

Aqui Tem Química: Parte XVI. Explorando a Química dos Chás e Infusões

There is Chemistry Here: Part XVI. Exploring the Chemistry of Teas and Infusions

Acácio Silva de Souza,^a  Patricia Garcia Ferreira,^a  Vitor Francisco Ferreira^a 

^aUniversidade Federal Fluminense, Faculdade de Farmácia, Laboratório de Inovação em Química e Tecnologia Farmacêutica, CEP 24241-000, Niterói-RJ, Brasil

*E-mail: vitorferreira@id.uff.br; acaciosouza@id.uff.br

Submissão: 1 de Setembro de 2025 – Aceite: 4 de Março de 2026 – Publicado online: 17 de Março de 2026

This article continues the *Here is Chemistry* publication series and focuses on the chemical composition and bioactive properties of major plant-based infusions, with particular emphasis on *Camellia sinensis* (traditional tea), chamomile, mint, and yerba mate. A clear technical distinction is highlighted between tea, which is prepared exclusively from the leaves of *C. sinensis*, and infusions derived from aromatic or medicinal plants, which are commonly but inaccurately grouped under the general term “tea” in popular usage. The compositional analysis of these beverages reveals a wide diversity of bioactive compounds, including flavonoids, tannins, terpenes, alkaloids, and polyphenols, which are responsible for both their sensory characteristics and functional properties. These compounds contribute to antioxidant, anti-inflammatory, antimicrobial, and stimulant effects. In addition, the article discusses the role of these molecules in health promotion, sensory perception, and the cultural significance of plant infusions, as well as the expansion of the global infusion market. This growth reflects increasing consumer interest in natural products and perceived health benefits, reinforcing the importance of integrating traditional knowledge with scientific validation in the development of safe and effective herbal medicines.

Keywords: Commercial herbs; tea; *Camellia sinensis*; catechins; health benefits.

Ao longo de milhares de anos o consumo de chás e infusões tem acompanhado a trajetória humana, proporcionando experiências sensoriais e emocionais, favorecendo estados de contemplação, bem-estar e serenidade mental.

1. Introdução

Durante milênios, a população mundial tem baseado seus tratamentos medicamentosos nos sistemas da medicina botânica, ou fitoterapia, com extratos de origem natural como medicamentos ou agentes promotores da saúde.¹ A Organização Mundial da Saúde (OMS) estima que cerca de 80% da população dos países em desenvolvimento depende da medicina tradicional, principalmente fitoterápica, para suas necessidades primárias de saúde, com cerca de 3,3 bilhões de pessoas ainda utilizando a flora medicinal para fins terapêuticos.² Nos últimos 150 anos os químicos e os farmacêuticos, isolaram e purificaram os componentes farmacologicamente ativos das plantas medicinais num

esforço imenso com o objetivo de produzir medicamentos para diversas doenças.³ Como resultado, estima-se que, atualmente, 25% das substâncias ativas dos medicamentos usados nos mais variados protocolos terapêuticos são obtidas a partir de plantas.⁴

Este artigo é a continuação de uma série de publicações intituladas “Aqui tem Química”, série dedicada a mostrar como a química está mais presente do que se imagina no nosso cotidiano. O foco desta nova análise estará em um dos métodos de extração mais antigos utilizados pelo homem no preparo de bebidas a partir de plantas, a **infusão**, e sua variante mais famosa, o **chá**. Nesta análise através dos chás e das infusões comerciais mais consumidas, perceberemos que, por trás de suas aparências simples, há uma grande variedade de moléculas bioativas que normalmente têm efeitos positivos para a saúde.

2. Definições e Distinções

Milhares de plantas medicinais estão registradas em diversos compêndios utilizados pela humanidade há milênios. Esses registros evidenciam a ampla química envolvida no preparo de infusões de ervas medicinais,

como os métodos de extração aplicados, a identificação e classificação de substâncias orgânicas e as transformações químicas que podem ocorrer nos processos de produção das infusões, conhecimentos importantes que podem ser explorados também para fins educacionais.⁵

A primeira questão a ser discutida refere-se à definição dos termos associados a diferentes métodos de extração “infusão”, “maceração” e “decocção” e ao termo “chá”, uma vez que ainda persistem controvérsias que podem gerar confusão quanto ao seu uso.

A **infusão** é um processo de extração sólido-líquido no qual a matriz vegetal é mantida em contato com um solvente aquecido, geralmente água, por um período controlado. A eficiência e a seletividade da extração dependem da combinação entre temperatura, tempo de contato e natureza química dos metabólitos presentes.⁶ Após o tempo de extração, a mistura é filtrada, para remoção do material sólido e o extrato líquido é recolhido, podendo ser ingerido quente ou frio. A **maceração** consiste na extração da droga vegetal por imersão em solvente adequado, mantida à temperatura ambiente controlada, geralmente entre 20 e 25 °C, por período prolongado, com agitação ocasional, evitando-se aquecimento para preservar substâncias sensíveis ao calor.⁶ Na **decocção**, a droga vegetal é submetida à extração em água mantida em ebulição (≈ 100 °C) por um período controlado, geralmente entre 15 e 60 minutos. A eficiência e a seletividade da extração dependem da exposição térmica total, determinada pela combinação entre temperatura elevada e tempo de fervura, sendo o método indicado para tecidos vegetais resistentes e fitoquímicos estáveis ao calor.⁶

O chá é tradicionalmente definido como a infusão preparada a partir de uma planta específica, conforme será discutido no tópico seguinte, sendo frequentemente citado como o exemplo clássico de infusão.⁶ No entanto, conforme destacado por Lorenzi e Matos,⁷ os termos *chá* e *infusão* estão associados não apenas ao método de preparo, mas também ao uso tradicional das plantas medicinais. Nesse contexto, embora a infusão seja um dos métodos mais comuns, o preparo de chás pode envolver diferentes técnicas extrativas, como infusão, decocção ou maceração, dependendo da parte da planta utilizada e da natureza dos fitoquímicos a serem extraídos.

Apesar dos reconhecidos benefícios associados a diferentes tipos de chás e infusões medicinais, é fundamental destacar que nem todas as plantas utilizadas nesses preparos são isentas de riscos. Algumas infusões são elaboradas a partir de espécies que contêm substâncias psicoativas ou alucinógenas, capazes de produzir efeitos intensos sobre o sistema nervoso central, com repercussões fisiológicas e cognitivas significativas.⁸ Além disso, muitos desses compostos apresentam potencial tóxico, com risco de efeitos adversos agudos ou crônicos,

incluindo neurotoxicidade, hepatotoxicidade e alterações cardiovasculares, especialmente quando consumidos sem controle de dose, tempo de uso ou orientação adequada.⁹ Por essas razões, em diversos países, o uso dessas plantas é proibido ou estritamente regulamentado, sendo restrito a contextos religiosos, rituais tradicionais reconhecidos ou pesquisas científicas autorizadas.

No Brasil, a legislação distingue infusões de plantas em duas categorias principais: alimentos (chás) e medicamentos (fitoterápicos).¹⁰ As Infusões como Alimento (Chás) são regulamentadas como alimentos e não podem alegar propriedades terapêuticas ou de emagrecimento em seus rótulos. Já as Infusões como Medicamentos (Fitoterápicos) são orientadas para produtos que prometem cura ou alívio de sintomas devem ser registrados na Anvisa como medicamentos. Em 2025, a Anvisa aprovou um novo marco regulatório para simplificar o registro de fitoterápicos e impulsionar o uso da biodiversidade nacional.¹¹

3. Chás como Bebida

O chá tradicional é uma bebida preparada a partir das folhas da planta *Camellia sinensis* (L.) Kuntze, pertencente à família Theaceae. Trata-se de uma das bebidas mais antigas e mais consumidas do mundo, com origem na China antiga, de onde se difundiu para o Ocidente por meio das rotas comerciais Oriente–Ocidente. Há uma lenda chinesa que atribui ao imperador Shen Nung, em 2737 a.C., a descoberta, o uso, o cultivo e as práticas religiosas associadas a essa planta.^{12,13} A partir de então, instituições, indivíduos e o comércio exterior desempenharam papéis importantes na disseminação e no desenvolvimento da cultura do chá. A palavra chinesa que designa essa bebida apresenta duas pronúncias principais, dependendo do dialeto regional: “chá”, no mandarim e no cantonês, e “te”, no dialeto min-nan (falado na região de Amoy/Xiamen).¹⁴ No português, consolidou-se o termo “chá”, enquanto, no inglês, prevaleceu a forma “tea”. É importante destacar que esses termos se referiam exclusivamente à infusão das folhas de *C. sinensis*.

Embora o chá seja obtido a partir de uma única espécie vegetal (*Camellia sinensis*), existem diferenças marcantes entre os diversos tipos de chá em função dos processos de colheita e de processamento das folhas, que incluem etapas como murchamento, oxidação enzimática, secagem, armazenamento e, em alguns casos, torrefação. Esses processos determinam o perfil químico final do produto, resultando em variações quantitativas e qualitativas de catequinas e outros compostos fenólicos, muitos dos quais apresentam propriedades antioxidantes. Dentre os principais tipos de chá destacam-se o chá verde, preto, branco, amarelo, oolong e pu-erh, cujas diferenças não decorrem de fermentação no sentido microbiológico clássico, mas

principalmente do grau de oxidação enzimática das folhas durante o processamento.

Com o passar do tempo, o uso da palavra “chá” foi ampliado na linguagem popular, passando a designar qualquer bebida obtida por infusão de partes de plantas, como flores, folhas, sementes ou raízes. Dessa forma, infusões de flores de camomila, folhas de hortelã, flores de hibisco, sementes de erva-doce e raiz de gengibre, entre outras, passaram a ser genericamente chamadas de “chás”. No entanto, do ponto de vista técnico, o termo “chá” está restrito exclusivamente às infusões de *Camellia sinensis*, enquanto as demais preparações são mais apropriadamente denominadas “infusões” ou “tisanas”.

No contexto da língua portuguesa, especialmente em situações informais, a palavra “chá” é frequentemente empregada para designar uma variedade de expressões e eventos que não guardam relação direta com a infusão das folhas de *C. sinensis*. Exemplos comuns incluem expressões idiomáticas como chá de cadeira, chá de bebê, chá de panela e chá de sumiço, entre outras. Além disso, o termo também é amplamente utilizado para se referir a infusões de outras plantas medicinais ou aromáticas, ainda que essas não sejam derivadas de *C. sinensis*.

Neste artigo, contudo, empregaremos o termo “chá” em seu sentido estrito e técnico, isto é, aplicado exclusivamente às infusões preparadas a partir das folhas de *C. sinensis*. Assim, preparações obtidas por infusão de outras plantas serão tratadas como infusões de ervas (ou infusões de plantas), e não como “chás” propriamente ditos. Em síntese, embora todo chá seja uma infusão, nem toda infusão pode ser considerada chá, conforme ilustrado na Figura 1.

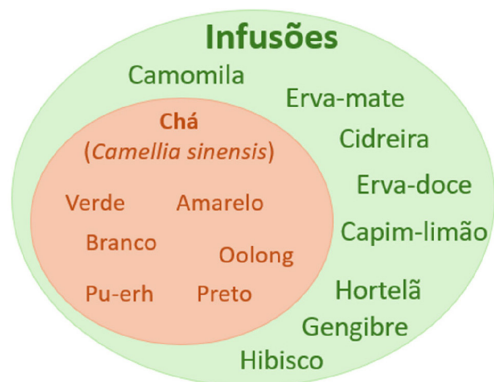


Figura 1. Relações entre o chá e as ervas com o processo de infusão

O hábito de consumir infusões de plantas medicinais é ancestral e possui registros que remontam a mais de 4.000 anos, tendo surgido de forma independente em diversas culturas, especialmente por razões medicinais, espirituais e relacionadas ao bem-estar. Atualmente, o chá e as infusões de ervas comerciais são amplamente consumidos em todo o mundo devido às suas características sensoriais suaves, ao

preço relativamente acessível e à baixa incidência de efeitos colaterais.¹⁵ Na China, os chás de *C. sinensis* constituem as bebidas mais populares, sendo os principais tipos de chá dependentes dos diferentes processos de oxidação das folhas. Os diferentes tipos de chás são:

- 1) **O Chá Verde**, para o qual o processamento das folhas consiste em um aquecimento rápido no vapor logo após a colheita para impedir a oxidação e manter a cor verde-clara ou amarelo-pálido. Ele tem um sabor naturalmente herbáceo, fresco e levemente amargo.
- 2) **Chá Branco** é a variedade menos processada do chá, obtida a partir dos brotos jovens e das primeiras folhas ainda imaturas da *Camellia sinensis*, geralmente recobertos por uma fina penugem esbranquiçada. O processamento envolve mínima manipulação, com secagem natural, frequentemente ao sol ou em ambiente controlado, de modo a evitar a oxidação enzimática significativa. Como resultado, o chá branco apresenta cor clara, sabor delicado, floral e levemente adocicado, além de manter elevadas concentrações de catequinas e outros compostos fenólicos, muitos dos quais possuem atividade antioxidante. Em comparação com outros tipos de chá, apresenta menor teor de cafeína.
- 3) **Chá Amarelo** é uma variedade menos comum, cujo processamento é semelhante ao do chá verde, porém inclui uma etapa adicional conhecida como *men huan* (amarelamento). Nessa fase, as folhas são mantidas em ambiente levemente úmido e abafado, promovendo uma oxidação enzimática lenta e controlada, conduzida por enzimas endógenas das folhas da planta, e não por microrganismos. Esse processo resulta em um chá de sabor suave, levemente adocicado e menos adstringente quando comparado ao chá verde.
- 4) **Chá Oolong** é produzido a partir das folhas de *Camellia sinensis* submetidas a oxidação enzimática parcial, geralmente entre 10% e 80%, dependendo do estilo de processamento. Após a colheita, as folhas passam por um processo de murchamento, frequentemente com exposição ao sol ou ao ar, seguido de agitação controlada, que promove a oxidação enzimática principalmente nas bordas das folhas. Esse processo é cuidadosamente monitorado e posteriormente interrompido por aquecimento, que inativa as enzimas oxidativas. O resultado é um chá que se situa entre o chá verde e o chá preto, apresentando perfil sensorial complexo, com notas que podem variar de floral a tostado, além de nuances frutadas ou de mel.
- 5) **Chá Preto** é obtido a partir das folhas de *Camellia sinensis* submetidas à oxidação enzimática praticamente completa, após as etapas de murchamento e enrolamento. Durante o enrolamento, ocorre a ruptura dos tecidos celulares, permitindo que os polifenóis entrem em

contato com enzimas oxidativas endógenas, como a polifenol oxidase, na presença de oxigênio. Esse processo leva à conversão das catequinas em teaflavinas e tearubiginas, compostos responsáveis pela coloração escura, pelo sabor intenso, maltado ou adstringente, e pelo corpo característico do chá preto. Em comparação ao chá verde, apresenta menor teor de catequinas livres, em função de sua conversão durante a oxidação.

- 6) O **Chá Pu-erh**, vem de processamento de fermentação microbiana, após a oxidação e envelhecimento. Esse processo pode melhorar o tempo de armazenamento desse tipo de chá. Ele tem um sabor terroso, amadeirado e encorpado.

Ao longo da história do chá muitas atividades biológicas benéficas para a saúde foram descritas na literatura.⁷ Em 2024, a Intergovernmental Group on Tea (IGG-TEA), uma entidade atrelada à Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO) relatou que há evidências publicadas sobre as propriedades benéficas do chá em várias áreas da saúde humana, em apoio à saúde cardiovascular, cerebral, intestinal e bucal. Há também uma extensa pesquisa sobre os benefícios de bem-estar proporcionados pelo chá, como melhor sono e melhor condicionamento físico.¹⁶ Porém, alerta que é preciso definir um padrão de sustentabilidade global uniforme que regule a cadeia de valor do chá para garantir padrões uniformes.

Estão disponíveis, na literatura científica, centenas de artigos que relatam as atividades biológicas relacionadas aos diversos tipos de chás.¹⁷ O livro de Duke *et al.* destaca pelo menos 48 efeitos farmacológicos relacionados a doenças importantes e os chás verde e preto.¹⁸ As atividades que mais se destacam são as atividades antioxidantes,^{19,20} mas também possuem diversas outras atividades como, antibacteriana, vasodilatadora, diminuição da atividade plaquetária, efeitos diuréticos, atividade anti-inflamatória, prevenção do câncer e da doença cardíaca coronária.²¹ Não obstante aos efeitos positivos do uso do chá, também há efeitos colaterais, principalmente relacionados à cafeína.^{22,23}

O mercado global de chá tem sido impulsionado pela crescente demanda por alimentos funcionais, refletindo a preocupação dos consumidores com escolhas alimentares que promovam a saúde e o bem-estar. Nesse contexto, observa-se uma valorização crescente de chás naturais e orgânicos, especialmente variedades premium, associadas à qualidade, ao processamento diferenciado e a potenciais benefícios fisiológicos. A crescente popularidade dos chás acompanha o aumento da demanda por produtos naturais, classificados como orgânicos ou premium, impulsionando o consumo de variedades classificadas como premium, frequentemente associadas à qualidade sensorial, sustentabilidade e menor presença de resíduos químicos,

como fertilizantes ou defensivos agrícolas. Nesse contexto, o mercado global de chá foi estimado em 56,02 bilhões de dólares em 2023, com projeção de crescimento de 57,08 bilhões de dólares em 2024 para cerca de 70 bilhões de dólares até 2035, apresentando uma taxa de crescimento anual composta (*Compound Annual Growth Rate – CAGR*) de aproximadamente 1,88% no período de 2025 a 2035.²⁴ Os segmentos por tipos de chás estão passando por desenvolvimentos significativos. O chá preto teve em 2024 um mercado de 20,0 bilhões de dólares e posição dominante. O chá preto é o mais consumido nos países ocidentais e alguns países asiáticos (78% do consumo), enquanto o chá verde é consumido principalmente na China, Japão, Índia e alguns países do norte da África e Oriente Médio (20% do consumo), seguido pelo chá oolong, que é mais consumido no sudeste da China e Taiwan (2%).²⁴

Os chás produzem infusões aquosas de composição química altamente complexa, resultante da presença de numerosas classes de metabólitos secundários (Figura 2). A proporção relativa dessas substâncias varia significativamente em função da espécie vegetal, da parte da planta utilizada e, sobretudo, do processamento das folhas, especialmente do grau de oxidação enzimática.²⁵ Essa diversidade química, além de influenciar o sabor e o aroma do chá, está diretamente relacionada à variedade de atividades biológicas atribuídas às diferentes infusões. De forma resumida, as folhas secas de *Camellia sinensis* apresentam a seguinte composição aproximada: flavonoides (incluindo flavanóis, como as catequinas, bem como flavonóis e seus glicosídeos) (~25%), ácidos fenólicos (~3%), outros polifenóis (~5%), cafeína (~3%), teobromina (~0,2%), aminoácidos (~4%), polissacarídeos (~13%), celulose (~15%), proteínas (~6%), além de diversos constituintes minoritários. As catequinas, pertencentes à classe dos flavanóis, são os principais polifenóis do chá, especialmente em variedades pouco oxidadas. Entretanto, as folhas de *C. sinensis* também contêm quantidades relevantes de flavonóis (como quercetina, kaempferol e miricetina, geralmente na forma de glicosídeos) e outros flavonoides, conforme ilustrado na Figura 2.²⁶

Os flavonoides constituem uma grande classe de polifenóis encontrados nas plantas, principalmente nas folhas *C. sinensis*. Essa classe de produtos naturais inclui

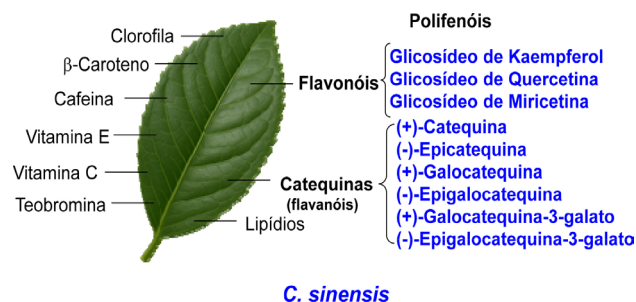


Figura 2. Classes de substâncias presentes nas infusões de *C. sinensis*

várias subclasses, como flavanóis, flavonas, flavanonas, flavonois, antocianidinas, isoflavonas, diidroflavonóis e chalconas.²⁷ Os flavanóis (juntamente com os flavonois) são de longe os mais abundantes e amplamente distribuídos na natureza. Os flavonóis estão presentes, geralmente como diversos glicosídeos, em quantidades consideráveis em nossa dieta normal. Embora os flavonóis ou catequinas possam ser encontrados praticamente em todos os vegetais são especialmente ricos nas folhas imaturas *C. sinensis*.²⁸ O chá é uma das fontes de catequina mais ricas e contém como catequina principal a (–)-epigallocatequina-3-galato, detentora de muitas propriedades benéficas para a saúde humana.²⁹

Os extratos de folhas de chá contêm diversos flavonoides poli-hidroxilados, cujas composições variam em função de fatores como o grau de oxidação das folhas.³⁰ O chá verde apresenta maior concentração de polifenóis, especialmente flavanóis, quando comparado aos chás preto e oolong, em razão das diferenças nos métodos de processamento aplicados após a colheita.³¹ Durante a produção do chá verde, as folhas frescas são submetidas a tratamento térmico por vapor ou aquecimento rápido, seguido de secagem, o que promove a inativação das enzimas polifenol oxidases. Esse processo impede a oxidação enzimática das catequinas,

principais flavanóis do chá, preservando os polifenóis predominantemente em sua forma monomérica original.³²

As catequinas constituem os flavanóis mais abundantes nas folhas de *Camellia sinensis* e estão presentes em maior concentração no chá verde quando comparadas a outros tipos de chá, em função da ausência de oxidação enzimática durante o processamento. Entre os principais flavanóis identificados nos diferentes tipos de chá destacam-se: (+)-catequina (**1**), (+)-galocatequina (**2**), (+)-galocatequina-3-galato (**3**), (–)-epicatequina (**4**), (–)-epigallocatequina (**5**) e (–)-epigallocatequina-3-galato (**6**), conforme ilustrado na Figura 3a. A (+)-catequina (**1**) e a (+)-galocatequina (**2**) diferem entre si pela presença de um grupo hidroxila adicional no anel B da galocatequina. Ambas apresentam múltiplos grupos hidroxila distribuídos nos anéis benzênicos A e B, característica associada à sua elevada capacidade antioxidante. A (+)-galocatequina-3-galato (**3**) distingue-se da galocatequina pela presença de um grupo éster derivado do ácido gálico ligado ao carbono 3 do anel C. A (–)-epicatequina (**4**) é o epímero da catequina, apresentando configuração absoluta invertida no carbono 3 do anel C, além de um grupo hidroxila ligado a esse carbono. A (–)-epigallocatequina (**5**) difere da epicatequina pela presença de um grupo hidroxila

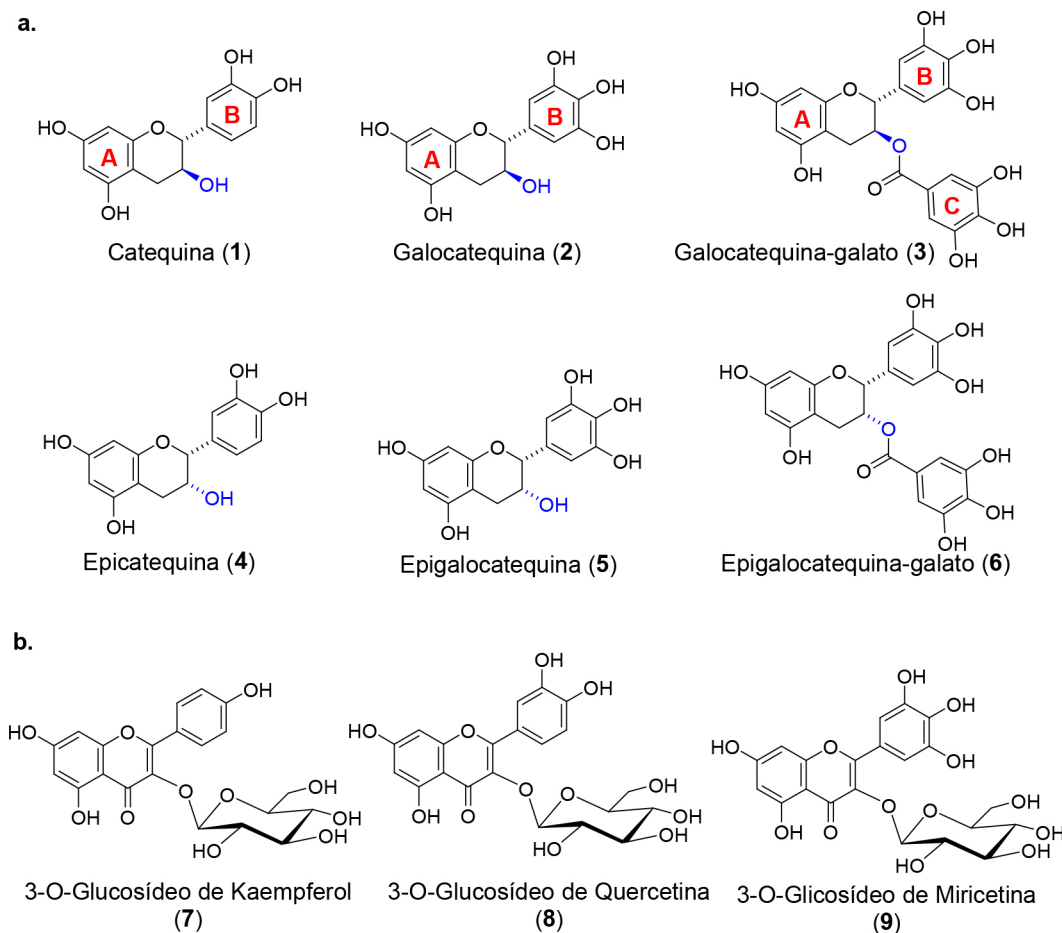


Figura 3. Flavanóis e flavonas presentes nos diversos tipos de chás

adicional no anel B. Já a (–)-epigallocatequina-3-galato (**6**) combina ambas as características estruturais, apresentando três grupos hidroxila no anel B, localizados nas posições 3', 4' e 5', além de um grupo galato esterificado no carbono 3 do anel C.³³ Os glicosídeos de flavonóis (Figura 3b), embora presentes em menores concentrações quando comparados às catequinas, também contribuem para as atividades biológicas do chá, especialmente a atividade antioxidante. Entre os mais comuns destacam-se os glicosídeos de kaempferol (**7**), quercetina (**8**) e miricetina (**9**). Esses compostos apresentam, em geral, menor atividade antioxidante do que suas formas agliconas, mas ainda desempenham papel relevante na neutralização de radicais livres e na prevenção da peroxidação lipídica.

Chama a atenção, na complexa mistura de substâncias presentes nos diferentes tipos de chá, a presença de três metilxantinas com reconhecida ação biológica: cafeína (**10**), teobromina (**11**) e teofilina (**12**) (Figura 4). Dentre esses compostos minoritários, a cafeína destaca-se por ser a mais abundante e a mais amplamente estudada, especialmente em relação aos seus múltiplos efeitos farmacológicos, incluindo estimulação do sistema nervoso central, aumento do estado de alerta e modulação do metabolismo energético. Além das metilxantinas, o chá contém quantidades significativas de L-teanina (**13**), um aminoácido não proteico praticamente exclusivo das folhas de *Camellia sinensis*. Embora estruturalmente distinta dos proto-alcaloides, a L-teanina apresenta importante atividade neurofisiológica, estando associada a efeitos ansiolíticos leves, relaxamento sem sedação e modulação da neurotransmissão. Estudos indicam que a teanina pode atuar de forma sinérgica com a cafeína, contribuindo para o perfil característico de estimulação suave e prolongada observado no consumo de chá.³⁴

A cafeína é classificada como um falso alcaloide, uma vez que não deriva da biossíntese de aminoácidos, como ocorre com os alcaloides verdadeiros. Sua origem biossintética está associada à via das purinas, tendo como principal precursor a xantosina. A cafeína é produzida por diversas espécies vegetais, como *Camellia sinensis*, *Coffea spp.* (café), *Theobroma cacao* (cacau) e *Paullinia cupana* (guaraná), nas quais atua como mecanismo de defesa contra insetos herbívoros.³⁵ Trata-se de uma das substâncias psicoativas mais consumidas no mundo, estando presente naturalmente em bebidas amplamente ingeridas no cotidiano, como café, chá, refrigerantes e bebidas energéticas à base de cola.

Seu principal mecanismo de ação farmacológica envolve a atuação como antagonista competitivo dos receptores de adenosina no sistema nervoso central.³⁶ A adenosina é um neuromodulador que se acumula progressivamente no cérebro ao longo do dia, estando associada à indução de fadiga e sonolência. Ao bloquear esses receptores, a cafeína inibe os efeitos sedativos da adenosina, promovendo aumento do estado de alerta, melhora da atenção, elevação do humor e, em muitos casos, maior disposição física e mental.³⁵ Esses efeitos explicam sua ampla utilização em bebidas, medicamentos, suplementos energéticos e em situações que exigem concentração prolongada e desempenho cognitivo sustentado.³⁶

A sensibilidade à cafeína, no entanto, varia consideravelmente entre os indivíduos, sendo influenciada por fatores genéticos, idade, hábitos de consumo e pela presença de determinadas condições clínicas. Além disso, seus benefícios estão diretamente relacionados à dose ingerida. Em quantidades elevadas, a cafeína pode desencadear efeitos adversos, como taquicardia, ansiedade, tremores, agitação psicomotora e distúrbios do sono, incluindo insônia. Assim, embora seja considerada segura e eficaz em doses moderadas, o consumo consciente da cafeína é essencial para equilibrar seus efeitos estimulantes com os riscos potenciais, especialmente em populações mais sensíveis ou em contextos clínicos específicos.³⁷

A teobromina é uma metilxantina bimetilada que apresenta caráter menos básico quando comparada à cafeína. Ela é naturalmente encontrada no cacau e, em menores concentrações, no chá. Além disso, a teobromina e seus derivados podem ser formados como metabólitos da cafeína no organismo. Os efeitos fisiológicos associados à teobromina estão relacionados à sensação de bem-estar e prazer. Atualmente, a teobromina é amplamente consumida como componente de produtos alimentícios e vem sendo investigada por seus diversos efeitos farmacológicos, especialmente por sua atuação no sistema nervoso central.³⁸

A teofilina também é uma metilxantina classificada como pseudoalcaloide, presente em diversas espécies vegetais, sendo encontrada em menores concentrações nos chás verde e preto quando comparada à cafeína. Apesar de sua baixa abundância relativa, contribui significativamente para o perfil farmacológico dessas infusões. Dentre suas principais atividades biológicas, destacam-se os efeitos broncodilatadores, com aplicação clínica no tratamento de

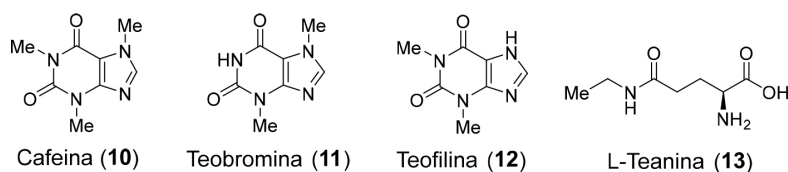


Figure 4. Proto-alcaloides e L-Teanina

doenças respiratórias, como a asma e a doença pulmonar obstrutiva crônica. Além disso, a teofilina exerce ação estimulante sobre o sistema nervoso central, promove aumento do estado de alerta e apresenta leve efeito diurético. Mesmo em concentrações reduzidas, sua presença integra o conjunto de substâncias bioativas que justificam os potenciais benefícios à saúde associados ao consumo habitual de chás derivados de *C. sinensis*.

Há ainda outras substâncias minoritárias, além das xantinas, que contribuem para o sabor umami e para a complexidade dos efeitos farmacológicos dos diferentes tipos de chá. A L-teanina, ou α -glutamiletilamida (**13**), é um aminoácido característico do chá e, atualmente, também disponível comercialmente. Esse composto promove relaxamento sem induzir sonolência e pode melhorar a função cognitiva.³⁹ Diversas empresas comercializam a L-teanina em cápsulas com a finalidade de reduzir o estresse e a atividade neural, o que favorece a atenção e contribui para a melhora da qualidade do sono.³⁹ Embora em menor proporção, os chás também contêm vitaminas (como vitamina C e algumas do complexo B), carboidratos livres (como glicose, frutose e sacarose), terpenos (como geraniol, fenilacetaldéido e nerolidol) e minerais (como potássio, flúor e manganês).⁴⁰

4. As Infusões de Ervas

4.1. Camomila (*Chamomilla recutita* L. Rauschert)

A erva medicinal conhecida como camomila (*Chamomilla recutita* L. Rauschert ou *Matricaria chamomilla* L.),

pertencente à família Asteraceae, ocupa posição de destaque entre as infusões de ervas mais consumidas no mundo, configurando-se como um importante fitoterápico de uso tradicional. Trata-se de uma das plantas utilizadas há mais tempo na medicina tradicional e, atualmente, integra fitoterápicos oficiais descritos em diversas farmacopeias.⁷ As infusões e o óleo essencial da camomila são obtidos a partir das flores, apresentando atividades terapêuticas e nutricionais que se consolidaram ao longo de anos de uso tradicional e investigação científica. Em 2024, a camomila consolidou-se como líder no mercado global de ervas, fato atribuído não apenas à sua ampla aceitação cultural, mas também ao crescente interesse por produtos naturais com propriedades funcionais, refletindo a valorização das práticas integrativas e complementares na promoção da saúde e do bem-estar.⁴¹

A composição do óleo essencial da camomila é particularmente rica em substâncias **sesquiterpênicas** (C₁₅), embora também contenha monoterpenos e diterpenos, variando de acordo com a origem botânica da planta.⁴² O óleo essencial pode ser obtido por hidrodestilação (arraste a vapor), e sua composição qualitativa e quantitativa é determinada por cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (GC-MS), sendo isolados e identificados cerca de 52 componentes, que representam aproximadamente 92% do rendimento total do óleo.⁴² As principais substâncias biologicamente ativas presentes nos óleos de camomila pertencem à classe dos terpenos (Figura 5).^{43,44} Dentre estes, podem-se destacar o óxido de bisabolol A (**14**), o óxido de bisabolol B (**15**), o α -bisabolol

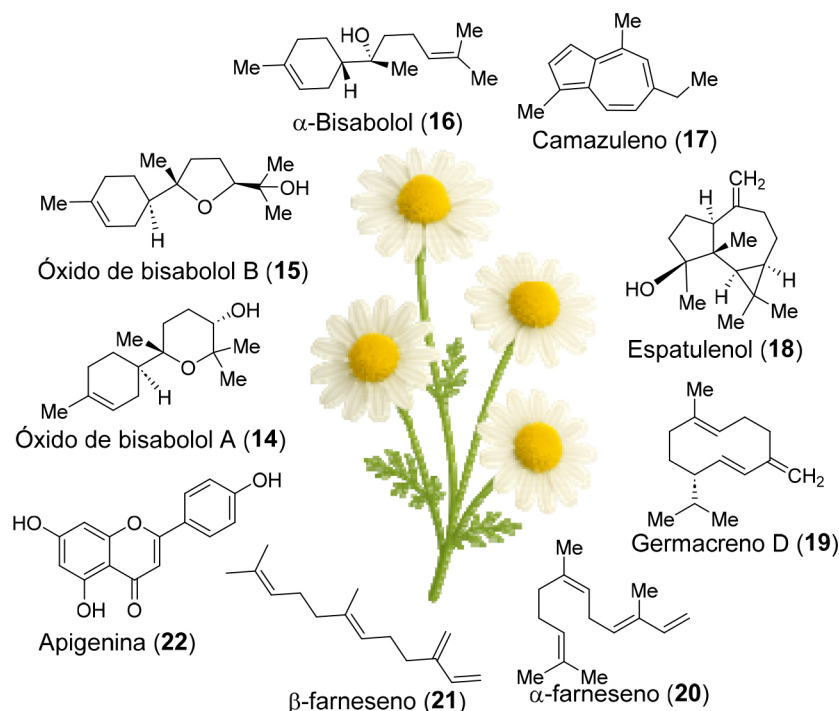


Figura 5. Alguns sesquiterpenos isolados do óleo de camomila

(16), o camazuleno (17), o espatulenol (18), o germacreno D (19), o α -farneseno (20) e o β -farneseno (21), entre outros.⁴⁵ Outra substância relevante, pertencente à classe dos flavonoides, é a apigenina (4',5,7-triidroxiavona) (22), que também pode ser responsável pelas propriedades antioxidantes e anti-inflamatórias, além de potenciais benefícios à saúde. A apigenina liga-se aos receptores benzodiazepínicos no cérebro, o que justifica seu uso popular como agente relaxante, particularmente em casos de distúrbios leves do sono e ansiedade. Esses constituintes, isoladamente ou em sinergia, conferem à camomila propriedades calmantes, digestivas, anti-inflamatórias, carminativas e sedativas, justificando seu uso tanto na medicina tradicional quanto em formulações fitoterápicas contemporâneas.

A infusão de camomila, uma das mais consumidas em todo o mundo, transcende seu uso tradicional como simples bebida calmante. Diversos estudos têm evidenciado uma ampla gama de atividades biológicas associadas aos seus constituintes fitoquímicos, especialmente os terpenoides.⁴⁶⁻⁴⁸ Entre os efeitos documentados estão propriedades antioxidantes, antimicrobianas, antibacterianas, antitumorais, anti-inflamatórias e antivirais, além de seus conhecidos efeitos ansiolíticos e sedativos.^{49,50} Em contextos clínicos, especialmente no cuidado paliativo e no suporte a pacientes oncológicos, a camomila tem se mostrado uma aliada no manejo da ansiedade e da insônia, sintomas comumente enfrentados por esses indivíduos.⁵¹ Seu uso, entretanto, não se limita ao efeito calmante: as evidências científicas sugerem que suas substâncias bioativas atuam em múltiplas vias bioquímicas, modulando processos inflamatórios, protegendo células contra danos oxidativos e até mesmo exercendo efeitos citotóxicos seletivos sobre células tumorais em estudos *in vitro*.^{52,53} Portanto, a camomila deixa de ser apenas uma tradição fitoterápica e se consolida como objeto de investigação científica com potencial terapêutico multifacetado. Essa complexidade bioativa desafia uma visão simplista da planta e reforça a necessidade de abordagens integradas entre saberes tradicionais e validação científica no desenvolvimento de fitoterápicos eficazes e seguros.^{54,55}

Dados levantados pela empresa de consultoria Data Bridge Market Research indicam que o mercado global da erva de camomila foi avaliado em 306,14 bilhões de dólares em 2024 e deverá atingir 680,49 bilhões de dólares até 2032, com uma CAGR de 10,50% entre 2025 e 2032.⁵⁶ A razão desse crescimento está relacionada à crescente preferência dos consumidores por bebidas à base de ervas naturais e orgânicas, aliada ao aumento da conscientização sobre os benefícios à saúde da infusão de camomila, naturalmente isenta de cafeína. As propriedades associadas ao relaxamento e à promoção da atenção plena têm impulsionado as vendas

no varejo. Essa tendência de bem-estar tem levado cafés e centros de bem-estar a introduzirem bebidas à base de infusão de camomila em seus cardápios, com o objetivo de atrair consumidores.

No entanto, há no mercado também o óleo essencial de camomila, amplamente valorizado no cenário internacional. Esse mercado está projetado em 6.150,5 milhões de dólares em 2025, com expectativa de atingir 9.829,3 milhões de dólares até 2035, impulsionado pela crescente demanda por formulações com propriedades calmantes, bem como por aplicações em produtos destinados ao cuidado da pele e em formulações para uso capilar.⁵⁷

4.2. Hortelã-pimenta e hortelã-verde

As infusões de ervas ocupam um lugar importante nos hábitos de consumo em diferentes culturas, sendo amplamente apreciadas por seus sabores e potenciais propriedades funcionais. Entre essas bebidas, as infusões preparadas a partir de hortelã (*Mentha spp.*) em particular *Mentha piperita* (hortelã-pimenta) e *Mentha spicata* (hortelã-verde) destacam-se em muitos países por sua popularidade tradicional e perfil sensorial refrescante. Estudos etnográficos e levantamentos regionais apontam que a infusão de hortelã está entre as tisanas herbais mais consumidas em contextos domésticos e sociais, frequentemente associada ao uso digestivo e ao consumo após refeições.⁵⁸ Entre os principais efeitos relatados, destacam-se a atividade digestiva, com alívio de náuseas e cólicas, ação antiespasmódica, leve efeito analgésico, além de propriedades antimicrobianas, anti-inflamatórias, antifúngicas e antivirais, muitas delas evidenciadas em estudos *in vitro*. Essas características conferem à hortelã um papel relevante tanto na fitoterapia tradicional quanto na indústria alimentícia e farmacêutica.⁵⁹

Muitas substâncias responsáveis pelas atividades biológicas e pelo aroma característico das infusões obtidas a partir de espécies de *Mentha spp.*⁶⁰ Pertencem principalmente à classe dos terpenos, em especial monoterpenos e sesquiterpenos. Além desses compostos voláteis, também estão presentes flavonoides, ácidos fenólicos e taninos, conforme ilustrado na Figura 6.⁶¹ As condições e técnicas de cultivo das espécies de *Mentha* influenciam significativamente a composição fitoquímica, refletindo-se na qualidade dos extratos e dos óleos essenciais. Esses produtos apresentam um amplo espectro de atividades biológicas, intimamente relacionado à sua composição química. A aplicação industrial do gênero *Mentha spp.* depende, portanto, da eficácia e segurança dos extratos e óleos essenciais, bem como da aceitabilidade sensorial e da padronização do perfil aromático, características essenciais para seu uso em alimentos, cosméticos e produtos farmacêuticos.^{62,63}

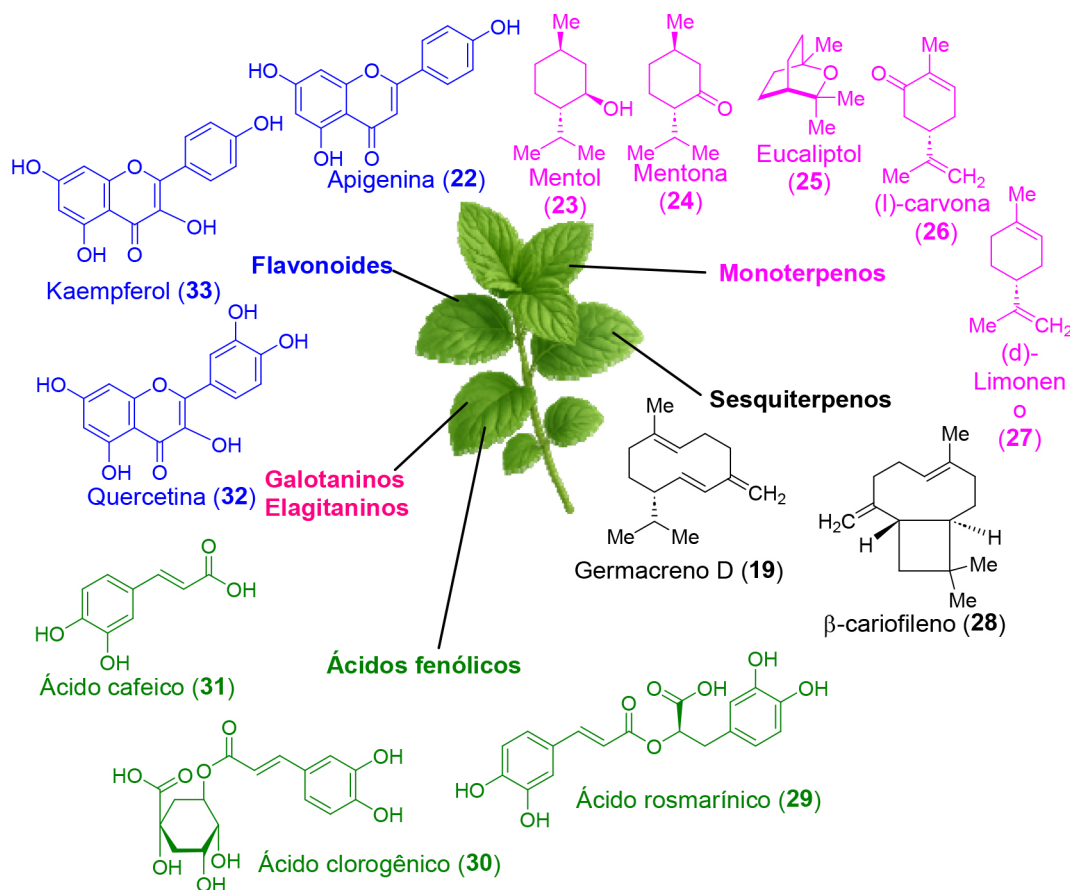


Figura 6. Exemplo de substâncias identificadas nos extratos e óleos de *Mentha spp*

O mentol (23) é o principal monoterpeneo presente nos óleos essenciais de *M. piperita*, sendo responsável por seu característico efeito refrescante e por sua ação analgésica local.⁶⁴ Essa substância atua por meio da ativação dos canais sensoriais, receptores de frio localizados na pele e nas mucosas. Devido a essas propriedades, o mentol contribui significativamente para os efeitos terapêuticos associados às infusões de hortelã, especialmente no alívio de cefaleias, irritações na garganta e desconfortos gastrointestinais.⁶⁵ Além de seu uso tradicional, o mentol é amplamente empregado em formulações farmacêuticas e cosméticas, como pomadas, cremes, pastilhas e enxaguantes bucais. O mercado global de mentol, que inclui o mentol natural e o sintético, foi avaliado em 0,86 bilhão de dólares em 2024 e projeta-se que atinja 1,64 bilhão de dólares até 2033.⁶⁶

Outro monoterpeneo relevante é a mentona (24), que possui atividade antiespasmódica e aroma característico, também contribuindo para o perfil terapêutico da planta. O eucaliptol ou 1,8-cineol (25), um monoterpeneo cíclico oxigenado, está presente em diversos óleos essenciais, com destaque para o de eucalipto, embora também seja encontrado em plantas aromáticas como hortelã, alecrim, louro, sálvia e melaleuca.⁶⁷ Esta substância apresenta propriedades anti-inflamatórias e mucolíticas, atuando

na dissolução e redução da viscosidade do muco, sendo frequentemente utilizado em produtos de higiene pessoal, tais como cremes, xampus e dentifrícios.

A (l)-carvona (26) é o principal monoterpeneo da *M. spicata*, à qual se atribui efeito digestivo. Essa substância também está presente em outras espécies vegetais e é amplamente utilizado nas indústrias alimentícia e de fragrâncias devido ao seu aroma distintivo.⁶⁸ Por fim, o (d)-limoneno (27), um monoterpeneo com odor cítrico característico, destaca-se por sua atividade antioxidante e aplicação como flavorizante natural em alimentos, cosméticos e produtos de limpeza.⁶⁹

Vários sesquiterpenos já foram detectados no extrato e óleo das espécies do gênero *Mentha spp*, por exemplo, o cariofileno (28), mais abundante. Ele é geralmente utilizado em cosméticos, fragrâncias e aromas e com propriedades anti-inflamatórias, antioxidantes e analgésicas. A principal substância fenólica nas plantas do gênero *Mentha* é o ácido rosmarínico (29), mas há outras minoritárias como o ácido clorogênico (30) e o ácido cafeico (31).⁷⁰ Também estão presentes alguns flavonoides, como a quercetina (32), o kaempferol (33), a apigenina (22), responsáveis pela ação antioxidante, anti-inflamatória e protetora da mucosa gastrointestinal. Os ácidos fenólicos têm potente ação

antioxidante e contribuem para o efeito anti-inflamatório.

As principais diferenças entre *M. piperita* (hortelã-pimenta) e *M. spicata* (hortelã-verde) estão nos teores dos seus componentes fitoquímicos. Na *M. piperita* o teor de mentol é alto, enquanto na *M. spicata* o teor de mentol é muito baixo ou ausente, ao passo que para a carvona ocorre o oposto.⁷¹

4.3. Erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.)

A erva-mate (*Ilex paraguariensis*, da família Aquifoliaceae), também conhecida como chimarrão (quente), tereré (gelado) ou simplesmente mate é uma bebida de forte relevância cultural e extensivamente consumida na América do Sul.⁷² O consumo da infusão da erva-mate tem origem ancestral nas práticas culturais dos povos indígenas da região, especialmente os Guaranis, Kaingang, Ava-Chiripás e Arapongas. Os Guaranis foram os primeiros a utilizar as folhas da erva-mate através da mastigação ou em infusões para rituais, socialização e resistência física.⁷³ A erva-mate (*Ilex paraguariensis*) era considerada uma planta sagrada, associada ao fortalecimento espiritual, à comunicação com o divino e ao bem-estar físico. Trata-se, entretanto, de uma espécie arbórea perene, e não de uma planta herbácea, pertencente à família Aquifoliaceae, cuja importância cultural, simbólica e medicinal esteve historicamente vinculada às populações indígenas da América do Sul.⁷⁴

A presença da erva-mate na América do Sul, especialmente no chamado Cone Sul (mais precisamente Brasil, Paraguai, Argentina e Uruguai), possui grande relevância histórica e cultural, estando profundamente ligada aos processos de colonização e desenvolvimento econômico dessa região, sobretudo nos séculos XVI e XVII, inclusive com a participação dos jesuítas.⁷⁴ Foram os jesuítas que, após observarem o uso da erva-mate pelos povos indígenas que habitavam as reduções, implementaram seu cultivo sistematizado, favorecendo a comercialização em larga escala dessa erva e alcançando não apenas o mercado regional, mas também o europeu.⁷⁵ Com a expulsão dos jesuítas da região, no início do século XVIII, o papel de comercialização e difusão da erva-mate passou a ser desempenhado por tropeiros, mascates e bandeirantes. A importância da erva-mate foi tamanha que a indústria do mate fomentou a criação e a expansão de cidades e centros urbanos em toda a região, com a erva-mate chegando a ser utilizada como moeda de troca por determinado período.⁷⁴

A erva-mate passa por diversas etapas até chegar ao consumidor final, as quais, em conjunto, compõem a chamada cadeia produtiva da erva-mate. Após o plantio, as folhas são colhidas a partir do terceiro ao quinto ano, com ciclos de colheita a cada 18 ou 24 meses. A colheita é realizada manualmente ou com o auxílio de podadeiras

mecânicas. Em seguida, as folhas e os galhos são submetidos imediatamente a um processo de choque térmico (sapeco, a 300–500 °C por poucos segundos), promovendo a inativação enzimática, o que evita a oxidação, reduz a umidade superficial e permite a fixação da coloração verde da erva.⁷⁶

A erva-mate forma verdadeiras florestas naturais que produzem uma ampla gama de serviços ambientais, incluindo o sequestro de carbono, a atenuação das mudanças climáticas, a proteção de nascentes para o abastecimento de água e a conservação da biodiversidade.⁷⁷ Em 2024, o mercado global de erva-mate foi estimado em aproximadamente 1,99 bilhão de dólares, apresentando crescimento expressivo em 2025, quando atingiu o valor de 2,11 bilhões de dólares, correspondente a uma CAGR de 5,8%.⁷⁸ Esse desempenho positivo tem sido associado a diversos fatores, entre os quais se destacam o aumento da demanda por bebidas com apelo saudável, a ampliação do consumo de alimentos naturais e funcionais, o desenvolvimento de tecnologias inovadoras de processamento, bem como a crescente adoção de práticas agrícolas sustentáveis e orgânicas no cultivo da planta.

Muitas das substâncias presentes na infusão de erva-mate também são encontradas nos chás e nas infusões de camomila e hortelã, um exemplo de como os mesmos tipos de substâncias podem coexistir em diferentes plantas. A infusão quente das folhas de erva-mate apresenta efeitos estimulantes, pois é rica em cafeína (**10**), teobromina (**11**) e teofilina (**12**) (Figura 4, Tópico 3), compostos que apresentam atividades termogênicas, vasodilatadoras, diuréticas, broncodilatadoras e anti-inflamatórias, além de atuarem na melhora do desempenho físico e mental.^{79,80} As substâncias responsáveis pelo aroma do óleo essencial incluem terpenos como eucaliptol (**25**), (d)-limoneno (**27**), β-cariofileno (**28**) e linalol (Figura 6, Tópico 4.2). A ação antioxidante decorre principalmente da presença de polifenóis, como o ácido clorogênico (**30**), o ácido cafeico (**31**) e o ácido ferúlico (**34**) (Figura 7), além de flavonoides como a quercetina (**32**) e o kaempferol (**33**) (Figura 6, Tópico 4.2).⁸⁰

5. Conclusão

A química das infusões obtidas de (*C. sinensis*, os populares chás, constitui um universo fascinante, que abrange desde aspectos históricos até a diversidade de substâncias químicas presentes em suas folhas, incluindo terpenos, flavonoides e taninos. Esses constituintes químicos não apenas conferem aroma e sabor característicos às infusões, mas também estão associados a uma série de propriedades biológicas, farmacológicas e terapêuticas, entre as quais se destacam os efeitos antioxidantes e estimulantes. A complexidade química desses extratos, especialmente das substâncias voláteis presentes nos óleos

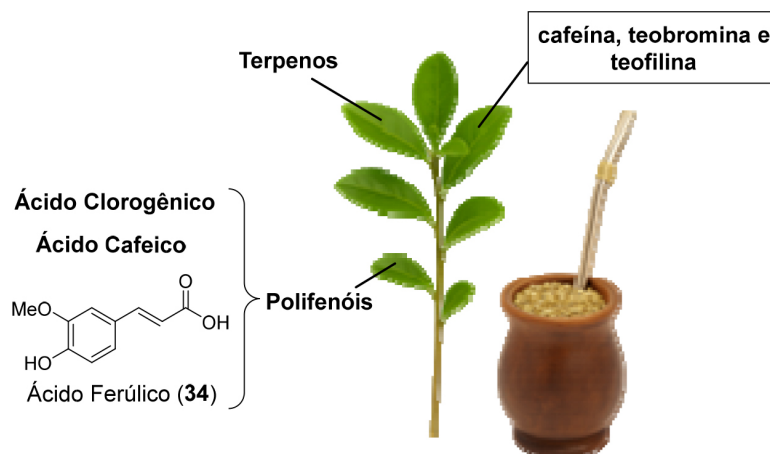


Figura 7. Algumas substâncias presentes na infusão de erva-mate

essenciais, contribui para uma experiência sensorial rica e potencialmente benéfica à saúde.

É comum, no uso cotidiano, que o termo “chá” seja aplicado para designar qualquer bebida obtida por infusão de plantas, como no caso do “chá de camomila”. No entanto, do ponto de vista técnico, a denominação “chá” deve ser reservada exclusivamente às infusões preparadas a partir das folhas da planta *C. sinensis*. As demais bebidas, embora amplamente consumidas e culturalmente relevantes, devem ser corretamente referidas como infusões de ervas ou tisanas.

Vale destacar que, apesar de também ser preparado por infusão, o café é uma bebida que não se enquadra na definição de chá, uma vez que é obtido a partir das sementes torradas e moídas da planta *Coffea spp.* Assim, embora compartilhe alguns atributos sensoriais e fisiológicos com o chá, o café constitui uma categoria própria dentro das bebidas estimulantes.

Portanto, reconhecer a riqueza química e empregar a terminologia adequada para essas preparações obtidas de produtos naturais é fundamental para promover uma compreensão mais precisa de suas propriedades, usos e significados culturais, reforçando o papel da ciência na valorização do conhecimento tradicional e na qualificação do consumo cotidiano.

Agradecimentos

Agradecemos as bolsas concedidas pela FAPERJ sob o número E-26/010.101106/2018, FAOERJ Pensa Rio E-26/010/00168/2015, FAPERJ CNE E-26/203.954/2024 – BOLSA, CNPq bolsa 1A 301873/2019-4 e CAPES (Código de fomento 001).

Referências Bibliográficas

- Davis, C. C.; Choisy, P.; Medicinal plants meet modern biodiversity science. *Current Biology* **2024**, *34*, R158. [Crossref] [PubMed]
- Khan, M. S. A.; Ahmad, I.; Em *New Look to Phytomedicine*; Khan, M. S. A.; Ahmad, I.; Chattopadhyay, D., eds.; Academic Press: Cambridge, 2019, cap. 1.
- Petrovska, B. B.; Historical review of medicinal plants' usage. *Pharmacognosy Review* **2012**, *6*, 1. [Crossref] [PubMed]
- Dar, R. A.; Shah Nawaz, M.; Qazi, P. H.; Natural product medicines: A literature update. *The Journal of Phytopharmacology* **2017**, *6*, 349. [Crossref]
- Ukers, W. H.; Em *All About Tea*; Ukers, W. H., eds.; Hyperion Press: Westport, 1994, cap. 1.
- a) Azwanida, N. N.; A review on the extraction methods use in medicinal plants, principle, strength and limitation. *Medicinal and Aromatic Plants* **2015**, *4*, 196. [Crossref] b) Bitwell, C.; Indra, S. S.; Luke, C.; Kakoma, M. K.; A review of modern and conventional extraction techniques and their applications for extracting phytochemicals from plants. *Scientific African* **2023**, *19*, e01585. [Crossref]
- Lorenzi, H.; Abreu Matos, F. J. A.; *Plantas Medicinais no Brasil: Nativas e Exóticas*, 1a. ed., Instituto Plantarum: Nova Odessa, 2003.
- a) Posadzki, P.; Watson, L. K.; Ernst, E.; Adverse effects of herbal medicines: an overview of systematic reviews. *Clinical Medicine* **2013**, *13*, 7. [Crossref] [PubMed] b) Hudson, A.; Lopez, E.; Almalki, A. J.; Roe, A. L.; Calderón, A. I.; A Review of the Toxicity of Compounds Found in Herbal Dietary Supplements. *Planta Medica* **2018**, *84*, 613. [Crossref] [PubMed]
- Ridker, P. M.; Toxic Effects of Herbal Teas. *Archives of Environmental Health: An International Journal* **1987**, *42*, 133. [Crossref] [PubMed]
- Ministério da Saúde. Disponível em: <https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/svs/1/1998/prt0519_26_06_1998.html>. Acesso em: 19 dezembro 2025.
- Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Disponível em: <<https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/noticias-anvisa/2025/anvisa-aprova-novo-marco-para-medicamentos-fitoterapicos-no-brasil>>. Acesso em: 19 dezembro 2025.
- Mukhtar, H.; Ahmad, N.; Mechanism of cancer chemopreventive

- activity of green tea. *Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine* **1999**, 220, 234. [Crossref] [PubMed]
13. Benn, J. A.; *Tea in China: A Religious and Cultural History*, University of Hawai'i Press: Honolulu, 2015.
 14. Pan, S.; Nie, Q.; Tai, H.; Song, X.; Tong, Y.; Zhang, L.; Wu, X.; Lin, Z.; Zhang, Y.; Ye, D.; Zhang, Y.; Wang, X.; Zhu, P.; Chu, Z.; Yu, Z.; Liang, C.; Tea and tea drinking: China's outstanding contributions to the mankind. *Chinese Medicine* **2022**, 17, 1. [Crossref] [PubMed]
 15. Chu, D.-C.; *Em Chemistry and applications of green tea*; Juneja, L. R.; Chu, D.-C.; Kim M., eds.; CRC Press: Boca Raton, 1997, cap. 1.
 16. Organização das Nações Unidas. Disponível em: <<https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/b93f03e3-ff94-465a-bfe4-fc4d3d03c0ac/content>>. Acesso em: 01 julho 2025.
 17. Braibante, M. E. F.; Silva, D.; Braibante, H. T. S.; Pazinato, M. S.; A Química dos Chás. *Química Nova na Escola* **2014**, 36, 168. [Crossref]
 18. Duke, J. A.; Bogenschutz-Godwin, M. J.; duCellier, J.; Duke, P.-A. K.; *Em Handbook of Medicinal Herbs*, 2a. ed., CRC Press: Boca Raton, 2002.
 19. Chan, E. W. C.; Soh, E. Y.; Tie, P. P.; Law, Y. P.; Antioxidant and antibacterial properties of green, black, and herbal teas of *Camellia sinensis*. *Pharmacognosy Research* **2011**, 3, 266. [Crossref] [PubMed]
 20. Senanayake, S. P. J. N.; Green tea extract: Chemistry, antioxidant properties and food applications - A review. *Journal of Functional Foods* **2013**, 5, 1529. [Crossref]
 21. Chaturvedula, V. S. P.; Prakash, I.; The aroma, taste, color and bioactive constituents of tea. *Journal of Medicinal Plants Research* **2011**, 5, 2110. [Link]
 22. Nawrot, P.; Jordan, S.; Eastwood, J.; Rotstein, J.; Hugenholtz, A.; Feeley, M.; Effects of caffeine on human health. *Food Additives and Contaminants* **2003**, 20, 1. [Crossref] [PubMed]
 23. Gardner, E. J.; Ruxton, C. H. S.; Leeds, A. R.; Black tea—helpful or harmful? A review of the evidence. *European Journal of Clinical Nutrition* **2006**, 61, 3. [Crossref] [PubMed]
 24. Market Research Future. Disponível em: <https://www.marketresearchfuture.com/reports/tea-market-2155?utm_term=&utm_campaign=&utm_source=adwords&utm_medium=ppc&hsa_acc=2893753364&hsa_cam=19912237177&hsa_grp=148712481999&hsa_ad=659589502539&hsa_src=g&hsa_tgt=dsa-2081392597671&hsa_kw=&hsa_mt=&hsa_net=adwords&hsa_ver=3&gad_source=1>. Acesso em: 01 julho 2025.
 25. Sirisa-Ard, P.; Peerakam, N.; Sutheeponhwirot, S.; Shimamura, T.; Kiatkarun, S.; Biological Evaluation and Application of Fermented Miang (*Camellia sinensis* Var. *assamica* (J. W. Mast.) Kitam.) for Tea Production. *Journal of Food and Nutrition Research* **2017**, 5, 48. [Crossref]
 26. Harbowy, M. E.; Balentine, D. A.; Davies, A. P.; Cai, Y.; Tea Chemistry. *Critical Reviews in Plant Sciences*, **1997**, 16, 415. [Crossref]
 27. Panche, A. N.; Diwan, A. D.; Chandra, S. R.; Flavonoids: an overview. *Journal of Nutritional Science* **2016**, 47. [Crossref] [PubMed] Erratum in: *Journal of Nutritional Science* **2025**, 14, e11. [Crossref] [PubMed]
 28. Isemura, M.; Catechin in Human Health and Disease. *Molecules* **2019**, 24, 528. [Crossref] [PubMed]
 29. Bernatoniene, J.; Kopustinskiene, D. M.; The Role of Catechins in Cellular Responses to Oxidative Stress. *Molecules* **2018**, 23, 965. [Crossref] [PubMed]
 30. Yamanishi, T.; Flavor of tea. *Food Reviews International* **1995**, 11, 477. [Crossref]
 31. Graham, H. N.; Green tea composition, consumption, and polyphenol chemistry. *Preventive Medicine* **1992**, 21, 334. [Crossref] [PubMed]
 32. Velayutham, P.; Babu, A.; Liu, D.; Green tea catechins and cardiovascular health: an update. *Current Medicinal Chemistry* **2008**, 15, 1840. [Crossref] [PubMed]
 33. Zaveri, N. T.; Green tea and its polyphenolic catechins: medicinal uses in cancer and noncancer applications. *Life Sciences* **2006**, 78, 2073. [Crossref] [PubMed]
 34. Alves, A. B.; Bragagnolo, N.; Simultaneous determination of theobromine, theophylline and caffeine in teas by high performance liquid chromatography. *Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas* **2002**, 38, 239. [Crossref]
 35. Ashihara, H.; Crozier, A.; Caffeine: a well-known but little mentioned compound in plant science. *Trends in Plant Science* **2001**, 6, 407. [Crossref] [PubMed]
 36. Nehlig, A.; Interindividual differences in caffeine metabolism and factors driving caffeine consumption. *Pharmacological Reviews* **2018**, 70, 384. [Crossref] [PubMed]
 37. van Dam, R. M.; Hu, F. B.; Willett, W. C.; Coffee, Caffeine, and Health. *The New England Journal of Medicine* **2020**, 383, 369. [Crossref] [PubMed]
 38. Peres, L. G.; Brandão, V. B.; Rezende, A. J.; Teobromina, Substância Encontrada no Cacau. *Revista JRG de Estudos Acadêmicos* **2018**, 1, 48. [Crossref]
 39. Dashwood, R.; Visioli, F.; L-theanine: From tea leaf to trending supplement – does the science match the hype for brain health and relaxation? *Nutrition Research* **2025**, 134, 39. [Crossref] [PubMed]
 40. Wang, C.; Han, J.; Pu, Y.; Wang, X.; Tea (*Camellia sinensis*): A Review of Nutritional Composition, Potential Applications, and Omics Research. *Applied Sciences* **2022**, 12, 5874. [Crossref]
 41. Caballero-Gallardo, K.; Quintero-Rincón, P.; Olivero-Verbel, J.; Aromatherapy and Essential Oils: Holistic Strategies in Complementary and Alternative Medicine for Integral Wellbeing. *Plants* **2025**, 14, 400. [Crossref]
 42. Raal, A.; Arak, E.; Orav, A.; Ivask, K.; Comparación de aceites esenciales de *Matricaria recutita* L. de origen diverso. *Ars Pharmaceutica* **2003**, 44, 159. [Crossref]

43. Singh, O.; Khanam, Z.; Misra, N.; Srivastava, M.; Chamomile (*Matricaria chamomilla* L.): An overview. *Pharmacognosy Reviews* **2011**, *5*, 82. [Crossref] [PubMed]
44. Akram, W.; Ahmed, S.; Rihan, M.; Arora, S.; Khalid, M.; Ahmad, S.; Ahmad, F.; Haque, S.; Vashishth, R.; An updated comprehensive review of the therapeutic properties of Chamomile (*Matricaria chamomilla* L.). *International Journal of Food Properties* **2024**, *27*, 133. [Crossref]
45. Orav, A.; Raal, A.; Arak, E.; Content and composition of the essential oil of *Chamomilla recutita* (L.) Rauschert from some European countries. *Natural Product Research* **2009**, *24*, 48. [Crossref] [PubMed]
46. Sánchez, M.; González-Burgos, E.; Gómez-Serranillos, M. P.; The pharmacology and clinical efficacy of *matricaria recutita* L.: a systematic review of *in vitro*, *in vivo* studies and clinical trials. *Food Reviews International* **2022**, *38*, 1668. [Crossref]
47. Mihaoui, A. E.; da Silva, J. C. G. E.; Charfi, S.; Castillo, M. E. C.; Lamarti, A.; Arnao, M. B.; Chamomile (*Matricaria chamomilla* L.): A Review of Ethnomedicinal Use, Phytochemistry and Pharmacological Uses. *Life* **2022**, *12*, 479. [Crossref] [PubMed]
48. Dai, Y.-L.; Li, Y.; Wang, Q.; Niu, F.-J.; Li, K.-W.; Wang, Y.-Y.; Wang, J.; Zhou, C.-Z.; Gao, L.-N.; Chamomile: A Review of Its Traditional Uses, Chemical Constituents, Pharmacological Activities and Quality Control Studies. *Molecules* **2023**, *28*, 133. [Crossref] [PubMed]
49. Das, S.; Horváth, B.; Šafranko, S.; Oliveira, S.; Széchenyi, A.; Kőszegi, T.; Antimicrobial Activity of Chamomile Essential Oil: Effect of Different Formulations. *Molecules* **2019**, *24*, 4321. [Crossref] [PubMed]
50. Stanojevic, L. P.; Marjanovic-Balaban, Z. R.; Kalaba, V. D.; Stanojevic, J. S.; Cvetkovic, D. J.; Chemical Composition, Antioxidant and Antimicrobial Activity of Chamomile Flowers Essential Oil (*Matricaria chamomilla* L.). *Journal of Essential Oil Bearing Plants* **2016**, *19*, 2017. [Crossref]
51. Akbaş, M. N.; Akçakaya, A.; Kartal, M.; Palliative Care and Phytotherapy in Patients with Cancer. *Bezmialem Science* **2023**, *11*, 132. [Crossref]
52. McKay, D. L.; Blumberg, J. B.; A Review of the bioactivity and potential health benefits of chamomile tea (*Matricaria recutita* L.). *Phytotherapy Research* **2006**, *20*, 519. [Crossref] [PubMed]
53. Das, M.; Ram, G.; Singh, A.; Mallavarapu, G. R.; Ramesh, S.; Ram, M.; Kumar, S.; Volatile constituents of different plant parts of *Chamomilla recutita* L. Rausch grown in the Indo-Gangetic plains. *Flavour and Fragrance Journal* **2002**, *17*, 9. [Crossref]
54. Ghamchini, V. M.; Salami, M.; Mohammadi, G. R.; Moradi, Z.; Kavosi, A.; Movahedi, A.; Bidkhor, M.; Aryaeefar, M. R.; The Effect of Chamomile Tea on Anxiety and Depression in Cancer Patients Treated with Chemotherapy. *Journal of Young Pharmacists* **2019**, *11*, 309. [Crossref]
55. Chang, S. M.; Chen, C. H.; Effects of an intervention with drinking chamomile tea on sleep quality and depression in sleep disturbed postnatal women: A randomized controlled trial. *Journal of Advanced Nursing* **2016**, *72*, 306. [Crossref] [PubMed]
56. Data Bridge Market Research. Disponível em: <https://www.databridgemarketresearch.com/reports/global-chamomile-herbal-tea-market?srsId=AfmBOoouZGpBDsaYPp_s6zbsJ7bLgPLcx6Lt85s6XsTr3RmrQybxmQhQ>. Acesso em: 12 agosto 2025.
57. Future Market Insights. Disponível em: <<https://www.futuremarketinsights.com/reports/chamomile-oil-market#:~:text=The%20global%20chamomile%20oil%20market,in%20skin%20and%20hair%20formulations>>. Acesso em 12 agosto 2025.
58. Maurya, A.; Sharma, R.; Yadav, H. Mandal, D.; Shukla, A. C.; Em *Advances in Medicinal and Aromatic Plants*, vol. 2: Production, Processing, and Pharmaceutics; Shukla, A. C.; Facknath, S.; Mandal, D.; Montanari, B., eds.; Apple Academic Press: New York, 2024, cap. 1.
59. Samber, N.; Khan, A.; Varma, A.; Manzoor, N.; Synergistic anti-candidal activity and mode of action of *Mentha piperita* essential oil and its major components. *Pharmaceutical Biology* **2015**, *53*, 1496. [Crossref] [PubMed]
60. Thawkar, B. S.; Jawarkar, A. G.; Kalamkar, P. V.; Pawar, K. P.; Kale, M. K.; Phytochemical and pharmacological review of *Mentha arvensis*. *International Journal of Green Pharmacy* **2016**, *10*, 71. [Link]
61. Monteiro, J. M.; Albuquerque, U. P.; Araújo, E. L.; Amorim, E. L. C.; Tannins: from chemistry to ecology. *Química Nova* **2005**, *28*, 892. [Crossref]
62. Salehi, B.; Stojanović-Radić, Z.; Matejić, J.; Sharopov, F.; Antolak, H.; Kręgiel, D.; Sen, S.; Sharifi-Rad, M.; Acharya, K.; Sharifi-Rad, R.; Martorell, M.; Sureda, A.; Martins, N.; Sharifi-Rad, J.; Plants of Genus *Mentha*: From Farm to Food Factory. *Plants* **2018**, *7*, 70. [Crossref] [PubMed]
63. Hussain, A. I.; Anwar, F.; Nigam, P. S.; Ashraf, M.; Gilani, A. H.; Seasonal variation in content, chemical composition and antimicrobial and cytotoxic activities of essential oils from four *Mentha* species: Biological activities of *Mentha* essential oils. *Journal of the Science of Food and Agriculture* **2010**, *90*, 1827. [Crossref] [PubMed]
64. Farco, J. A.; Grundmann, O.; Menthol – pharmacology of an important naturally medicinal “cool”. *Mini-Reviews in Medicinal Chemistry* **2013**, *13*, 124. [Crossref] [PubMed]
65. Eccles, R.; Menthol and related cooling compounds. *Journal of Pharmacy and Pharmacology* **1994**, *46*, 618. [Crossref] [PubMed]
66. Business Research Insights. Disponível em: <<https://www.businessresearchinsights.com/pt/market-reports/natural-and-synthetic-menthol-market-100721#:~:text=O%20mercado%20global%20de%20mentol%20natural%20e.que%20pode%20>>

- ser%20feito%20artificialmente%20ou%20organicamente>.
Acesso em: 15 agosto 2025.
67. Hoch, C. C.; Petry, J.; Griesbaum, L.; Weiser, T.; Werner, K.; Ploch, M.; Verschoor, A.; Multhoff, G.; Dezfouli, A. B.; Wollenberg, B.; 1,8-cineole (eucalyptol): A versatile phytochemical with therapeutic applications across multiple diseases. *Biomedicine and Pharmacotherapy* **2023**, *167*, 115467. [Crossref] [PubMed]
68. Bouyahya, A.; Mechchate, H.; Benali, T.; Ghchime, R.; Charfi, S.; Balahbib, A.; Burkov, P.; Shariati, M. A.; Lorenzo, J. M.; Omari, N. E.; Health Benefits and Pharmacological Properties of Carvone. *Biomolecules* **2021**, *11*, 1803. [Crossref] [PubMed]
69. Wang, H.; Lu, Q.; Chen, X.; Qian, Y.; Qian, B.; Tan, H.; Global trends and biological activity hotspots of d-limonene in essential oils: a 30-year bibliometric study. *Naunyn-Schmiedeberg's Arch Pharmacol* **2025**, *398*, 5491. [Crossref] [PubMed]
70. McKay, D. L.; Blumberg, J. B.; A review of the bioactivity and potential health benefits of peppermint tea (*Mentha piperita* L.). *Phytotherapy Research* **2006**, *20*, 619. [Crossref] [PubMed]
71. Buleandra, M.; Oprea, E.; Popa, D. E.; David, J. G.; Moldovan, Z.; Mihai, I.; Badea, I. A.; Comparative Chemical Analysis of *Mentha piperita* and *M. spicata* and a Fast Assessment of Commercial Peppermint Teas. *Natural Product Communications* **2016**, *11*, 551. [Crossref] [PubMed]
72. Heck, C. I.; De Mejia, E. G.; Yerba Mate Tea (*Ilex paraguariensis*): A Comprehensive Review on Chemistry, Health Implications, and Technological Considerations. *Journal of Food Science* **2007**, *72*, R138. [Crossref] [PubMed]
73. Kujawska, M.; Yerba Mate (*Ilex paraguariensis*) Beverage: Nutraceutical Ingredient or Conveyor for the Intake of Medicinal Plants? Evidence from Paraguayan Folk Medicine. *Evidence-based Complementary and Alternative Medicine* **2018**, *2018*, 1. [Crossref] [PubMed]
74. Sindicato da Indústria do Mate do Estado do Rio Grande do Sul. Disponível em: <<https://www.sindimate.org.br/processo-historico>>. Acesso em: 23 agosto 2025.
75. Gascón, M.; Rutas y flujo de recursos económicos entre Paraguay y Cuyo del reino de Chile (1580-1700). *Anuário de Estudios Americanos* **2017**, *74*, 439. [Crossref]
76. Nimmo, E.; Nogueira, J.; Creating hybrid scientific knowledge and practice: the Jesuit and Guaraní cultivation of yerba mate. *Canadian Journal of Latin American and Caribbean Studies / Revue canadienne des études latino-américaines et caraïbes* **2019**, *44*, 347. [Crossref]
77. Corrêa, A.; Ketzer, F.; Patias, T.; Sustainability Index in the Yerba Mate Industry in Southern Brazil. *Food Analytical Methods* **2025**, *18*, 487. [Crossref]
78. The Business Research Company. Disponível em: <<https://www.thebusinessresearchcompany.com/report/yerba-mate-ilex-paraguariensis-global-market-report%20acesso%20em%2015/07/2025>>. Acesso em: 22 agosto 2025.
79. Westphalen, D. J.; Angelo, A. C.; Rossa, U. B.; Radetski, C. M.; Gomes, E. N.; Phytochemical composition of yerba mate leaves (*Ilex paraguariensis*) and its relation with cultivation conditions. *Revista Brasileira De Plantas Medicinai* **2020**, *22*, 99. [Crossref]
80. Burris, K. P.; Harte, F. M.; Davidson, P. M. Stewart Jr., C. N.; Composition and bioactive properties of Yerba Mate (*Ilex paraguariensis* A. St.-Hil.): A review. *Chilean Journal of Agricultural Research* **2012**, *72*, 268. [Crossref]