 2020).

A composição fenólica do mel depende principalmente de sua origem floral. Essa composição pode ser usada como ferramenta de classificação e autenticação, principalmente no caso de variedades uniflorais. Estudos realizados em amostras de mel da Nigéria relataram que os fenóis foram os compostos fitoquímicos mais abundantes e responderam por 25,8% da composição fitoquímica detectada no produto. A presença desses fitoquímicos indica que o mel tem propriedades

terapêuticas como atividade antimicrobiana, anticâncer, antioxidante, diurética e anti-inflamatória (Duru e Duru, 2021).

A presença, principalmente, de compostos fenólicos, minerais, aminoácidos e proteínas em méis de melato sugere possíveis efeitos benéficos à saúde deste produto, reforçando a importância de novas pesquisas, principalmente in vivo, para um melhor entendimento das propriedades benéficas deste mel estimulando seu consumo e aplicação como um ingrediente funcional potencial (Seraglio *et al.*, 2019). Esse mel é usado não apenas como produto nutricional, mas também na medicina tradicional e como tratamento alternativo para condições clínicas, pois possui propriedades específicas como antioxidantes, anti-inflamatório, antibacteriano, antidiabético e efeitos protetores dos sistemas nervoso respiratório, gastrointestinal e cardiovascular (Sharma *et al.*, 2020).

3 METODOLOGIA

Foi realizada uma pesquisa bibliográfica, baseada no levantamento de dados científicos publicados no período de 2019 a 2024. As buscas foram realizadas nas bases de dados Google Acadêmico, ScienceDirect e SciELO. Para a seleção dos estudos, utilizaram-se operadores booleanos combinados às seguintes palavras-chave: mel, abelhas, alimento funcional, propriedades terapêuticas e compostos bioativos.

Inicialmente, foram identificados 65 estudos. Como critérios de inclusão, consideraram-se artigos científicos, teses, monografias e revisões bibliográficas disponíveis em bases digitais, que abordassem o tema mel e suas funcionalidades, com publicações recentes e acesso ao texto completo. Foram excluídos trabalhos duplicados, estudos sem relação direta com o tema proposto e aqueles que não atendiam aos objetivos da pesquisa. Ao final, 54 estudos foram selecionados e analisados de forma qualitativa, visando à síntese e à discussão das principais evidências científicas relacionadas às propriedades funcionais do mel.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os principais estudos científicos publicados entre 2019 e 2025 que investigaram as propriedades antioxidante, anti-inflamatória e antimicrobiana do mel,

destacando os resultados encontrados na literatura científica podem ser observados no quadro 1.

Quadro 1 – Síntese comparativa dos estudos científicos publicados entre 2019 e 2025 que evidenciam o tipo de propriedades do mel

Autor/Ano	Tipo de Propriedade	Principais Resultados
Martinotti <i>et al.</i>, 2019	Anti-inflamatória / Cicatrizante	Regeneração tecidual acelerada e redução da inflamação.
Seraglio <i>et al.</i>, 2017; Seraglio <i>et al.</i>, 2019	Antioxidante / Antimicrobiana	Méis de melato têm maior teor bioativo e maior atividade antimicrobiana.
Gregorio <i>et al.</i>, 2020	Antimicrobiana	Inibição de bactérias Gram+ e Gram-.
Cruz <i>et al.</i>, 2020	Anti-inflamatória	Redução da mucosite oral e melhora cicatricial.
Sharma <i>et al.</i>, 2020	Anti-inflamatória / antioxidante / antimicrobiana	Atua em múltiplos sistemas orgânicos com ações protetoras.
Holubova <i>et al.</i>, 2021	Antimicrobiana	Eficaz contra bactérias resistentes.
Abuelgasim <i>et al.</i>, 2021	Antimicrobiana	Ação contra patógenos de difícil tratamento.
Efenberger-Szmechtyk <i>et al.</i>, 2021	Antimicrobiana	Polifenóis aumentam sensibilidade bacteriana.
Duru & Duru, 2021	Antioxidante	Elevado teor de fenóis com forte capacidade antioxidante.
Alshammari <i>et al.</i>, 2022	Antioxidante	Origem floral influencia atividade antioxidante.
Sforcin <i>et al.</i>, 2022	Anti-inflamatória	Redução de processos inflamatórios e da mucosite.
Pop <i>et al.</i>, 2022	Antioxidante	Teor de flavonoides varia entre 20–46 mg/kg.
Ayoub <i>et al.</i>, 2023	Antioxidante	Méis escuros têm maior quantidade de fenóis.
Bose <i>et al.</i>, 2024	Antioxidante	Méis escuros apresentam maior atividade antioxidante.
Burlando & Cornara, 2013	Anti-inflamatória / Antimicrobiana	Eficácia terapêutica reforçada por uso milenar.
Al-Hatamleh <i>et al.</i>, 2020	Antimicrobiana / Antioxidante	Méis de melato apresentam maior bioatividade.

Bucekova et al., 2020	Geral (composição)	Confirma alta concentração de carboidratos e bioativos.
Cucu et al., 2021	Geral (composição)	Identificam diversidade de compostos funcionais.
Hossain et al., 2022	Geral (composição)	Registra variedade de vitaminas, proteínas e minerais.

Fonte: Autores (2025)

As pesquisas apresentadas no Quadro 1 indicam que o mel possui amplo potencial terapêutico, sendo reconhecido por suas propriedades anti-inflamatórias, antioxidantes e antimicrobianas. Observa-se uma convergência significativa entre os autores quanto à sua eficácia biológica, independentemente das variações de origem floral, tipo e composição química.

No que se refere à atividade anti-inflamatória e cicatrizante, os estudos de Martinotti *et al.* (2019), Cruz *et al.* (2020) e Sforcin *et al.* (2022) demonstraram redução significativa de processos inflamatórios, bem como aceleração da regeneração tecidual e melhora de lesões, como a mucosite oral. Esses achados reforçam a consistência dos efeitos anti-inflamatórios do mel e sustentam seu potencial como agente terapêutico complementar, conforme também destacado por Burlando e Cornara (2013), que enfatizam a eficácia do mel associada ao seu uso tradicional ao longo da história.

Em relação à atividade antimicrobiana, diversos estudos apontaram a capacidade do mel em inibir bactérias Gram-positivas e Gram-negativas, incluindo cepas resistentes a antibióticos. Gregorio *et al.* (2020), Abuelgasim *et al.* (2021) e Holubova *et al.* (2021) relataram resultados semelhantes quanto à ação contra patógenos de difícil tratamento, evidenciando o potencial do mel como alternativa ou adjuvante terapêutico no controle de infecções. Além disso, Efenberger-Szmechtyk *et al.* (2021) destacaram o papel dos polifenóis na sensibilização bacteriana, corroborando os achados de Seraglio *et al.* (2019) sobre a importância dos compostos bioativos na atividade antimicrobiana.

Quanto à atividade antioxidante, os estudos indicaram forte relação entre a composição química do mel e sua capacidade antioxidante. Duru e Duru (2021), Ayoub *et al.* (2023) e Bose *et al.* (2024) observaram que méis mais escuros apresentam maiores concentrações de compostos fenólicos e, conseqüentemente, maior atividade antioxidante. Esses resultados são complementados por Alshammari

et al. (2022) e Pop *et al.* (2022), que demonstraram que a origem floral influencia diretamente os teores de flavonoides e fenóis, variando entre 20 e 46 mg/kg, o que reforça a variabilidade funcional do produto.

Os méis de melato destacaram-se entre os diferentes tipos analisados, apresentando maior teor de compostos bioativos e maior eficácia antimicrobiana e antioxidante, conforme relatado por Seraglio *et al.* (2017) , Seraglio *et al.* (2019) e confirmado por AlHatamleh *et al.* (2020). Esses achados sugerem que o tipo de mel e sua origem botânica desempenham papel determinante nas suas propriedades biológicas.

No que diz respeito à composição química do mel, os estudos de Bucekova *et al.* (2020), Cucu *et al.* (2021) e Hossain *et al.* (2022) evidenciaram a presença de elevada concentração de carboidratos, além de diversidade de compostos funcionais, como vitaminas, minerais, proteínas e polifenóis. Essa base química sustenta os efeitos terapêuticos relatados nos demais estudos e explica a ampla gama de atividades biológicas atribuídas ao mel.

De forma geral, os resultados analisados demonstram convergência entre os autores quanto ao potencial terapêutico do mel, especialmente nas ações anti-inflamatória, antioxidante e antimicrobiana. As diferenças observadas entre os estudos estão principalmente relacionadas à origem floral, tipo de mel e concentração de compostos bioativos. Assim, o mel destaca-se como um produto natural promissor para aplicações na área da saúde, reforçando a necessidade de estudos adicionais que padronizem métodos de avaliação e explorem sua aplicação clínica de forma mais abrangente.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nas informações apresentadas o mel é um alimento funcional com importantes propriedades terapêuticas. Sua constituição rica em substâncias fenólicas, flavonoides, vitaminas, minerais e enzimas explica os efeitos antioxidantes, anti-inflamatórios e antimicrobianos amplamente descritos nos estudos analisados. Esses benefícios reforçam o potencial do mel como recurso natural complementar na promoção da saúde e na prevenção de doenças. Os resultados encontrados mostram que o mel pode atuar positivamente no combate ao estresse oxidativo, na aceleração da cicatrização e na inibição de microrganismos

patogênicos. Assim, seu uso terapêutico, já tradicional em diversas culturas, encontra respaldo crescente em evidências científicas.

Observa-se também que a eficácia do mel varia conforme sua origem floral e condições ambientais, o que torna a diversidade botânica brasileira um campo especialmente promissor para pesquisas futuras. Embora ainda sejam necessários estudos clínicos mais aprofundados, as evidências atuais já demonstram que o mel é um recurso natural seguro, acessível e com grande potencial para integrar estratégias complementares de promoção da saúde, evidenciando a necessidade de novas pesquisas que uniformizem os métodos de avaliação e ampliem a compreensão de sua aplicação clínica. Dessa forma, conclui-se que o mel continua sendo um dos alimentos funcionais mais relevantes e versáteis, reunindo tradição e respaldo científico ao oferecer benefícios reais ao bem-estar e à saúde humana.

REFERÊNCIAS

ABUELGASIM, H.; ALBURY, C.; LEE, J. Effectiveness of honey for symptomatic relief in upper respiratory tract infections: a systematic review and meta-analysis. **BMJ Evidence-Based Medicine**, v. 26, n. 2, p. 57–64, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1136/bmjebm-2020-111336>. Acesso em: 30 jun. 2025.

AHMED, S.; OTHMAN, N. H. Review of the medicinal effects of tualang honey and a comparison with manuka honey. **The Malaysian Journal of Medical Sciences**, v. 20, n. 3, p. 6–13, 2013. Disponível em: <http://ernd.usm.my/journal/journal/mjms-20-3-0061.pdf>. Acesso em: 30 jun. 2025.

ALBUQUERQUE, L. F. R. D. **Atividade apícola brasileira e os entraves da produção de mel na Paraíba: uma revisão bibliográfica**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2021. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/28061>. Acesso em: 11 abr. 2025.

AL-HATAMLEH, M. A. I.; HATMAL, M. M.; SATTAR, K.; AHMAD, S.; MUSTAFA, M. Z.; BITTENCOURT, M. D. C.; MOHAMUD, R. Antiviral and immunomodulatory effects of phytochemicals from honey against COVID-19: Potential mechanisms of action and future directions. **Molecules**, v. 25, n. 21, p. 5017, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/molecules25215017>. Acesso em: 30 jun. 2025.

AL-MAMARY, M.; AL-MEERI, A.; AL-HABORI, M. Antioxidant activities and total phenolics of different types of honey. **Nutrition Research**, v. 22, n. 9, p. 1041–1047, 2002. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0271-5317\(02\)00406-2](https://doi.org/10.1016/S0271-5317(02)00406-2). Acesso em: 30 jun. 2025.

ALSHAMMARI, G. M.; AHMED, M. A.; ALSULAMI, T.; HAKEEM, M. J.; IBRAHEEM, M. A.; AL-NOURI, D. M. Phenolic compounds, antioxidant activity, ascorbic acid, and sugars in honey from Hail Province. **Applied Sciences**, v. 12, n. 16, p. 8334, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/app12168334>. Acesso em: 30 jun. 2025.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC n. 18, de 30 de abril de 1999**. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/sophia/cnia/legislacao/AGENCIAS/ANVISA/RS0002-070102.PDF>. Acesso em: 30 jun. 2025.

AYOUB, W. S.; ZAHOR, I.; DAR, A. H.; FAROOQ, S.; MIR, T. A.; GANAIE, T. A.; SRIVASTAVA, S.; PANDEY, V. K.; ALTAF, A. Exploiting the polyphenolic potential of honey in the prevention of chronic diseases. **Food Chemistry Advances**, v. 3, p. 100373, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.focha.2023.100373>. Acesso em: 17 jun. 2025.

BIZZARIA, D. K.; FILGUEIRAS, C. T. Análise microbiológica de mel de abelha consumido no município de Campo Grande-MS. **Higiene Alimentar**, v. 17, p. 104–105, 2003.

BOSE, D.; FAMUREWA, A. C.; AKASH, A.; OTHMAN, E. M. Therapeutic mechanisms of honey in mitigating toxicity from anticancer chemotherapy: a review. **Journal of Xenobiotics**, v. 14, n. 3, p. 1109–1129, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/jox14030063>. Acesso em: 17 jun. 2025.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa n. 11, de 20 de outubro de 2000**. Aprova o regulamento técnico sobre padrão e qualidade do mel. Brasília, 2000. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/defesa-agropecuaria/suasa/regulamentos-tecnicos-de-identidade-e-qualidade-de-produtos-de-origem-animal-1/in-11-de-2000.pdf>. Acesso em: 17 maio 2025.

BUCEKOVA, M.; BUGAROVA, V.; GODOCIKOVA, J.; MAJTAN, J. Demanding new honey qualitative standard based on antibacterial activity. **Foods**, v. 9, n. 9, p. 1263, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/foods9091263>. Acesso em: 30 jun. 2025.

BURLANDO, B.; CORNARA, L. Honey in dermatology and skin care: a review. **Journal of Cosmetic Dermatology**, v. 12, n. 4, p. 306–313, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/jocd.12058>. Acesso em: 30 jun. 2025.

CARDINALI, N.; BAUMAN, C.; RODRIGUEZ AYALA, F.; GRAU, R. Two cases of type 2 diabetes mellitus successfully treated with probiotics. **Clinical Case Reports**, v. 8, n. 12, p. 3120–3125, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/ccr3.3354>. Acesso em: 6 jul. 2025.

CRUZ, I. D. D.; MONTEIRO, D. S. D.; SILVA, M. D. A.; CARREIRO, B. O.; AMORIM, É. G.; COSTA, R. R. D. O. Benefícios do uso do mel no tratamento do pé diabético:

scoping review. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 7, p. 1–40, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i7.4663>. Acesso em: 4 dez. 2025.

CUCU, A. A.; BACI, G. M.; MOISE, A. R.; DEZSI, Ș.; MARC, B. D.; STÂNGACIU, Ș.; DEZMIREAN, D. S. Towards a better understanding of nutritional and therapeutic effects of honey. **Applied Sciences**, v. 11, n. 9, p. 4190, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/app11094190>. Acesso em: 30 jun. 2025.

DURU, C. E.; DURU, I. A. Phytochemical evaluation and health risk assessment of honey. **Scientific African**, v. 13, p. e00885, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2021.e00885>. Acesso em: 30 jun. 2025.

EFENBERGER-SZMECHTYK, M.; NOWAK, A.; CZYZOWSKA, A. Plant extracts rich in polyphenols: antibacterial agents and natural preservatives. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 61, n. 1, p. 149–178, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1722060>. Acesso em: 30 jun. 2025.

EL-KASED, R. F. Natural antibacterial remedy for respiratory tract infections. **Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine**, v. 6, n. 3, p. 270–274, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.apjtb.2015.12.002>. Acesso em: 7 jul. 2025.

EREJUWA, O. O.; SULAIMAN, S. A.; AB WAHAB, M. S. Honey: a novel antidiabetic agent. **International Journal of Biological Sciences**, v. 8, n. 6, p. 913–920, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.7150/ijbs.3697>. Acesso em: 30 jun. 2025.

FERREIRA, I. C.; AIRES, E.; BARREIRA, J. C.; ESTEVINHO, L. M. Antioxidant activity of Portuguese honey samples: different contributions of the entire honey and phenolic extract. **Food Chemistry**, v. 114, n. 4, p. 1438–1443, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.11.028>. Acesso em: 30 jun. 2025.

FREITAS, D. G. F.; KHAN, A. S.; SILVA, L. M. R. Nível tecnológico e rentabilidade de produção de mel de abelha no Ceará. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 42, p. 171–188, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-20032004000100009>. Acesso em: 11 maio 2025.

GREGORIO, A.; GALHARDO, D.; SEREIA, M. J.; WIELEWSKI, P.; GAVAZZONI, L.; SANTOS, I. F. D.; SANGALETI, G. S. S. G. M. G.; CARDOSO, E. C.; BORTOTI, T. L.; ZANATTA, L. A.; GONÇALVES, L. M.; SUZIN, M. A.; SANTOS, A. A.; TOLEDO, V. D. A. A. D. Antimicrobial activity, physicochemical and antioxidant properties of honey samples of *Apis mellifera* from Paraná, Brazil. **Food Science and Technology**, v. 41, n. 2, p. 583–590, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/fst.32820>. Acesso em: 7 jul. 2025.

HABIB, H. M.; AL MEQBALI, F. T.; KAMAL, H.; SOUKA, U. D.; IBRAHIM, W. H. Physicochemical and biochemical properties of honeys from arid regions. **Food Chemistry**, v. 153, p. 35–43, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.12.048>. Acesso em: 7 jul. 2025.

HOLUBOVÁ, A.; CHLUPÁČOVÁ, L.; CETLOVÁ, L.; CREMERS, N. A. J.; POKORNÁ, A. . Medical-grade honey as an alternative treatment to antibiotics in non-healing

wounds. **Antibiotics**, v. 10, n. 8, p. 918, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/antibiotics10080918>. Acesso em: 30 jun. 2025.

HOSSAIN, M. L.; LIM, L. Y.; HAMMER, K.; HETTIARACHCHI, D.; LOCHER, C. A review of commonly used methodologies for assessing the antibacterial activity of honey. **Antibiotics**, v. 11, n. 7, p. 975, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/antibiotics11070975>. Acesso em: 30 jun. 2025.

IBRAHIM, H. R.; NANBU, F.; MIYATA, T. Potent antioxidant peptides derived from honey major protein. **Food Production, Processing and Nutrition**, v. 3, p. 1–10, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s43014-021-00052-2>. Acesso em: 30 jun. 2025.

JIANG, L.; XIE, M.; CHEN, G.; QIAO, J.; ZHANG, H.; ZENG, X. Phenolics and carbohydrates in buckwheat honey regulate the human intestinal microbiota. **Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine**, v. 2020, p. 1–11, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1155/2020/6432942>. Acesso em: 30 jun. 2025.

MACEDO, L. N.; LUCHESE, R. H.; GUERRA, A. F.; BARBOSA, C. G. Efeito prebiótico do mel sobre *Bifidobacterium spp.* **Food Science and Technology**, v. 28, p. 935–942, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0101-20612008000400027>. Acesso em: 30 jun. 2025.

MADALENO, I. M. Plantas medicinais consumidas em Cochim. **Boletim do Museu Goeldi: Ciências Humanas**, v. 10, n. 1, p. 109–142, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1981-81222015000100006>. Acesso em: 4 dez. 2025.

MARTINHO, C.; FERRADEIRA, C.; CATITA, J.; FAUSTINO-ROCHA, A. Apicultura: revisão de literatura. **Revista Lusófona de Ciência e Medicina Veterinária**, v. 12, p. 1-17, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.60543/rlcmv.v12i1.8343>. Acesso em: 11 abr. 2025.

MARTINOTTI, S.; BUCEKOVA, M.; MAJTAN, J.; RANZATO, E. Honey as regenerative medicine product. **Current Medicinal Chemistry**, v. 26, n. 27, p. 5230–5240, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.2174/0929867325666180510141824>. Acesso em: 6 jul. 2025.

MARTIROSYAN, D. M.; SINGH, J. A new definition of functional food. **Functional Foods in Health and Disease**, v. 5, n. 6, p. 209–223, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.31989/ffhd.v5i6.183>. Acesso em: 6 jul. 2025.

MENDES, C. G.; DA SILVA, J. B. A.; DE MESQUITA, L. K.; MARACAJÁ P. B. As análises de mel: revisão. **Revista Caatinga**, v. 22, n. 2, 2009. Disponível em: <https://periodicos.ufersa.edu.br/caatinga/article/view/789/633>. Acesso em: 11 abr. 2025.

MOLAN, P. The evidence supporting the use of honey as wound dressing. **The International Journal of Lower Extremity Wounds**, v. 5, n. 1, p. 40–54, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/1534734605286014>. Acesso em: 4 dez. 2025.

MOREIRA, L.; FARINHA, N. Guia prático da biologia da abelha. **Manual de Apicultura**, v. 1, p. 48, 2011.

NOGUEIRA-NETO, P. Vida e criação de abelhas indígenas sem ferrão. São Paulo: Nogueirapis, 1997.

NUNES, S. P.; HEINDRICKSON, M. A. A cadeia produtiva do mel no Brasil: análise a partir do sudoeste paranaense. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 9, p. 16950–16967, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.34117/bjdv5n9-222>. Acesso em: 4 dez. 2025.

PAIXÃO, M.; LOPES, D. **Bioatividade do mel: atividade antioxidante, antimicrobiana e composição em ácidos orgânicos**. 2010. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Lisboa. Disponível em: https://repositorio.ul.pt/bitstream/10451/8624/1/ulfc104148_tm_Marina_Lopes.pdf. Acesso em: 6 jul. 2025.

PIENAAH, C. K.; BEREWONO, B.; DANGANA, M.; ANGKYELAA, J.; GANDIIBU, D.; GANDIIBU, D.; GANDIIBU, D. Consumption of honey in Wa Municipality, Ghana. **International Journal of Research in Applied Science & Biotechnology**, v. 8, p. 87–92, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.31033/ijrasb.8.3.12>. Acesso em: 30 jun. 2025.

POP, I. M.; SIMEANU, D.; CUCU-MAN, S.M.; PUI, A.; ALBU, A.. Quality profile of several monofloral Romanian honeys. **Agriculture**, v. 13, n. 1, p. 75, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/agriculture13010075>. Acesso em: 30 jun. 2025.

POSEY, D. A. Etnobiologia: teoria e prática. **Suma Etnológica Brasileira**, v. 1, p. 15–25, 1987.

PORTELA, R. D. A.; SILVA, J. R. S.; NUNES, F. B. B. D. F.; LOPES, M. L. H.; BATISTA, R. F. L.; SILVA, A. C. O. Diabetes mellitus tipo 2: fatores relacionados ao autocuidado. **Revista Brasileira de Enfermagem**, v. 75, n. 4, p. 1–9, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0034-7167-2021-0260>. Acesso em: 6 jul. 2025.

RUIZ-RUIZ, J. C.; MATUS-BASTO, A. J.; ACERETO-ESCOFFIÉ, P.; SEGURA-CAMPOS, M. R. Antioxidant and anti-inflammatory activities of phenolic compounds isolated from *Melipona beecheii* honey. **Food and Agricultural Immunology**, v. 28, n. 6, p. 1424–1437, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/09540105.2017.1347148>. Acesso em: 6 jul. 2025.

ŠARIĆ, G.; VAHČIĆ, N.; BURSAĆ KOVAČEVIĆ, D.; PUTNIK, P. The changes of flavonoids in honey during storage. **Processes**, v. 8, n. 8, p. 943, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/pr8080943>. Acesso em: 30 jun. 2025.

SERAGLIO, S. K. T., SILVA, B., BERGAMO, G., BRUGNEROTTO, P., GONZAGA, L. V., FETT, R., COSTA, A. C. O. An overview of physicochemical characteristics

and health-promoting properties of honeydew honey. **Food Research International**, v. 119, p. 44–66, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.01.028>. Acesso em: 30 jun. 2025.

SERAGLIO, S. K. T.; VALESE, A. C.; DAGUER, H.; BERGAMO, G.; AZEVEDO, M. S.; NEHRING, P.; COSTA, A. C. O. Effect of in vitro gastrointestinal digestion on the bioaccessibility of phenolic compounds. **Food Research International**, v. 99, p. 670–678, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.06.024>. Acesso em: 30 jun. 2025.

SFORCIN, J. M.; WEIS, W. A.; RIPARI, N.; CONTE, F. L.; HONORIO, M. D. S.; SARTORI, A. A.; SANTIAGO, K. B. **Apiterapia: medicamentos das abelhas e possíveis tratamentos**. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.7476/9786557142974>. Acesso em: 30 dez. 2025.

SHARMA, R.; MARTINS, N.; CHAUDHARY, A.; GARG, N.; SHARMA, V.; KUCA, K.; PRAJAPATI, P. K. Adjunct use of honey in diabetes mellitus. **Trends in Food Science & Technology**, v. 106, p. 254–274, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.10.020>. Acesso em: 30 jun. 2025.

SILVA, B.; BILUCA, F. C.; GONZAGA, L. V.; FETT, R.; DALMARCO, E. M.; CAON, T.; COSTA, A. C. O. In vitro anti-inflammatory properties of honey flavonoids: a review. **Food Research International**, v. 141, p. 110086, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.110086>. Acesso em: 6 jul. 2025.

SILVA, R. D.; MAIA, G. A.; SOUSA, P. D.; COSTA, J. D. Composição e propriedades terapêuticas do mel de abelha. **Alimentos e Nutrição**, v. 17, n. 1, p. 113–120, 2006. Disponível em: <https://www.academia.edu/download/89982292/133.pdf>. Acesso em: 12 abr. 2025.

SOUSA, J. M.; DE SOUZA, E. L.; MARQUES, G.; MEIRELES, B.; DE MAGALHÃES CORDEIRO, Â. T.; GULLÓN, B.; PINTADO, M. M.; MAGNANI, M. Polyphenolic profile and antioxidant and antibacterial activities of monofloral honeys by Meliponini. **Food Research International**, v. 84, p. 61–68, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.03.012>. Acesso em: 7 jul. 2025.

VALENZUELA B.; A.; SANHUEZA, J.; NIETO, S. Natural antioxidants in functional foods: from food safety to health benefits. **Grasas y Aceites**, v. 54, n. 3, p. 295–303, 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.3989/gya.2003.v54.i3.245>. Acesso em: 30 jun. 2025.

YOUNG, G. W. Z.; BLUNDELL, R. A review on the phytochemical composition and health applications of honey. **Heliyon**, v. 9, n. 2, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e12507>. Acesso em: 30 jun. 2025.

