

Composição bioativa e riscos à saúde associados ao consumo de bebidas energéticas: uma revisão científica abrangente

Bioactive Composition and Health Risks Associated with Energy Drink Consumption: A Comprehensive Scientific Review

DOI 10.5281/zenodo.18089414

519

Hugo Christiano Soares Melo ¹

Saulo Gonçalves Pereira ²

Resumo: As bebidas energéticas tornaram-se cada vez mais populares em todo o mundo, especialmente entre jovens que buscam melhora no desempenho e redução da fadiga. Contudo, o consumo crescente desses produtos tem levantado preocupações devido à presença de compostos bioativos, como cafeína, taurina, guaraná, ginseng, vitaminas do complexo B, adoçantes artificiais, glucuronolactona, minerais e eletrólitos. Esses ingredientes, quando ingeridos em excesso ou combinados, podem comprometer a saúde cardiovascular, neurológica e metabólica. Este estudo consiste em uma revisão descritiva da literatura baseada em artigos obtidos nas bases PubMed, Connected Papers e Consensus, utilizando palavras-chave como “Bebidas Energéticas”, “Composição Nutricional” e “Riscos à Saúde”. Não foram aplicadas restrições de período de publicação, permitindo incluir tanto estudos clássicos quanto pesquisas recentes, de forma a oferecer uma visão abrangente sobre os potenciais efeitos adversos do consumo dessas bebidas. Os resultados indicam que a cafeína é o composto mais preocupante, associado a insônia, ansiedade, aumento da pressão arterial e arritmias. A taurina e o guaraná podem potencializar esses efeitos, enquanto o ginseng, embora adaptogênico, pode causar desequilíbrios cardiovasculares e metabólicos em doses elevadas. O consumo excessivo de vitaminas do complexo B, adoçantes artificiais e glucuronolactona está relacionado a distúrbios metabólicos, problemas gastrointestinais e efeitos neurotóxicos. Minerais e eletrólitos, apesar

¹ Doutor em Genética e Bioquímica pela Universidade Federal de Uberlândia, UFU, Brasil. Docente na Faculdade Patos de Minas, em Patos de Minas - MG, coordenar o Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos (CEP/FPM) e editor-chefe das conceituadas revistas "Psicologia e Saúde em Debate" e "Scientia Generalis" email: hugo.some@gmail.com

² Biólogo, Pedagogo, Especialista em Gestão Ambiental. Mestre e Doutor em Saúde Animal. Faculdade Patos de Minas e UNIK, Orcid: 0000-0001-7623-1890 e-mail: saulopereira2907@gmail.com

Recebido em: 01 /10/2025

Aprovado em: 29/12/2025

Sistema de Avaliação: *Double Blind Review*



de essenciais, podem provocar desequilíbrios hidroeletrolíticos, aumentando os riscos cardiovasculares e neuromusculares. Ensaios clínicos reforçam esses achados, demonstrando associação entre bebidas energéticas e prolongamento do intervalo QTc, hipertensão, transtornos psiquiátricos e comportamentos de risco quando combinadas com álcool. Conclui-se que, embora comercializadas como estimulantes de desempenho, as bebidas energéticas representam riscos significativos à saúde quando consumidas em excesso. A conscientização pública, regulamentações mais rigorosas e pesquisas adicionais são fundamentais para garantir um consumo mais seguro e reduzir os efeitos adversos a longo prazo.

Palavras chave: Bebidas Energéticas; Cafeína; Taurina; Eletrólitos.

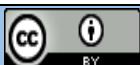
520

Abstract: Energy drinks have become increasingly popular worldwide, especially among young people seeking enhanced performance and reduced fatigue. However, their growing consumption has raised health concerns due to the presence of bioactive compounds such as caffeine, taurine, guaraná, ginseng, B-complex vitamins, artificial sweeteners, glucuronolactone, minerals, and electrolytes. These ingredients, when consumed in excess or in combination, may compromise cardiovascular, neurological, and metabolic health. This study is a descriptive literature review based on articles retrieved from PubMed, Connected Papers, and Consensus, using keywords such as "Energy Drinks," "Nutritional Composition," and "Health Risks." No restrictions regarding publication year were applied, allowing the inclusion of both classical and recent studies to provide a comprehensive overview of the potential adverse effects of energy drink consumption. The results indicate that caffeine is the most concerning compound, associated with insomnia, anxiety, increased blood pressure, and arrhythmias. Taurine and guaraná may potentiate these effects, while ginseng has adaptogenic potential but can cause cardiovascular and metabolic imbalances at high doses. Excessive intake of B-complex vitamins, artificial sweeteners, and glucuronolactone has also been linked to metabolic disturbances, gastrointestinal problems, and neurotoxic effects. Minerals and electrolytes, though essential, can cause hydroelectrolytic imbalances, leading to cardiovascular and neuromuscular risks. Clinical trials reinforce these findings, showing associations between energy drink consumption and QTc prolongation, hypertension, psychiatric disorders, and risky behaviors when combined with alcohol. In conclusion, although marketed as performance enhancers, energy drinks pose significant health risks when consumed excessively. Public awareness, regulatory measures, and further research are essential to ensure safer consumption and minimize long-term adverse effects.

Keywords: Energy Drinks; Caffeine; Taurine; Electrolytes.

1. Introdução

As bebidas energéticas emergiram nas últimas décadas como produtos amplamente consumidos, especialmente entre jovens e adultos que buscam aumento de energia, melhora do desempenho físico e mental, e redução da fadiga. Essas bebidas são frequentemente



comercializadas como soluções rápidas para a exaustão e como auxiliares na melhoria da concentração e desempenho físico. No entanto, o consumo crescente dessas bebidas tem levantado preocupações significativas sobre os possíveis efeitos adversos à saúde associados aos seus ingredientes ativos.

O mercado global de bebidas energéticas tem apresentado um crescimento notável. Em 2022, o mercado foi avaliado em aproximadamente 65,55 bilhões de dólares, com uma taxa de crescimento anual composta (CAGR) de 7,5% prevista para o período de 2022 a 2032, projetando-se alcançar 135,25 bilhões de dólares até 2032 (GLOBAL ENERGY DRINK MARKET, [s. d.]). Outro estudo estima que o mercado atingiu 70,12 bilhões de dólares em 2023, com uma expectativa de crescimento a uma taxa de 7,99% entre 2024 e 2031 (Ashim L., 2024). Esses números refletem a popularidade crescente dessas bebidas em diversas regiões do mundo.

O consumo de bebidas energéticas é particularmente prevalente entre adolescentes e jovens adultos. Estudos indicam que quase metade dos jovens entre 14 e 18 anos consomem essas bebidas regularmente (Oliver, 2024). A atratividade dessas bebidas para essa faixa etária é frequentemente atribuída a estratégias de marketing agressivas que associam seu consumo a estilos de vida ativos e de alto desempenho. Além disso, a combinação de bebidas energéticas com álcool tem sido uma prática comum, aumentando os riscos à saúde devido à potencial mascaramento dos efeitos do álcool, levando ao consumo excessivo (Manzini, 2022).

A composição química das bebidas energéticas é um dos principais fatores de preocupação. Essas bebidas geralmente contêm altas concentrações de cafeína, taurina, glucuronolactona, vitaminas do complexo B, açúcar e, em alguns casos, extratos de plantas como o guaraná. O consumo excessivo de cafeína, um dos principais componentes das bebidas energéticas, está associado a diversos efeitos adversos à saúde. Entre eles, destacam-se a ansiedade, tremores, aumento da pressão arterial e distúrbios do sono (Santos; Souza; Santos, 2017). Além disso, a ingestão de altas doses de cafeína pode levar à dependência física, com sintomas de abstinência como dores de cabeça, fadiga e irritabilidade (Juliano; Griffiths, 2004).

A taurina, outro componente comum das bebidas energéticas, tem sido objeto de estudos devido aos seus possíveis efeitos no sistema cardiovascular. Embora alguns estudos sugiram que a taurina possa ter efeitos benéficos, como a redução da pressão arterial, outros apontam para possíveis riscos, especialmente quando consumida em grandes quantidades ou em combinação com outros estimulantes (Wei *et al.*, 2024).

A glucuronolactona, presente em muitas bebidas energéticas, é uma substância sobre a qual há poucas informações disponíveis em relação aos seus efeitos a longo prazo no organismo. Embora seja geralmente considerada segura, a falta de estudos conclusivos levanta preocupações sobre seu consumo em altas doses, especialmente quando combinado com outros ingredientes ativos presentes nas bebidas energéticas (Reissig; Strain; Griffiths, 2009).

Estudos têm associado o consumo frequente de bebidas energéticas a diversos problemas de saúde. Entre os efeitos adversos relatados estão distúrbios do sono, aumento da pressão arterial, arritmias cardíacas e problemas gastrointestinais (Yonamine; Teng, 2020).

Além disso, há evidências de que o consumo dessas bebidas pode levar a comportamentos de risco, como aumento da propensão ao consumo de álcool e outras substâncias, bem como envolvimento em atividades perigosas (Teng, 2019). A combinação de bebidas energéticas com álcool é uma prática particularmente preocupante. Essa mistura pode mascarar os efeitos depressivos do álcool, levando os indivíduos a subestimarem seu nível de intoxicação e, consequentemente, a consumirem quantidades maiores de álcool. Essa combinação está associada a um aumento no risco de acidentes, comportamentos violentos e outros problemas relacionados ao consumo excessivo de álcool (Manzini, 2022).

Diante do crescente consumo de bebidas energéticas e das evidências que apontam para possíveis riscos à saúde, é essencial que consumidores, profissionais de saúde e formuladores de políticas estejam cientes dos potenciais efeitos adversos associados a essas bebidas. A educação sobre o consumo responsável e a promoção de hábitos de vida saudáveis são fundamentais para mitigar os riscos associados ao consumo excessivo de bebidas energéticas.

Embora as bebidas energéticas sejam amplamente consumidas e promovidas por seus efeitos estimulantes, é crucial considerar os potenciais malefícios associados ao seu consumo. A conscientização sobre os riscos e a promoção de práticas de consumo responsáveis são passos importantes para garantir a saúde e o bem-estar dos indivíduos, especialmente entre as populações mais jovens que são os principais consumidores dessas bebidas.

2. Metodologia

Este estudo é uma revisão descritiva da literatura baseada em artigos com relevância em relação ao tema investigado. A busca por referências foi realizada nas bases de dados PubMed e ferramentas como Connected Papers e Consensus, utilizando palavras-chave associadas ao assunto, tais como “Bebidas Energéticas”, “Repositores Energéticos”, “Composição de

Alimentos” e “Riscos à Saúde”. Esses termos foram escolhidos com base na terminologia padronizada dos Descritores em Ciências da Saúde (DeCS/MeSH – Medical Subject Headings), permitindo a identificação dos principais impactos negativos relacionados ao consumo dessas bebidas.

Com o objetivo de incluir tanto os estudos clássicos quanto as publicações mais recentes, não foram aplicadas restrições quanto ao período de publicação dos artigos. Essa abordagem possibilitou uma revisão ampla e diversificada da literatura científica disponível, garantindo uma visão abrangente dos potenciais riscos associados às bebidas energéticas.

523

3. Resultados

3.1 Cafeína

A cafeína é um alcaloide pertencente ao grupo das metilxantinas, sendo amplamente consumida em diversas formas, incluindo café, chá, refrigerantes, medicamentos e bebidas energéticas. Quimicamente definida como 1,3,7-trimetilxantina, sua estrutura molecular permite interações significativas com receptores celulares, influenciando vários processos fisiológicos (Abu-Hashem *et al.*, 2024; Lima; Farah, 2019). A presença da cafeína nas bebidas energéticas tem sido um fator de preocupação devido ao seu consumo excessivo, especialmente entre adolescentes e jovens adultos, e seus possíveis efeitos adversos (Saraiva *et al.*, 2023; Rodak; Kokot; Kratz, 2021).

Após a ingestão, a cafeína é rapidamente absorvida pelo trato gastrointestinal, alcançando seu pico plasmático entre 30 a 60 minutos. Sua meia-vida varia entre 3 e 6 horas, sendo metabolizada principalmente pelo sistema enzimático citocromo P450 1A2 (CYP1A2) no fígado, resultando em três metabólitos principais: paraxantina, teobromina e teofilina. Essas substâncias modulam processos fisiológicos relacionados à estimulação do sistema nervoso central e ao metabolismo energético (Lima; Farah, 2019; Barcelos *et al.*, 2020).

A principal ação da cafeína ocorre por meio do antagonismo competitivo aos receptores de adenosina A1 e A2A, resultando no aumento da liberação de neurotransmissores como dopamina e norepinefrina. Esse mecanismo é responsável pelos efeitos de alerta, melhora da cognição e aumento da capacidade de resistência à fadiga (Rodak; Kokot; Kratz, 2021; Saraiva *et al.*, 2023). Entretanto, sua ação prolongada pode levar a sintomas de ansiedade, insônia e

alterações na frequência cardíaca, especialmente em indivíduos sensíveis (Magkos; Kavouras, 2005).

No sistema cardiovascular, a cafeína apresenta efeitos inotrópicos e cronotrópicos positivos, elevando a força de contração do miocárdio e a frequência cardíaca. Esses efeitos ocorrem devido à inibição da fosfodiesterase, levando ao acúmulo de AMP cíclico e aumentando a vasoconstricção periférica. Embora o consumo moderado possa apresentar benefícios, altas doses podem estar associadas ao risco de arritmias e hipertensão (Astrup *et al.*, 1990; Sachs; Förster, 1984).

524

As bebidas energéticas contêm concentrações variáveis de cafeína, geralmente entre 80 mg e 300 mg por porção de 250 ml. Algumas marcas incluem fontes adicionais de cafeína, como guaraná e extratos de chá verde, potencializando seus efeitos estimulantes (Saraiva *et al.*, 2023; Rodak; Kokot; Kratz, 2021). O consumo elevado dessas bebidas pode resultar em efeitos adversos devido à interação sinérgica entre a cafeína e outros compostos estimulantes (Chanthick; Thongboonkerd, 2019; Barcelos *et al.*, 2020).

Os impactos do consumo excessivo de cafeína incluem alterações metabólicas, como aumento da glicogenólise, lipólise e termogênese, podendo levar a um estado de excitação fisiológica sustentada (Spriet *et al.*, 1992; Graham, 2001). Estudos apontam que a ingestão crônica e elevada de cafeína pode aumentar o risco de doenças cardiovasculares, diabetes tipo 2 e disfunções hepáticas, especialmente em indivíduos geneticamente predispostos (Lima; Farah, 2019; Emanuel *et al.*, 2017).

A dependência à cafeína também é um fator de preocupação. Sintomas de abstinência, como cefaleia, fadiga e irritabilidade, são relatados em indivíduos que interrompem abruptamente seu consumo após um período prolongado de exposição (Rodak; Kokot; Kratz, 2021; Magkos; Kavouras, 2005). Além disso, estudos indicam que doses excessivas podem levar a efeitos psiconeurológicos negativos, incluindo transtornos de ansiedade e síndrome do pânico (Burdan, 2015; Okungbowa; Halim, 2013).

Populações vulneráveis, como adolescentes, gestantes e indivíduos com doenças cardiovasculares preexistentes, devem evitar a ingestão excessiva de cafeína. Em gestantes, o consumo excessivo está associado a um maior risco de abortos espontâneos e baixo peso ao nascer (Lima; Farah, 2019; Saraiva *et al.*, 2023). Em indivíduos hipertensos, a cafeína pode exacerbar os sintomas da doença e aumentar o risco de eventos cardiovasculares adversos (Astrup *et al.*, 1990; Sachs; Förster, 1984).



Diante das evidências científicas, regulamentações para limitar o consumo de bebidas energéticas entre jovens têm sido propostas em diversos países. Medidas incluem restrição da venda para menores de 16 anos e obrigatoriedade de advertências nos rótulos sobre os riscos do consumo excessivo (Rodak; Kokot; Kratz, 2021; Saraiva *et al.*, 2023). Essas políticas visam reduzir os impactos negativos da cafeína e promover escolhas mais seguras de consumo.

3.2 Taurina

525

A taurina é um aminoácido sulfurado encontrado em concentrações elevadas nos tecidos do corpo humano, especialmente no cérebro, coração, músculos e retina. Diferente de outros aminoácidos, a taurina não participa diretamente da síntese proteica, mas exerce um papel fundamental na regulação do equilíbrio osmótico, estabilização da membrana celular e sinalização neuronal (Adeva-Andany *et al.*, 2018; Yoon; Choi; Shin, 2015). A sua presença em bebidas energéticas tem sido alvo de preocupação devido ao potencial de interação com outros estimulantes, como a cafeína, e os possíveis impactos no organismo (Zhao; Li; Liu, 2015; Pérez-Hernández *et al.*, 2022).

A taurina é sintetizada endogenamente a partir da cisteína e metionina no fígado e pâncreas, mas também pode ser obtida pela dieta, estando presente em carnes, frutos do mar e laticínios (Adeva-Andany *et al.*, 2018; Wojcick *et al.*, 2010). As bebidas energéticas geralmente contêm entre 400 mg e 2000 mg de taurina por lata de 250 ml, concentrações superiores às encontradas naturalmente na alimentação humana (Yoon; Choi; Shin, 2015; Qian *et al.*, 2023). Essa ingestão elevada tem sido associada a efeitos fisiológicos diversos, especialmente quando combinada com estimulantes (Heidari; Ommati, 2023; Beyranvand *et al.*, 2011).

No sistema nervoso central, a taurina atua como neuromodulador, interagindo com receptores GABAérgicos e glicinérgicos, exercendo efeitos inibitórios que podem modular a excitabilidade neuronal (Osawa; Sato; Wake, 1977; Zhao; Li; Liu, 2015). Essa propriedade sugere um papel neuroprotetor, particularmente na prevenção de convulsões e neurodegeneração (Osawa; Sato; Wake, 1977; (SHERI *et al.*, 2021)). Entretanto, estudos apontam que a ingestão excessiva pode levar a uma desregulação na sinalização neuronal, potencializando efeitos adversos, como alterações cognitivas e psicológicas (Zhao; Li; Liu, 2015; Qian *et al.*, 2023).

A nível cardiovascular, a taurina influencia a homeostase do cálcio e regula a função miocárdica, sendo frequentemente associada à redução da pressão arterial e ao efeito protetor



contra doenças cardíacas (Yang *et al.*, 2013; Wojcick *et al.*, 2010). Contudo, pesquisas indicam que seu consumo elevado, particularmente em bebidas energéticas, pode levar a alterações no ritmo cardíaco e na resposta vascular, aumentando o risco de arritmias (Qian *et al.*, 2023; Heidari; Ommati, 2023).

A taurina também desempenha papel crucial na regeneração muscular e no metabolismo energético, contribuindo para a redução do estresse oxidativo e melhora do desempenho físico (Wei-Wei, 2005; Beyranvand *et al.*, 2011). No entanto, a exposição a altas doses pode resultar em um efeito oposto, comprometendo a recuperação muscular e induzindo desequilíbrios metabólicos (Sheri *et al.*, 2021; Qian *et al.*, 2023).

Estudos apontam que o consumo excessivo de taurina pode afetar a homeostase óssea e mineral, alterando a absorção de cálcio e o metabolismo ósseo (Sheri *et al.*, 2021; Yang *et al.*, 2013). Em indivíduos predispostos, isso pode resultar em um aumento do risco de osteoporose e fragilidade óssea (Heidari; Ommati, 2023; Pérez-Hernández *et al.*, 2022).

No contexto metabólico, pesquisas indicam que a taurina regula a gliconeogênese e influencia a homeostase da insulina, podendo ter um papel positivo na prevenção de diabetes tipo 2 (Sheri *et al.*, 2021; Qian *et al.*, 2023). Contudo, doses elevadas podem impactar negativamente a sinalização insulínica, aumentando o risco de hipoglicemia e outros distúrbios metabólicos (Yoon; Choi; Shin, 2015; Pérez-Hernández *et al.*, 2022).

A segurança do consumo prolongado de altas doses de taurina ainda é debatida. Embora considerada segura em doses moderadas, a combinação com cafeína em bebidas energéticas tem sido associada a episódios de intoxicação, efeitos cardiovasculares adversos e danos neurológicos (Wojcick *et al.*, 2010; Heidari; Ommati, 2023). Estudos adicionais são necessários para avaliar os impactos do consumo crônico e suas consequências a longo prazo (Zhao; Li; Liu, 2015; Pérez-Hernández *et al.*, 2022).

3.3 Guaraná

O guaraná (*Paullinia cupana*) é uma planta nativa da Amazônia amplamente utilizada como estimulante devido ao seu alto teor de cafeína e outros compostos bioativos, como catequinas, proantocianidinas e flavonoides (Mendes *et al.*, 2019; Torres *et al.*, 2022). Sua semente contém entre 2 a 5% de cafeína, uma concentração superior à encontrada em grãos de café, tornando-o um ingrediente comum em bebidas energéticas e suplementos alimentares (Coşkun; Sanlier, 2020; Scholley; Haskell, 2008). Essa elevada quantidade de compostos

estimulantes tem levantado preocupações quanto aos possíveis efeitos adversos do consumo excessivo de guaraná (Mattei *et al.*, 1998; Santa Maria *et al.*, 1998).

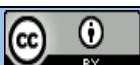
A estrutura molecular do guaraná inclui um núcleo de metilxantinas, semelhante à cafeína, além de polifenóis que conferem propriedades antioxidantes e neuroestimulantes (Yonekura *et al.*, 2016; Bittencourt *et al.*, 2013). Esses compostos interagem com receptores adenosinérgicos no sistema nervoso central, reduzindo a sensação de fadiga e aumentando a vigília (Hack *et al.*, 2023; D'angelo; Ascione, 2020). Entretanto, a modulação crônica desses receptores pode levar à dependência e a efeitos adversos sobre o sistema neurológico e cardiovascular (Talik *et al.*, 2024; Lima *et al.*, 2005).

No sistema cardiovascular, o guaraná exerce efeitos cronotrópicos e inotrópicos positivos, aumentando a frequência cardíaca e a força de contração do miocárdio (Lima *et al.*, 2018; Coşkun; Sanlier, 2020). O consumo elevado de bebidas contendo guaraná pode levar ao aumento da pressão arterial e ao risco de arritmias, especialmente em indivíduos predispostos a doenças cardiovasculares (Silveira *et al.*, 2018; Suleiman *et al.*, 2016). Estudos indicam que doses elevadas de cafeína provenientes do guaraná podem comprometer a função endotelial e aumentar a reatividade vascular, resultando em estresse cardiovascular significativo (Mattei *et al.*, 1998; Lima *et al.*, 2005).

A nível metabólico, pesquisas sugerem que o guaraná pode influenciar a homeostase lipídica e glicêmica, modulando a expressão de genes envolvidos na adipogênese e no metabolismo energético (Lima *et al.*, 2017; Bittencourt *et al.*, 2013). Embora algumas evidências apontem para efeitos benéficos na redução de triglicerídeos e melhora da sensibilidade à insulina, o consumo excessivo pode levar a desregulações metabólicas, incluindo resistência à insulina e aumento do risco de diabetes tipo 2 (Krewer *et al.*, 2011; Torres *et al.*, 2022).

No sistema nervoso central, o guaraná tem sido associado a melhorias no desempenho cognitivo, mas também a efeitos adversos, como ansiedade, insônia e irritabilidade quando consumido em excesso (HACK *et al.*, 2023); (TALIK *et al.*, 2024)). A combinação de cafeína e polifenóis pode modular a liberação de neurotransmissores, afetando processos de memória e atenção ((HASSELL *et al.*, 2007); (SCHOLEY; HASSELL, 2008)). Contudo, a exposição prolongada pode resultar em um aumento da excitabilidade neuronal, predispondo a transtornos do humor e dependência química (Torres *et al.*, 2022; Mattei *et al.*, 1998).

Estudos em modelos animais demonstram que o consumo crônico de guaraná pode alterar a microbiota intestinal, afetando a absorção de nutrientes e a sinalização inflamatória



(Silveira *et al.*, 2018; Martins *et al.*, 2014). Essas mudanças podem comprometer a integridade da barreira intestinal e contribuir para doenças metabólicas e inflamatórias (Lima *et al.*, 2018; Yonekura *et al.*, 2016). Além disso, pesquisas indicam que altas concentrações de guaraná podem induzir toxicidade hepática e renal em modelos experimentais (Fukumasu *et al.*, 2006; Santa Maria *et al.*, 1998).

Em relação à segurança do consumo, estudos sugerem que doses acima de 300 mg/dia de extrato de guaraná podem levar a efeitos adversos significativos, incluindo irritabilidade, taquicardia, cefaleia e distúrbios gastrointestinais (Talik *et al.*, 2024; Patrick *et al.*, 2019). A toxicidade aguda do guaraná em modelos experimentais revelou que doses elevadas podem causar alterações comportamentais e histopatológicas em diversos órgãos (Fukumasu *et al.*, 2006; Santa Maria *et al.*, 1998).

528

Diante das evidências científicas, especialistas recomendam precaução no consumo de bebidas energéticas contendo guaraná, especialmente entre populações vulneráveis, como adolescentes, gestantes e indivíduos com doenças cardiovasculares (Lima *et al.*, 2018; Suleiman *et al.*, 2016). A regulamentação do uso do guaraná em produtos comercializados deve ser revisada para garantir a segurança dos consumidores e minimizar os riscos associados ao consumo excessivo dessa substância (Bittencourt *et al.*, 2013; Torres *et al.*, 2022).

3.4 Ginseng

O ginseng (*Panax ginseng*) é uma raiz medicinal tradicionalmente utilizada na medicina oriental devido às suas propriedades estimulantes e adaptogênicas. Seus principais compostos ativos são os ginsenosídeos, saponinas triterpênicas que interagem com diversos sistemas fisiológicos do corpo humano (Hossain; Kim, 2022; Ratan *et al.*, 2021). Devido ao seu efeito sobre o sistema nervoso central e a circulação sanguínea, o ginseng é frequentemente incorporado em bebidas energéticas, promovendo aumento da energia e melhora da cognição (Childs, 2014; Wassef; Kohansieh; Makaryus, 2017). No entanto, o consumo excessivo pode estar associado a uma variedade de efeitos adversos, exigindo maior investigação sobre seus riscos (Costantino *et al.*, 2023); Li *et al.*, 2023).

A estrutura química dos ginsenosídeos apresenta similaridades com esteroides, o que permite que esses compostos interajam com receptores hormonais e neurotransmissores (Nah, 2014; Radad; Moldzio; Rausch, 2011). Estudos demonstram que os ginsenosídeos afetam a sinalização da adenosina monofosfato cíclico (cAMP) e da proteína quinase ativada por AMP

(AMPK), influenciando processos metabólicos, a regulação do estresse e a resposta inflamatória (Gao *et al.*, 2020)). Essas interações bioquímicas têm implicações tanto positivas quanto negativas para o organismo.

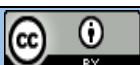
No sistema nervoso central, o ginseng é conhecido por atuar como neuroprotetor, promovendo a neurogênese e reduzindo os efeitos do estresse oxidativo (Ma; Eun; Oh, 2007; Yeo *et al.*, 2012)). Contudo, estudos apontam que doses elevadas podem resultar em hiperestimulação neuronal, levando a sintomas como ansiedade, insônia e irritabilidade (Lee *et al.*, 2012; Lee; Rhee, 2017)). Além disso, a interação com receptores de dopamina pode modular negativamente a neurotransmissão, afetando o humor e podendo contribuir para transtornos psiquiátricos em indivíduos predispostos (Kim; Kim; Shin, 2013; Norelli; Xu, 2015)).

O ginseng também influencia a homeostase cardiovascular, apresentando efeitos vasodilatadores em doses moderadas, mas potencializando o risco de hipertensão e arritmias quando consumido em excesso (Komishon *et al.*, 2016; Liu *et al.*, 2022)). O consumo crônico de bebidas energéticas contendo ginseng pode aumentar a carga de trabalho do coração, resultando em alterações na pressão arterial e no ritmo cardíaco (Flanagan *et al.*, 2018; Zaheri; Marandi, 2016). Esses efeitos têm sido observados principalmente em indivíduos sensíveis e naqueles que combinam o ginseng com outros estimulantes, como a cafeína.

Estudos metabólicos indicam que os ginsenosídeos modulam a expressão de genes envolvidos no metabolismo da glicose e dos lipídios, promovendo um efeito potencialmente benéfico no controle glicêmico (Khurana, 2019; Siraj *et al.*, 2014). No entanto, pesquisas também sugerem que o consumo elevado pode levar a desequilíbrios na homeostase energética, aumentando o risco de hipoglicemia e disfunção mitocondrial (Jung *et al.*, 2016).

A interação do ginseng com o sistema imunológico tem sido amplamente investigada. Embora estudos apontem que os ginsenosídeos possam atuar como imunomoduladores, melhorando a resposta inflamatória em algumas condições, seu consumo excessivo pode levar a um aumento indesejado da atividade imune, predispondo a processos autoimunes. Esse efeito tem sido observado em modelos experimentais, onde altas doses de ginseng promoveram hiperatividade linfocitária e aumento da liberação de citocinas inflamatórias (Fan *et al.*, 2024; Gao *et al.*, 2022).

No trato gastrointestinal, o ginseng pode alterar a composição da microbiota intestinal, modulando o crescimento de bactérias benéficas e reduzindo a proliferação de patógenos. No entanto, sua interação com a microbiota também pode resultar em desequilíbrios intestinais,



promovendo distúrbios como diarreia e disbiose quando consumido em excesso (Yang *et al.*, 2022; Zhang *et al.*, 2020).

Estudos sugerem que o ginseng também influencia a síntese de colágeno e a saúde da pele, contribuindo para a melhora da elasticidade e redução do estresse oxidativo na derme. Entretanto, alguns relatos indicam que o uso prolongado pode desencadear reações dermatológicas, como erupções cutâneas e sensibilização alérgica, devido às interações dos ginsenosídeos com vias imunorregulatórias (Chen; Cohen, 2018; Wiwanitkit; Taungjaruwinai, 2004).

530

3.5 Vitaminas do Complexo B

As vitaminas do complexo B são um grupo de micronutrientes hidrossolúveis essenciais para diversas funções fisiológicas, especialmente no metabolismo energético e na síntese de neurotransmissores (Munteanu; Schwartz, 2024). Entre as principais vitaminas deste grupo destacam-se a tiamina (B1), riboflavina (B2), niacina (B3), ácido pantotênico (B5), piridoxina (B6), biotina (B7), folato (B9) e cobalamina (B12), todas envolvidas em processos bioquímicos fundamentais para a manutenção da homeostase celular (Lee *et al.*, 2023). A inclusão dessas vitaminas em bebidas energéticas tem como objetivo potencializar o metabolismo e reduzir a fadiga, mas o consumo excessivo pode levar a efeitos adversos, exigindo um monitoramento cuidadoso (Ejimofor *et al.*, 2023).

As bebidas energéticas frequentemente contêm concentrações elevadas de vitaminas do complexo B, variando entre 0,014 mg/kg de vitamina B1 e doses superiores a 100% da ingestão diária recomendada para outras vitaminas, como a niacina e a vitamina B6 (Ejimofor *et al.*, 2023). Embora essas vitaminas sejam essenciais, o consumo descontrolado, especialmente na forma sintética presente nesses produtos, pode resultar em reações adversas no metabolismo celular e na função neurológica (Lee *et al.*, 2023).

No sistema nervoso, as vitaminas B6 e B12 desempenham um papel crucial na síntese de neurotransmissores como serotonina e dopamina (Munteanu; Schwartz, 2024). Entretanto, altas doses dessas vitaminas podem causar neurotoxicidade, resultando em neuropatia periférica e sintomas como dormência e formigamento nas extremidades (Blackburn; Warren, 2017). Estudos indicam que doses superiores a 2000 mg/dia de vitamina B6 podem comprometer a função do gânglio da raiz dorsal, causando sintomas neurológicos persistentes (Munteanu; Schwartz, 2024; Calderon-Ospina; Nava-Mesa; Paez-Hurtado, 2020).



Além do impacto no sistema nervoso, o consumo excessivo de vitaminas do complexo B pode afetar negativamente o sistema cardiovascular. A niacina, frequentemente adicionada a bebidas energéticas, é conhecida por seu papel na regulação dos lipídios sanguíneos, mas em doses elevadas pode causar vasodilatação excessiva, levando à sensação de rubor, hipotensão e taquicardia (Sara, 2020). Além disso, níveis elevados de vitamina B12 têm sido associados a um aumento na incidência de doenças cardiovasculares e cânceres sólidos (Munteanu; Schwartz, 2024).

531

A nível metabólico, as vitaminas do complexo B são cofatores essenciais para o ciclo de Krebs e a fosforilação oxidativa, processos fundamentais para a produção de ATP (Boot *et al.*, 2022). No entanto, um suprimento excessivo pode desregular a homeostase energética, levando a distúrbios metabólicos, incluindo resistência à insulina e aumento do risco de obesidade (Boot *et al.*, 2022). Estudos também sugerem que a hipervitaminose B pode interferir na homeostase do cálcio, impactando negativamente a saúde óssea (Lee *et al.*, 2023).

No trato gastrointestinal, a superdosagem de ácido pantotênico (B5) tem sido associada a distúrbios digestivos, como diarreia e cólicas abdominais (Munteanu; Schwartz, 2024). Além disso, há evidências de que a alta ingestão de vitaminas B pode alterar a microbiota intestinal, impactando negativamente a absorção de nutrientes essenciais e aumentando a inflamação intestinal (Calderon-Ospina; Nava-Mesa; Paez-Hurtado, 2020).

O impacto da suplementação excessiva de vitaminas B no sistema imune também tem sido amplamente investigado. Enquanto doses moderadas são necessárias para a manutenção da imunidade, níveis elevados podem levar à disfunção do sistema imunológico, promovendo respostas inflamatórias exacerbadas (Munteanu; Schwartz, 2024). Estudos sugerem que a hiperexpressão de citocinas inflamatórias pode estar associada a uma alta ingestão de vitaminas B, aumentando o risco de doenças autoimunes e inflamações crônicas (Lee *et al.*, 2023).

O consumo crônico de bebidas energéticas enriquecidas com vitaminas do complexo B tem sido relacionado a efeitos colaterais graves, como anafilaxia induzida por riboflavina (B2) e interações medicamentosas prejudiciais (Blackburn; Warren, 2017). Essas interações podem reduzir a eficácia de fármacos utilizados no tratamento de doenças cardiovasculares e neurológicas, ampliando o risco de complicações adversas (Sara, 2020).

Diante dessas evidências, especialistas recomendam cautela no consumo de bebidas energéticas que contenham vitaminas do complexo B em altas doses, especialmente para indivíduos com condições pré-existentes como hipertensão, neuropatias e distúrbios metabólicos (Lee *et al.*, 2023). A regulamentação do teor dessas vitaminas nos produtos

comercializados e o monitoramento do consumo são essenciais para evitar potenciais riscos à saúde (Calderon-Ospina; Nava-Mesa; Paez-Hurtado, 2020).

3.6 Adoçantes Artificiais

Os adoçantes artificiais são compostos sintéticos utilizados para substituir o açúcar em diversos produtos alimentícios, incluindo bebidas energéticas. Dentre os mais comuns estão aspartame, sucralose, sacarina e acessulfame-K, que possuem um poder adoçante significativamente superior ao da sacarose, permitindo sua utilização em pequenas quantidades (Basílio *et al.*, 2020). Embora sejam promovidos como alternativas mais saudáveis ao açúcar, diversas pesquisas têm apontado potenciais efeitos adversos associados ao consumo crônico dessas substâncias, incluindo impactos metabólicos, neurológicos e cardiovasculares (Yin, 2024).

A estrutura química dos adoçantes artificiais varia conforme o composto, mas geralmente apresenta grupos funcionais que interagem com os receptores de sabor doce na língua, sem fornecer calorias ao organismo (Basílio *et al.*, 2020). A sucralose, por exemplo, é uma molécula clorada derivada da sacarose, enquanto o aspartame é um dipéptido de ácido aspártico e fenilalanina, metabolizado após a ingestão (Bansal, 2024). Essas características estruturais influenciam a biodisponibilidade e os potenciais riscos associados a cada adoçante.

O consumo de adoçantes artificiais afeta diversos processos fisiológicos. Estudos demonstram que a exposição frequente a esses compostos pode alterar a percepção do sabor doce e a regulação do apetite, levando a um aumento na ingestão calórica ao longo do tempo (Erbaş *et al.*, 2018). Além disso, há evidências de que o consumo crônico pode induzir mudanças no microbioma intestinal, afetando negativamente a homeostase metabólica (Basílio *et al.*, 2020).

No sistema cardiovascular, pesquisas sugerem que adoçantes artificiais podem contribuir para o aumento do risco de doenças cardíacas e hipertensão arterial (Yin, 2024). Um estudo de coorte demonstrou uma correlação entre o consumo de bebidas adoçadas artificialmente e o aumento da incidência de eventos cardiovasculares adversos, especialmente em (Halasa *et al.*, 2020).

A nível metabólico, os adoçantes artificiais podem influenciar a regulação da glicose e a sensibilidade à insulina. Estudos indicam que o consumo excessivo de sucralose e acessulfame-K pode levar a uma resposta insulínica exacerbada, contribuindo para o

desenvolvimento de resistência à insulina e aumento do risco de diabetes tipo 2 (Halasa *et al.*, 2020). Além disso, o consumo prolongado pode impactar negativamente o metabolismo lipídico, favorecendo o acúmulo de gordura visceral e aumentando o risco de obesidade (Bansal, 2024).

No sistema nervoso central, evidências sugerem que adoçantes artificiais podem interferir na neurotransmissão dopaminérgica e serotonérgica, afetando o humor e a cognição (Erbaş *et al.*, 2018). Além disso, estudos em modelos animais demonstram que a exposição crônica a adoçantes pode modificar a expressão de genes associados à plasticidade sináptica, resultando em déficits cognitivos e aumento da vulnerabilidade ao estresse oxidativo (Basílio *et al.*, 2020).

533

Estudos sobre o impacto dos adoçantes artificiais no microbioma intestinal indicam que essas substâncias podem alterar a composição da microbiota, reduzindo a abundância de bactérias benéficas e favorecendo o crescimento de microrganismos patogênicos (Basílio *et al.*, 2020; Halasa *et al.*, 2020). Essas mudanças podem estar associadas a um aumento da inflamação sistêmica e a distúrbios metabólicos como resistência à insulina e síndrome metabólica (Bansal, 2024).

Em relação à segurança do consumo, órgãos reguladores como a FDA e a EFSA estabelecem limites de ingestão diária aceitável para adoçantes artificiais, mas estudos sugerem que mesmo doses dentro desses limites podem ter efeitos adversos a longo prazo (Yin, 2024). Alguns pesquisadores argumentam que os impactos negativos podem ser exacerbados quando os adoçantes são consumidos regularmente em combinação com outros compostos presentes em bebidas energéticas, como cafeína e taurina (Halasa *et al.*, 2020; Basílio *et al.*, 2020).

Diante dessas evidências, recomenda-se precaução no consumo de bebidas energéticas contendo adoçantes artificiais, especialmente para indivíduos com predisposição a doenças metabólicas e cardiovasculares (Halasa *et al.*, 2020). A regulamentação dessas substâncias e a conscientização sobre seus possíveis efeitos adversos são essenciais para garantir um consumo seguro e minimizar os riscos à saúde (Basílio *et al.*, 2020; Yin, 2024).

3.7 Glucuronolactona

A glucuronolactona é um metabólito derivado da glicose amplamente utilizado na formulação de bebidas energéticas devido ao seu potencial efeito estimulante e desintoxicante (EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA), 2015). Estruturalmente,



trata-se de um lactona derivada do ácido glucurônico, um intermediário do metabolismo dos carboidratos e participante ativo no processo de conjugação hepática de substâncias tóxicas (Clauson *et al.*, 2008). Essa substância é adicionada em concentrações que variam entre 2400 mg/L e 600 mg por lata de 250 mL de bebida energética, sendo seu efeito sinérgico frequentemente estudado em combinação com cafeína e taurina (Reissig; Strain; Griffiths, 2009).

A ingestão de glucuronolactona afeta diversos processos fisiológicos, especialmente a nível hepático, onde participa na biotransformação de xenobióticos e eliminação de substâncias tóxicas por meio da glicuronidação (Higdon; Frei, 2006). Estudos sugerem que a suplementação em doses elevadas pode causar sobrecarga metabólica hepática e afetar a homeostase enzimática do fígado, alterando a eficiência da desintoxicação endógena (Clauson *et al.*, 2008; EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA), 2015). Além disso, há preocupações sobre possíveis interações da glucuronolactona com outros compostos presentes em bebidas energéticas, amplificando seus efeitos adversos (Goldfarb; Tellier; Thanassoulis, 2014).

No sistema nervoso central, a glucuronolactona demonstrou ter impacto sobre os neurotransmissores, modulando os níveis de dopamina e serotonina (Clauson *et al.*, 2008). O consumo crônico em combinação com cafeína e taurina pode resultar em alterações neurocomportamentais, incluindo hiperatividade, insônia e ansiedade, além de potenciais efeitos neurotóxicos a longo prazo (Pomeranz; Munsell; Harris, 2013). Estudos em modelos animais indicam que a administração prolongada pode levar a déficits cognitivos e alterações na plasticidade sináptica (Clauson *et al.*, 2008).

A nível cardiovascular, há evidências de que a glucuronolactona pode influenciar a função endotelial e aumentar o risco de eventos cardiovasculares adversos, especialmente quando combinada com cafeína (EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA), 2015). Estudos clínicos indicam que seu consumo pode estar relacionado a picos de pressão arterial e aumento na agregação plaquetária, contribuindo para o risco de hipertensão e trombose (Pomeranz; Munsell; Harris, 2013). Esses efeitos podem ser exacerbados em indivíduos predispostos a doenças cardiovasculares, levantando preocupações sobre a segurança do consumo contínuo de bebidas energéticas contendo essa substância (Pomeranz; Munsell; Harris, 2013).

Em termos metabólicos, a glucuronolactona participa do metabolismo de carboidratos e do ciclo do ácido glucurônico, influenciando a homeostase energética (Seifert *et al.*, 2011). No

entanto, pesquisas indicam que seu consumo em excesso pode resultar em desregulação metabólica, afetando a sensibilidade à insulina e promovendo resistência à glicose (Pomeranz; Munsell; Harris, 2013). Além disso, estudos recentes apontam para um potencial impacto negativo no perfil lipídico, favorecendo o aumento dos níveis de triglicerídeos e colesterol LDL (Goldfarb; Tellier; Thanassoulis, 2014; Pomeranz; Munsell; Harris, 2013).

A toxicidade da glucuronolactona tem sido amplamente debatida, especialmente em relação à sua ingestão combinada com outros estimulantes (EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA), 2015). Estudos indicam que doses elevadas podem estar associadas a distúrbios gastrointestinais, incluindo náusea, dor abdominal e diarreia, além de potencial impacto na microbiota intestinal (Pomeranz; Munsell; Harris, 2013). Modelos experimentais sugerem que a exposição crônica pode levar a danos hepáticos e renais, devido à sobrecarga metabólica e ao aumento na excreção de metabólitos tóxicos (Clauson *et al.*, 2008).

Estudos recentes também sugerem que a glucuronolactona pode desempenhar um papel na modulação da resposta inflamatória, potencialmente aumentando a expressão de citocinas pró-inflamatórias quando consumida em altas doses (Pomeranz; Munsell; Harris, 2013). Essa ação pode estar relacionada ao seu metabolismo no fígado, onde pode influenciar vias de sinalização associadas ao estresse oxidativo e à resposta imune (Reissig; Strain; Griffiths, 2009; EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA), 2015). Embora alguns estudos indiquem um possível efeito antioxidante em doses moderadas, a toxicidade associada ao consumo crônico ainda requer investigações adicionais (Pomeranz; Munsell; Harris, 2013).

Em relação às recomendações de segurança, a Autoridade Europeia para a Segurança Alimentar (EFSA) sugere um limite máximo de 1000 mg/dia para a glucuronolactona em bebidas energéticas, embora seu impacto a longo prazo continue sendo motivo de debate (EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA), 2015). Estudos epidemiológicos indicam que consumidores frequentes de bebidas energéticas podem ultrapassar essa dose recomendada, aumentando significativamente o risco de efeitos adversos (Clauson *et al.*, 2008). Dessa forma, estratégias regulatórias mais rigorosas têm sido propostas para mitigar os riscos associados ao seu consumo excessivo (Pomeranz; Munsell; Harris, 2013; Reissig; Strain; Griffiths, 2009).

3.8 Minerais e Eletrólitos

Os minerais e eletrólitos desempenham funções essenciais no equilíbrio fisiológico do corpo humano, regulando processos metabólicos e garantindo a homeostase celular (Leśniewicz *et al.*, 2016). As bebidas energéticas, por conterem altas concentrações desses componentes, são frequentemente consumidas com a promessa de melhorar a hidratação, aumentar a resistência física e potencializar o desempenho cognitivo (Raizel *et al.*, 2019). No entanto, o consumo excessivo desses produtos pode levar a desequilíbrios minerais que afetam diversos sistemas do organismo, incluindo o cardiovascular, renal e neuromuscular (Leśniewicz *et al.*, 2016).

As bebidas energéticas apresentam uma ampla gama de minerais e eletrólitos, com destaque para sódio (40-370 mg/L), potássio (0-240 mg/L), cálcio (0-180 mg/L) e magnésio (0-180 mg/L), além de traços de zinco, ferro e cobre (Leśniewicz *et al.*, 2016). Esses elementos desempenham papéis fundamentais na condução nervosa, contração muscular e metabolismo energético (Raizel *et al.*, 2019). Entretanto, a alta ingestão desses compostos por meio de bebidas energéticas pode resultar em hipernatremia, hipocalemia e disfunções eletrolíticas associadas a arritmias cardíacas e fadiga neuromuscular (Leśniewicz *et al.*, 2016).

O sódio é um dos principais eletrólitos presentes nas bebidas energéticas e está diretamente envolvido na regulação do volume plasmático e na transmissão dos impulsos nervosos (Raizel *et al.*, 2019). O consumo excessivo de sódio pode levar ao aumento da pressão arterial e predispor o indivíduo a eventos cardiovasculares adversos, como hipertensão e acidente vascular cerebral (Zeriouh; Cherifa; Samia, 2023). Além disso, há evidências de que a combinação de sódio e cafeína pode amplificar a retenção hídrica, causando sobrecarga renal e disfunções metabólicas (Leśniewicz *et al.*, 2016).

O potássio, outro eletrólito fundamental, desempenha um papel crítico na regulação da excitabilidade muscular e na função cardíaca (Leśniewicz *et al.*, 2016). Embora sua ingestão adequada seja essencial para a homeostase celular, níveis elevados, como os encontrados em algumas bebidas energéticas, podem provocar hiperpotassemia, resultando em distúrbios neuromusculares e arritmias fatais (Zeriouh; Cherifa; Samia, 2023). Estudos demonstram que indivíduos que consomem regularmente bebidas energéticas apresentam níveis elevados de potássio sérico, aumentando o risco de complicações cardiovasculares (Raizel *et al.*, 2019).

O cálcio é um mineral vital para a contração muscular e a função óssea, sendo encontrado em concentrações variadas nas bebidas energéticas (Leśniewicz *et al.*, 2016). Apesar de sua importância, a ingestão excessiva pode desregular os mecanismos de homeostase do cálcio, resultando em calcificação vascular e aumento do risco de osteoporose (Zeriouh;

Cherifa; Samia, 2023). Além disso, a cafeína presente nas bebidas energéticas pode aumentar a excreção urinária de cálcio, comprometendo a densidade mineral óssea a longo prazo (Raizel *et al.*, 2019).

O magnésio, outro mineral essencial, participa da regulação do metabolismo energético e da função enzimática (Zeriouh; Cherifa; Samia, 2023). O consumo crônico de bebidas energéticas com altos níveis de magnésio pode interferir na sinalização celular e na estabilidade neuromuscular, contribuindo para cãibras musculares, fadiga e disfunções cardiovasculares (Leśniewicz *et al.*, 2016). Pesquisas recentes indicam que a ingestão exagerada de magnésio por meio de bebidas energéticas pode desencadear quadros de diarreia osmótica e distúrbios gastrointestinais severos (Leśniewicz *et al.*, 2016).

Além dos eletrólitos principais, bebidas energéticas também podem conter metais traço, como zinco, ferro, cobre e manganês, cuja ingestão descontrolada pode apresentar riscos toxicológicos (Leśniewicz *et al.*, 2016). Estudos apontam que a bioacumulação desses metais pode estar associada a processos neurodegenerativos, além de afetar negativamente o metabolismo hepático e renal (Zeriouh; Cherifa; Samia, 2023). A presença de chumbo e cádmio em algumas formulações de bebidas energéticas também levanta preocupações sobre seus efeitos cumulativos na toxicidade celular e na resposta inflamatória sistêmica (Zeriouh; Cherifa; Samia, 2023).

A relação entre bebidas energéticas e distúrbios hidroeletrolíticos tem sido amplamente estudada, com evidências sugerindo que a combinação de eletrólitos, cafeína e açúcar pode aumentar significativamente o risco de desidratação e desequilíbrios osmóticos (Raizel *et al.*, 2019). Indivíduos que consomem essas bebidas em contextos de esforço físico intenso ou sob condições ambientais extremas podem sofrer maior impacto negativo devido ao aumento da excreção urinária de minerais essenciais (Zeriouh; Cherifa; Samia, 2023).

3.9 Ensaio clínico sobre o consumo de bebidas energéticas

Os ensaios clínicos são fundamentais para compreender os impactos do consumo de bebidas energéticas na saúde humana. Esses estudos avaliam os efeitos adversos dessas bebidas em diferentes parâmetros fisiológicos e metabólicos, incluindo função cardiovascular, metabolismo da glicose, comportamento neurológico e riscos metabólicos. A seguir, serão apresentados os resultados de dez ensaios clínicos, destacando as principais conclusões científicas sobre os riscos do consumo dessas bebidas.

Um ensaio clínico randomizado conduzido por Basrai *et al.* (2019) investigou os efeitos cardiovasculares e metabólicos do consumo de bebidas energéticas em 38 adultos jovens. Os resultados demonstraram que a ingestão de uma única dose elevada da bebida provocou aumento significativo na pressão arterial sistólica ($P < 0,01$) e prolongamento do intervalo QTc ($P < 0,01$), indicando risco aumentado para eventos cardiovasculares. Além disso, houve alteração na sensibilidade à insulina e aumento na resistência insulínica.

Outro ensaio clínico de Gualberto *et al.* (2024) realizou uma meta-análise de 17 estudos clínicos randomizados avaliando os efeitos agudos do consumo de bebidas energéticas sobre a pressão arterial, débito cardíaco e intervalo QTc. Os resultados indicaram um aumento significativo da pressão arterial sistólica (4,71 mmHg, $P < 0,001$) e diastólica (4,51 mmHg, $P < 0,05$), além de aumento no débito cardíaco após 30 a 40 minutos da ingestão da bebida. Esses achados reforçam a relação entre o consumo de bebidas energéticas e o risco de hipertensão arterial e eventos cardiovasculares adversos.

Ali *et al.* (2015) investigaram os efeitos adversos das bebidas energéticas por meio de uma revisão sistemática de estudos clínicos. Os resultados indicaram que o consumo dessas bebidas está diretamente ligado ao aumento da frequência cardíaca, disfunções neurológicas e risco aumentado de dependência de substâncias estimulantes. O estudo destacou ainda o potencial dessas bebidas para desencadear comportamentos de risco, como abuso de álcool e direção imprudente.

Marczinski e Fillmore (2014) analisaram os efeitos do consumo de bebidas energéticas misturadas com álcool em um ensaio clínico randomizado. Os resultados mostraram que a combinação desses produtos reduz a percepção subjetiva de embriaguez, levando os participantes a consumir maiores quantidades de álcool e a adotar comportamentos de risco, como direção perigosa e maior propensão ao consumo excessivo de bebidas alcoólicas.

Moussa *et al.* (2021) conduziram um estudo clínico sobre os riscos cardiovasculares do consumo de bebidas energéticas em crianças e adolescentes. O estudo identificou que a ingestão dessas bebidas está associada a aumento na pressão arterial, prolongamento do intervalo QTc e maior incidência de eventos cardiovasculares adversos em jovens consumidores. Além disso, observou-se um maior risco de arritmias e hipertensão arterial em indivíduos predispostos geneticamente a distúrbios cardiovasculares.

Petit *et al.* (2012) analisaram os efeitos adversos do consumo excessivo de bebidas energéticas e identificaram um aumento na incidência de transtornos psiquiátricos em consumidores frequentes. O estudo revelou que indivíduos que consomem essas bebidas de

forma regular apresentam maior risco de desenvolver sintomas de ansiedade, depressão e transtornos de pânico, especialmente quando associadas ao uso de substâncias psicoativas.

Oh e Chung (2019) realizaram um estudo clínico com adolescentes coreanos, avaliando a relação entre o consumo de bebidas energéticas e problemas metabólicos. Os resultados demonstraram que os participantes que consumiam essas bebidas regularmente apresentavam maior prevalência de resistência à insulina, obesidade e distúrbios metabólicos em comparação com aqueles que não consumiam esses produtos.

Matinuzzi *et al.* (2012) investigaram os efeitos das bebidas energéticas na performance cognitiva e no sistema nervoso central em um ensaio clínico duplo-cego. O estudo demonstrou que, embora essas bebidas possam melhorar temporariamente a atenção e o desempenho cognitivo, o consumo frequente leva a sintomas de fadiga crônica, irritabilidade e insônia, especialmente em consumidores regulares.

Visram *et al.* (2016) realizaram um estudo de revisão sobre os impactos do consumo de bebidas energéticas em crianças e adolescentes. Os resultados indicaram que o consumo desses produtos está associado a maior incidência de cefaleia, hiperatividade e distúrbios comportamentais. O estudo enfatizou a necessidade de regulamentação mais rigorosa para reduzir a exposição de jovens a esses produtos e minimizar seus impactos negativos na saúde pública.

4. Considerações Finais

O consumo de bebidas energéticas, embora frequentemente associado ao aumento de energia e desempenho, está ligado a diversos riscos para a saúde. Seus principais componentes — como cafeína, taurina, guaraná, ginseng, adoçantes artificiais, vitaminas do complexo B, minerais e eletrólitos — podem causar efeitos adversos quando consumidos em excesso, incluindo alterações cardiovasculares, metabólicas e neurológicas.

Evidências clínicas indicam que o uso frequente dessas bebidas pode resultar em distúrbios como taquicardia, hipertensão, desequilíbrios eletrolíticos e impactos negativos sobre o sono, metabolismo e saúde mental. A combinação de estimulantes e minerais em concentrações elevadas aumenta a sobrecarga sobre sistemas vitais, tornando o consumo indiscriminado um fator de risco relevante, principalmente para indivíduos vulneráveis.

Diante desse cenário, torna-se fundamental a conscientização da população e a adoção de regulamentações mais rigorosas quanto à composição e comercialização dessas bebidas. O

consumo responsável, aliado a maiores investimentos em pesquisas sobre seus efeitos a longo prazo, é essencial para reduzir os riscos e orientar escolhas mais seguras.

REFERÊNCIAS

ABU-HASHEM, A. A.; HAKAMI, O.; EL-SHAZLY, M.; EL-NASHAR, H. A. S.; YOUSIF, M. N. M. Caffeine and Purine Derivatives: A Comprehensive Review on the Chemistry, Biosynthetic Pathways, Synthesis-Related Reactions, Biomedical Prospectives and Clinical Applications. **Chemistry & Biodiversity**, v. 21, n. 7, p. e202400050, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/cbdv.202400050> Acesso em: 29 abr. 2025.

ADEVA-ANDANY, M. M.; FUNCASTA-CALDERÓN, R.; LÓPEZ-PEREIRO, Y.; FERNÁNDEZ-FERNÁNDEZ, C.; AN. Taurine Metabolism in Humans. **Journal of Food Nutrition and Dietetics**, v. 2, n. 2, p. 1–11, 2018. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/328531151_Journal_of_Food_Nutrition_and_Dietetics_Taurine_Metabolism_in_Humans. Acesso em 01 maio 2025

ALI, F.; REHMAN, H.; BABAYAN, Z.; STAPLETON, D.; JOSHI, D.-D. Energy drinks and their adverse health effects: A systematic review of the current evidence. **Postgraduate Medicine**, v. 127, n. 3, p. 308–322, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/00325481.2015.1001712> Acesso em: 29 abr. 2025.

ASHIM L. **Tamanho do mercado de bebidas energéticas, análise de participação e tendências [2031]**. [s. l.], 2024. Disponível em: https://www.kingsresearch.com/pt/energy-drinks-market-831?utm_source=chatgpt.com. Acesso em: 29 abr. 2025.

ASTRUP, A.; TOUBRO, S.; CANNON, S.; HEIN, P.; BREUM, L.; MADSEN, J. Caffeine: a double-blind, placebo-controlled study of its thermogenic, metabolic, and cardiovascular effects in healthy volunteers. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 51, n. 5, p. 759–767, 1990. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/ajcn/51.5.759> Acesso em: 29 abr. 2025.

BANSAL, R. Are Artificial Sweeteners A Public Health Hazard? **Indian Journal of Community Health**, v. 36, n. 2, p. 159–161, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.47203/IJCH.2024.v36i02.002> Acesso em: 29 abr. 2025.

BARCELOS, R. P.; LIMA, F. D.; CARVALHO, N. R.; BRESCIANI, G.; ROYES, L. F. Caffeine effects on systemic metabolism, oxidative-inflammatory pathways, and exercise performance. **Nutrition Research**, v. 80, p. 1–17, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.nutres.2020.05.005> Acesso em: 29 abr. 2025.



BASÍLIO, M.; SILVA, L. J. G.; PEREIRA, A. M. P. T.; PENA, A.; LINO, C. M. Artificial sweeteners in non-alcoholic beverages: Occurrence and exposure estimation of the Portuguese population. **Food Additives & Contaminants: Part A**, v. 37, n. 12, p. 2040–2050, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/19440049.2020.1812734> Acesso em: 29 abr. 2025.

BASRAI, M.; SCHWEINLIN, A.; MENZEL, J.; MIELKE, H.; WEIKERT, C.; DUSEMUND, B.; PUTZE, K.; WATZL, B.; LAMPEN, A.; BISCHOFF, S. C. Energy Drinks Induce Acute Cardiovascular and Metabolic Changes Pointing to Potential Risks for Young Adults: A Randomized Controlled Trial. **The Journal of Nutrition**, v. 149, n. 3, p. 441–450, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/jn/nxy303> Acesso em: 29 abr. 2025.

541

BEYRANVAND, M. R.; KHALAFI, M. K.; ROSHAN, V. D.; CHOOBINEH, S.; PARSA, S. A.; PIRANFAR, M. A. Effect of taurine supplementation on exercise capacity of patients with heart failure. **Journal of Cardiology**, v. 57, n. 3, p. 333–337, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jcc.2011.01.007> Acesso em: 29 abr. 2025.

BLACKBURN, K.; WARREN, K. A case of peripheral neuropathy due to pyridoxine toxicity in association with NOS energy drink consumption (P4.043). **Neurology**, v. 88, n. 16_supplement, p. P4.043, 2017. Disponível em: https://doi.org/10.1212/WNL.88.16_supplement.P4.043 Acesso em: 29 abr. 2025.

BOOT, I. W. A. *et al.* Dietary B group vitamin intake and the bladder cancer risk: a pooled analysis of prospective cohort studies. **European Journal of Nutrition**, v. 61, n. 5, p. 2397–2416, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00394-022-02805-2> Acesso em: 29 abr. 2025.

BURDAN, F. Chapter 90 - Pharmacology of Caffeine: The Main Active Compound of Coffee. In: PREEDY, V. R. (org.). **Coffee in Health and Disease Prevention**. San Diego: Academic Press, 2015. p. 823–829. *E-book*. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409517-5.00090-5>. Acesso em: 29 abr. 2025.

CALDERON-OSPINA, C.-A.; NAVA-MESA, M. O.; PAEZ-HURTADO, A. M. Update on Safety Profiles of Vitamins B1, B6, and B12: A Narrative Review. **Therapeutics and Clinical Risk Management**, v. 16, p. 1275–1288, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.2147/TCRM.S274122> Acesso em: 29 abr. 2025.

CARVALHO, J. M. de; MAIA, G. A.; SOUSA, P. H. M. de; RODRIGUES, S. Perfil dos principais componentes em bebidas energéticas: cafeína, taurina, guaraná e glucoronolactona. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 65, n. 2, p. 78–85, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.53393/rial.2006.65.32876> Acesso em: 29 abr. 2025.

CHANTHICK, C.; THONGBOONKERT, V. Comparative proteomics reveals concordant and discordant biochemical effects of caffeine versus epigallocatechin-3-gallate in human



endothelial cells. **Toxicology and Applied Pharmacology**, v. 378, p. 114621, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.taap.2019.114621>

CHEN, S. X.; COHEN, P. R. The ginseng pimple: an inflammatory papule following ginseng consumption. **Dermatology Online Journal**, v. 24, n. 9, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.5070/D3249041423>. Acesso em: 2 maio. 2025.

CHILDSD, E. Influence of energy drink ingredients on mood and cognitive performance. **Nutrition Reviews**, v. 72, n. suppl_1, p. 48–59, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/nure.12148> Acesso em: 29 abr. 2025.

542

CHISTÉ, L. A. *et al.* Worsening of Oxidative Stress, DNA Damage, and Atherosclerotic Lesions in Aged LDLr-/ Mice after Consumption of Guarana Soft Drinks. **Oxidative Medicine and Cellular Longevity**, v. 2019, n. 1, p. 9042526, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1155/2019/9042526> Acesso em: 29 abr. 2025.

CLAUSON, K. A.; SHIELDS, K. M.; MCQUEEN, C. E.; PERSAD, N. Safety issues associated with commercially available energy drinks. **Journal of the American Pharmacists Association**, v. 48, n. 3, p. e55–e67, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1331/JAPhA.2008.07055> Acesso em: 29 abr. 2025.

COŞKUN, A. B.; ŞANLIER, N. Guarana and Its Possible Effects on Health. **Journal of Gazi University Health Sciences Institute**, v. 2, n. 1, p. 36–45, 2020. Disponível em: <https://dergipark.org.tr/en/pub/guhes/issue/54114/709067> Acesso em: 29 abr. 2025.

COSTANTINO, A.; MAIESE, A.; LAZZARI, J.; CASULA, C.; TURILLAZZI, E.; FRATI, P.; FINESCHI, V. The Dark Side of Energy Drinks: A Comprehensive Review of Their Impact on the Human Body. **Nutrients**, v. 15, n. 18, p. 3922, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/nu15183922> Acesso em: 29 abr. 2025.

D'ANGELO, S.; ASCIONE, A. Guarana and physical performance: A myth or reality? **Journal of Human Sport and Exercise**, v. 15, n. Proc3, p. S539–S551, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.14198/jhse.2020.15.Proc3.07> Acesso em: 29 abr. 2025.

EFSA PANEL ON DIETETIC PRODUCTS, NUTRITION AND ALLERGIES (NDA). Scientific Opinion on the safety of caffeine. **EFSA Journal**, v. 13, n. 5, p. 4102, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2015.4102> Acesso em: 29 abr. 2025.

EJIMOFOR, C. F.; NWAKOBY, N. E.; OLEDBE, O. J.; MBAUKWU, O. A.; AFAM-EZEAKU, C. E. Estimation of Caffeine and Vitamin B-Complex (Vitamin B2, B3, B5 and B6) Constituents of Selected Energy Drinks. **Journal of Applied Chemical Science International**,



EMMANUEL, A.; MAJESTY, D.; BENJAMIN, A.; PETER, A.; PRINCESS, U. Effect of Caffeine on Some Selected Biochemical Parameters Using Rat Model. **Advances in Biology**, v. 2017, n. 1, p. 9303276, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1155/2017/9303276> Acesso em: 29 abr. 2025.

ERBAŞ, O.; ERDOĞAN, M. A.; KHALILNEZHAD, A.; SOLMAZ, V.; GÜRKAN, F. T.; YİĞİTTÜRK, G.; EROĞLU, H. A.; TASKIRAN, D. Evaluation of long-term effects of artificial sweeteners on rat brain: a biochemical, behavioral, and histological study. **Journal of Biochemical and Molecular Toxicology**, v. 32, n. 6, p. e22053, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/jbt.22053> Acesso em: 29 abr. 2025.

FAN, W.; FAN, L.; WANG, Z.; MEI, Y.; LIU, L.; LI, L.; YANG, L.; WANG, Z. Rare ginsenosides: A unique perspective of ginseng research. **Journal of Advanced Research**, v. 66, p. 303–328, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jare.2024.01.003> Acesso em: 29 abr. 2025.

FLANAGAN, S. D.; DUPONT, W. H.; CALDWELL, L. K.; HARDESTY, V. H.; BARNHART, E. C.; BEELER, M. K.; POST, E. M.; VOLEK, J. S.; KRAEMER, W. J. The Effects of a Korean Ginseng, GINST15, on Hypo-Pituitary-Adrenal and Oxidative Activity Induced by Intense Work Stress. **Journal of Medicinal Food**, v. 21, n. 1, p. 104–112, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1089/jmf.2017.0071> Acesso em: 29 abr. 2025.

GAO, X. *et al.* Ginsenoside Rb1 Promotes Motor Functional Recovery and Axonal Regeneration in Post-stroke Mice through cAMP/PKA/CREB Signaling Pathway. **Brain Research Bulletin**, v. 154, p. 51–60, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.brainresbull.2019.10.006> Acesso em: 29 abr. 2025.

GAO, X.-Y.; LIU, G.-C.; ZHANG, J.-X.; WANG, L.-H.; XU, C.; YAN, Z.-A.; WANG, A.; SU, Y.-F.; LEE, J.-J.; PIAO, G.-C.; YUAN, H.-D. Pharmacological Properties of Ginsenoside Re. **Frontiers in Pharmacology**, v. 13, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fphar.2022.754191>. Acesso em: 2 maio. 2025.

GOLDFARB, M.; TELLIER, C.; THANASSOULIS, G. Review of Published Cases of Adverse Cardiovascular Events After Ingestion of Energy Drinks. **American Journal of Cardiology**, v. 113, n. 1, p. 168–172, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2013.08.058> Acesso em: 2 maio. 2025.

GUALBERTO, P. I. B.; BENVINDO, V. V.; WACLAWOWSKY, G.; DERESZ, L. F. Acute effects of energy drink consumption on cardiovascular parameters in healthy adults: a systematic review and meta-analysis of randomized clinical trials. **Nutrition Reviews**, v. 82, n.



8, p. 1028–1045, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/nutrit/nuad112> Acesso em: 2 maio. 2025.

544

HACK, B.; PENNA, E. M.; TALIK, T.; CHANDRASHEKHAR, R.; MILLARD-STAFFORD, M. Effect of Guarana (*Paullinia cupana*) on Cognitive Performance: A Systematic Review and Meta-Analysis. **Nutrients**, v. 15, n. 2, p. 434, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/nu15020434> Acesso em: 2 maio. 2025.

HALASA, B. C.; SYLVETSKY, A.; CONWAY, E. M.; WALTER, P. J.; CAI, H.; WALTER, M. F.; SCHOUPE, E.; HUI, L.; ROTHER, K. I. SUN-055 Prenatal Exposure to Artificial Sweeteners. **Journal of the Endocrine Society**, v. 4, n. Supplement_1, p. SUN-055, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1210/jendso/bvaa046.1281> Acesso em: 2 maio. 2025.

HASKELL, C. F.; KENNEDY, D. O.; WESNES, K. A.; MILNE, A. L.; SCHOLEY, A. B. A double-blind, placebo-controlled, multi-dose evaluation of the acute behavioural effects of guaraná in humans. **Journal of Psychopharmacology**, v. 21, n. 1, p. 65–70, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/0269881106063815> Acesso em: 2 maio. 2025.

HEIDARI, R.; OMMATI, M. M. **Taurine and the Mitochondrion: Applications in the Pharmacotherapy of Human Diseases**. [S. l.]: Bentham Science Publishers, 2023. E-book. Disponível em: http://www.eurekaselect.com/ebook_volume/3484. Acesso em: 29 abr. 2025.

HIGDON, J. V.; FREI, B. Coffee and Health: A Review of Recent Human Research. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 46, n. 2, p. 101–123, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/10408390500400009>

HOSSAIN, M. A.; KIM, J.-H. Possibility as role of ginseng and ginsenosides on inhibiting the heart disease of COVID-19: A systematic review. **Journal of Ginseng Research**, v. 46, n. 3, p. 321–330, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jgr.2022.01.003> Acesso em: 2 maio. 2025.

JULIANO, L. M.; GRIFFITHS, R. R. A critical review of caffeine withdrawal: empirical validation of symptoms and signs, incidence, severity, and associated features. **Psychopharmacology**, v. 176, n. 1, p. 1–29, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00213-004-2000-x> Acesso em: 2 maio. 2025.

JUNG, D.-H.; LEE, Y.-J.; KIM, C.-B.; KIM, J.-Y.; SHIN, S.-H.; PARK, J.-K. Effects of ginseng on peripheral blood mitochondrial DNA copy number and hormones in men with metabolic syndrome: A randomized clinical and pilot study. **Complementary Therapies in Medicine**, v. 24, p. 40–46, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ctim.2015.12.001> Acesso em: 2 maio. 2025.



KHURANA, R. A REVIEW ON THE POTENTIAL PROPERTIES OF GINSENG. **International Journal of Medical and Biomedical Studies**, v. 3, n. 12, p. 68–73, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.32553/ijmbs.v3i12.803> Acesso em: 2 maio. 2025.

KIM, H. J.; KIM, P.; SHIN, C. Y. A comprehensive review of the therapeutic and pharmacological effects of ginseng and ginsenosides in central nervous system. **Journal of Ginseng Research**, v. 37, n. 1, p. 8–29, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.5142/jgr.2013.37.8> Acesso em: 2 maio. 2025.

545

KOMISHON, A. M.; SHISHTAR, E.; HA, V.; SIEVENPIPER, J. L.; DE SOUZA, R. J.; JOVANOVSKI, E.; HO, H. V. T.; DUVNJAK, L. S.; VUKSAN, V. The effect of ginseng (genus Panax) on blood pressure: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled clinical trials. **Journal of Human Hypertension**, v. 30, n. 10, p. 619–626, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/jhh.2016.18> Acesso em: 2 maio. 2025.

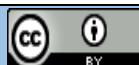
KREWER, C. da C.; RIBEIRO, E. E.; RIBEIRO, E. A. M.; MORESCO, R. N.; DE UGALDE MARQUES DA ROCHA, M. I.; DOS SANTOS MONTAGNER, G. F. F.; MACHADO, M. M.; VIEGAS, K.; BRITO, E.; DA CRUZ, I. B. M. Habitual Intake of Guaraná and Metabolic Morbidities: An Epidemiological Study of an Elderly Amazonian Population. **Phytotherapy Research**, v. 25, n. 9, p. 1367–1374, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/ptr.3437> Acesso em: 2 maio. 2025.

LEE, C.-I.; KIM, C.-S.; HAN, J.-Y.; OH, E.-H.; OH, K.-W.; EUN, J.-S. Repeated Administration of Korea Red Ginseng Extract Increases Non-Rapid Eye Movement Sleep via GABAergic Systems. **Journal of Ginseng Research**, v. 36, n. 4, p. 403–410, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.5142/jgr.2012.36.4.403> Acesso em: 2 maio. 2025.

LEE, M.-C.; HSU, Y.-J.; SHEN, S.-Y.; HO, C.-S.; HUANG, C.-C. A functional evaluation of anti-fatigue and exercise performance improvement following vitamin B complex supplementation in healthy humans, a randomized double-blind trial. **International Journal of Medical Sciences**, v. 20, n. 10, p. 1272–1281, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.7150/ijms.86738> Acesso em: 2 maio. 2025.

LEE, S.; RHEE, D.-K. Effects of ginseng on stress-related depression, anxiety, and the hypothalamic–pituitary–adrenal axis. **Journal of Ginseng Research**, v. 41, n. 4, p. 589–594, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jgr.2017.01.010> Acesso em: 2 maio. 2025.

LEŚNIEWICZ, A.; GRZESIAK, M.; ŹYRNICKI, W.; BORKOWSKA-BURNECKA, J. Mineral Composition and Nutritive Value of Isotonic and Energy Drinks. **Biological Trace Element Research**, v. 170, n. 2, p. 485–495, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12011-015-0471-8> Acesso em: 2 maio. 2025.



LI, Z.; WANG, Y.; XU, Q.; MA, J.; LI, X.; TIAN, Y.; WEN, Y.; CHEN, T. Ginseng and health outcomes: an umbrella review. **Frontiers in Pharmacology**, v. 14, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fphar.2023.1069268>. Acesso em: 30 abr. 2025.

LIMA, J. de P.; FARAH, A. Caffeine Metabolism and Health Effects. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1039/9781788015028-00340>. Acesso em: 29 abr. 2025.

LIU, L. *et al.* Functional compounds of ginseng and ginseng-containing medicine for treating cardiovascular diseases. **Frontiers in Pharmacology**, v. 13, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fphar.2022.1034870>. Acesso em: 30 abr. 2025.

MA, Y.; EUN, J. S.; OH, K.-W. Therapeutic Effects of Ginseng on Psychotic Disorders. **J. Ginseng Res.**, v. 31, n. 3, p. 117–126, 2007. DOI: 10.5142/JGR.2007.31.3.117

MAGKOS, F.; KAVOURAS, S. A. Caffeine Use in Sports, Pharmacokinetics in Man, and Cellular Mechanisms of Action. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 45, n. 7–8, p. 535–562, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/1040-830491379245> Acesso em: 2 maio. 2025.

MANZINI, I. **Bebidas energéticas fazem mal à saúde? - Portal Drauzio Varella.** [s. l.], 2022. Disponível em: https://drauziovarella.uol.com.br/drogas-licitas-e-ilicitas/bebidas-energeticas-fazem-mal-a-saude/?utm_source=chatgpt.com. Acesso em: 29 abr. 2025.

MARCZINSKI, C. A.; FILLMORE, M. T. Energy drinks mixed with alcohol: what are the risks? **Nutrition Reviews**, v. 72, n. suppl_1, p. 98–107, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/nure.12127> Acesso em: 2 maio. 2025.

MATINUZZI, V.; PETERSON, D.; IACOBONE, S.; BADJOU, S. Effects and Effectiveness of Energy Drinks. In: 2012, **Anais** [...]. [S. l.: s. n.] Disponível em: <https://doi.org/10.18260/1-2-1153-53235> Acesso em: 2 maio. 2025.

MATTEI, R.; DIAS, R. F.; ESPÍNOLA, E. B.; CARLINI, E. A.; BARROS, S. B. M. Guarana (*Paullinia cupana*): toxic behavioral effects in laboratory animals and antioxidant activity in vitro. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 60, n. 2, p. 111–116, 1998. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0378-8741\(97\)00141-4](https://doi.org/10.1016/S0378-8741(97)00141-4) Acesso em: 2 maio. 2025.

MOUSSA, M.; HANSZ, K.; RASMUSSEN, M.; GILLMAN, C.; POLLARD, C.; KWAK, E.; IZSAK, E. Cardiovascular Effects of Energy Drinks in the Pediatric Population. **Pediatric Emergency Care**, v. 37, n. 11, p. 578, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1097/PEC.0000000000002165> Acesso em: 2 maio. 2025.

MUNTEANU, C.; SCHWARTZ, B. B Vitamins, Glucoronolactone and the Immune System: Bioavailability, Doses and Efficiency. **Nutrients**, v. 16, n. 1, p. 24, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/nu16010024> Acesso em: 2 maio. 2025

NAH, S.-Y. Ginseng ginsenoside pharmacology in the nervous system: involvement in the regulation of ion channels and receptors. **Frontiers in Physiology**, v. 5, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fphys.2014.00098>. Acesso em: 30 abr. 2025.

NORELLI, L. J.; XU, C. Manic Psychosis Associated With Ginseng: A Report of Two Cases and Discussion of the Literature. **Journal of Dietary Supplements**, v. 12, n. 2, p. 119–125, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.3109/19390211.2014.902001> Acesso em: 2 maio. 2025

OH, J.; CHUNG, J. Energy Drink Consumption and Dietary-, Lifestyle-, and Mental Health-Related Behaviors in Korean Adolescents: Based on the 10th–13th Korea Youth Risk Behavior Web-Based Survey. **Korean Journal of Health Promotion**, v. 19, n. 3, p. 145–154, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.15384/kjhp.2019.19.3.145> Acesso em: 2 maio. 2025

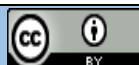
OKUNGBOWA, M. A.; HALIM, N. K. D. A Review of the Biochemical and Haematological Effects of Caffeine. **Annals of Biomedical Sciences**, v. 12, n. 2, p. 90–96, 2013. Disponível em: <https://www.ajol.info/index.php/abs/cart/view/93715/83139> Acesso em: 2 maio. 2025

OLIVER, D. **La epidemia del consumo de bebidas energéticas entre adolescentes.** [s. l.], 2024. Disponível em: <https://elpais.com/mamas-papas/actualidad/2024-10-27/la-epidemia-del-consumo-de-bebidas-energeticas-entre-adolescentes.html>. Acesso em: 29 abr. 2025.

OSAWA, T.; SATO, M.; WAKE, A. Anticonvulsive Effects of Taurine Upon Kindled Amygdaloid Seizure and Photically-Induced Seizures. **Psychiatry and Clinical Neurosciences**, v. 31, n. 3, p. 497–500, 1977. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1440-1819.1977.tb02639.x> Acesso em: 2 maio. 2025

PATRICK, M.; KIM, H. A.; OKETCH-RABAH, H.; MARLES, R. J.; ROE, A. L.; CALDERÓN, A. I. Safety of Guarana Seed as a Dietary Ingredient: A Review. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 67, n. 41, p. 11281–11287, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.9b03781> Acesso em: 29 abr. 2025.

PÉREZ-HERNÁNDEZ, E.; PASTRANA-CARBALLO, J. J.; GÓMEZ-CHÁVEZ, F.; GUPTA, R. C.; PÉREZ-HERNÁNDEZ, N. A Key Metabolic Regulator of Bone and Cartilage Health. **Endocrinology and Metabolism**, v. 37, n. 4, p. 559–574, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3803/EnM.2022.1443> Acesso em: 29 abr. 2025.



PETIT, A.; LEVY, F.; LEJOYEUX, M.; REYNAUD, M.; KARILA, L. Energy drinks: an unknown risk. **La Revue Du Praticien**, v. 62, n. 5, p. 673–678, 2012. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22730801/> Acesso em: 29 abr. 2025.

POMERANZ, J. L.; MUNSELL, C. R.; HARRIS, J. L. Energy drinks: An emerging public health hazard for youth. **Journal of Public Health Policy**, v. 34, n. 2, p. 254–271, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1057/jphp.2013.6> Acesso em: 29 abr. 2025.

QIAN, W.; LI, M.; YU, L.; TIAN, F.; ZHAO, J.; ZHAI, Q. Effects of Taurine on Gut Microbiota Homeostasis: An Evaluation Based on Two Models of Gut Dysbiosis. **Biomedicines**, v. 11, n. 4, p. 1048, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/biomedicines11041048> Acesso em: 29 abr. 2025.

548

RADAD, K.; MOLDZIO, R.; RAUSCH, W.-D. Ginsenosides and Their CNS Targets. **CNS Neuroscience & Therapeutics**, v. 17, n. 6, p. 761–768, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1755-5949.2010.00208.x> Acesso em: 29 abr. 2025.

RAIZEL, R.; COQUEIRO, A. Y.; BONVINI, A.; TIRAPEGUI, J. 1 - Sports and Energy Drinks: Aspects to Consider. In: GRUMEZESCU, A. M.; HOLBAN, A. M. (org.). **Sports and Energy Drinks**. [S. l.]: Woodhead Publishing, 2019. p. 1–37. E-book. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815851-7.00001-2> Acesso em: 29 abr. 2025.

RATAN, Z. A.; HAIDERE, M. F.; HONG, Y. H.; PARK, S. H.; LEE, J.-O.; LEE, J.; CHO, J. Y. Pharmacological potential of ginseng and its major component ginsenosides. **Journal of Ginseng Research**, v. 45, n. 2, p. 199–210, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jgr.2020.02.004> Acesso em: 29 abr. 2025.

REISSIG, C. J.; STRAIN, E. C.; GRIFFITHS, R. R. Caffeinated energy drinks—A growing problem. **Drug and Alcohol Dependence**, v. 99, n. 1, p. 1–10, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.drugalcdep.2008.08.001> Acesso em: 29 abr. 2025.

RODAK, K.; KOKOT, I.; KRATZ, E. M. Caffeine as a Factor Influencing the Functioning of the Human Body—Friend or Foe? **Nutrients**, v. 13, n. 9, p. 3088, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/nu13093088> Acesso em: 29 abr. 2025.

SACHS, M.; FÖRSTER, H. Effect of caffeine on various metabolic parameters in vivo. **Zeitschrift Fur Ernährungswissenschaft**, v. 23, n. 3, p. 181–205, 1984. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/BF02021472> Acesso em: 29 abr. 2025.

SANTOS, I.; SOUZA, A.; SANTOS, O. Análise de composição química de bebidas energéticas em comparação com a rotulagem nutricional e legislações vigentes. **RBNE - Revista Brasileira**



de Nutrição Esportiva, v. 11, n. 63, p. 312–320, 2017. Disponível:
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6124570> Acesso em: 29 abr. 2025.

SARA, C. S. The Cardiovascular Effects of Energy Drinks. **Clinical Cardiology and Cardiovascular Interventions**, v. 3, n. 1, p. 1–5, 2020. Disponível em:
<https://doi.org/10.31579/2641-0419/041> Acesso em: 29 abr. 2025.

SARAIWA, S. M.; JACINTO, T. A.; GONÇALVES, A. C.; GASPAR, D.; SILVA, L. R. Overview of Caffeine Effects on Human Health and Emerging Delivery Strategies. **Pharmaceuticals**, v. 16, n. 8, p. 1067, 2023. Disponível em:
<https://doi.org/10.3390/ph16081067> Acesso em: 29 abr. 2025.

549

SCHOLEY, A.; HASKELL, C. Neurocognitive effects of guaraná plant extract. **Drugs of the Future**, v. 33, n. 10, p. 869–874, 2008. Disponível em:
<https://doi.org/10.1358/dof.2008.33.10.1250977> Acesso em: 29 abr. 2025.

SEIFERT, S. M.; SCHAECHTER, J. L.; HERSHORIN, E. R.; LIPSHULTZ, S. E. Health Effects of Energy Drinks on Children, Adolescents, and Young Adults. **Pediatrics**, v. 127, n. 3, p. 511–528, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1542/peds.2009-3592> Acesso em: 29 abr. 2025.

SHERI, F.; DAWOOD, H.; HASSAN, J.; ALJAZAEARI, Q. Study the Effects of Taurine Oral Supplement used for Type 2 Diabetic Patients on Body Weight; Glycemic Control and Some Bone Mineralization Biochemical Markers. **Bulletin of Faculty of Pharmacy Cairo University**, v. 59, n. 1, p. 27–32, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.54634/2090-9101.1022> Acesso em: 29 abr. 2025.

SIRAJ, F. Md.; KIM, Y. J.; NATARAJAN, S.; JUNG, S. K.; YANG, D. U.; YANG, D. C. Ginseng and obesity: Observations from assorted perspectives. **Food Science and Biotechnology**, v. 23, n. 4, p. 1007–1016, 2014. Disponível em:
<https://doi.org/10.1007/s10068-014-0137-x> Acesso em: 29 abr. 2025.

SPHERICAL INSIGHTS. **Global Energy Drink Market Size.** [s. l.], 2023. Disponível em:
<https://www.sphericalinsights.com/pt/reports/energy-drink-market>. Acesso em: 29 abr. 2025.

SPRIET, L. L.; MACLEAN, D. A.; DYCK, D. J.; HULTMAN, E.; CEDERBLAD, G.; GRAHAM, T. E. Caffeine ingestion and muscle metabolism during prolonged exercise in humans. **American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism**, v. 262, n. 6, p. E891–E898, 1992. Disponível em: <https://doi.org/10.1152/ajpendo.1992.262.6.E891> Acesso em: 29 abr. 2025.

SULEIMAN, L. *et al.* Guaraná Supplementation Modulates Tryglicerides and Some Metabolic Blood Biomarkers in Overweight Subjects. **Annals of Obesity and Disorders**, v. 1, n. 1, p. 1–6, 2016. DOI: 10.1111/obr.12334 Acesso em: 2 maio. 2025

TALIK, T. N.; PENNA, E. M.; HACK, B. P.; HARP, A.; MILLARD-STAFFORD, M. Effects of Acute Guarana (*Paullinia cupana*) Ingestion on Mental Performance and Vagal Modulation Compared to a Low Dose of Caffeine. **Nutrients**, v. 16, n. 12, p. 1892, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/nu16121892> Acesso em: 2 maio. 2025

550

TENG, T. K. **O consumo de bebidas energéticas e seus efeitos à saúde**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade de São Paulo, São Paulo - SP, 2019. Disponível em: <https://bdta.abcd.usp.br/item/003055926>. Acesso em: 29 abr. 2025.

TORRES, E.; PINAFFI-LANGLEY, A. C. C.; FIGUEIRA, M. S.; CORDEIRO, K. S.; NEGRÃO, L. D.; SOARES, M.; SILVA, C. P. D.; ALFINO, M. C. Z.; SAMPAIO, G.; CAMARGO, A. D. de. Effects of the consumption of guarana on human health: A narrative review. **Comprehensive reviews in food science and food safety**, v. 21, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12862>. Acesso em: 29 abr. 2025.

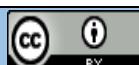
VISRAM, S.; CHEETHAM, M.; RIBY, D. M.; CROSSLEY, S. J.; LAKE, A. A. Consumption of energy drinks by children and young people: a rapid review examining evidence of physical effects and consumer attitudes. **BMJ Open**, v. 6, n. 10, p. e010380, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2015-010380> Acesso em: 2 maio. 2025

WASSEF, B.; KOHANSIEH, M.; MAKARYUS, A. N. Effects of energy drinks on the cardiovascular system. **World Journal of Cardiology**, v. 9, n. 11, p. 796–806, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.4330/wjc.v9.i11.796> Acesso em: 2 maio. 2025

WEI, M.-G.; YING, A.; HUANG, F.-Q.; WANG, F.-X.; ALOLGA, R. N.; MA, G.-X.; PAN, A. Taurine Reduces Atherosclerotic Plaque Area and Stability in Mice. **Journal of Exploratory Research in Pharmacology**, v. 9, n. 3, p. 135–144, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.14218/JERP.2024.00017> Acesso em: 2 maio. 2025

WIWANITKIT, V.; TAUNGJARUWINAI, W. A Case Report of Suspected Ginseng Allergy. **Medscape General Medicine**, v. 6, n. 3, p. 9, 2004. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC1435598/> Acesso em: 2 maio. 2025

WÓJCIK, O. P.; KOENIG, K. L.; ZELENIUCH-JACQUOTTE, A.; COSTA, M.; CHEN, Y. The potential protective effects of taurine on coronary heart disease. **Atherosclerosis**, v. 208, n. 1, p. 19–25, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.atherosclerosis.2009.06.002> Acesso em: 2 maio. 2025



YANG, Q.; YANG, J.; WU, G.; FENG, Y.; LV, Q.; LIN, S.; HU, J. Effects of Taurine on Myocardial cGMP/cAMP Ratio, Antioxidant Ability, and Ultrastructure in Cardiac Hypertrophy Rats Induced by Isoproterenol. In: (A. El Idrissi, W. J. L'Amoreaux, Org.)2013, New York, NY. **Taurine 8.** New York, NY: Springer, 2013. p. 217–229. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-1-4614-6093-0_21 Acesso em: 2 maio. 2025

YANG, S.; LI, F.; LU, S.; REN, L.; BIAN, S.; LIU, M.; ZHAO, D.; WANG, S.; WANG, J. Ginseng root extract attenuates inflammation by inhibiting the MAPK/NF-κB signaling pathway and activating autophagy and p62-Nrf2-Keap1 signaling in vitro and in vivo. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 283, p. 114739, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jep.2021.114739> Acesso em: 2 maio. 2025

YEO, H.-B.; YOON, H.-K.; LEE, H.-J.; KANG, S.-G.; JUNG, K.-Y.; KIM, L. Effects of Korean Red Ginseng on Cognitive and Motor Function: A Double-blind, Randomized, Placebo-controlled Trial. **Journal of Ginseng Research**, v. 36, n. 2, p. 190–197, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.5142/jgr.2012.36.2.190> Acesso em: 2 maio. 2025

YIN, J. Artificial Sweeteners: Current Discoveries, Healthy Effects and Future Developments. **MedScienc**, v. 1, n. 1, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.61173/bx16pp38>. Acesso em: 12 jul. 2025. Acesso em: 2 maio. 2025

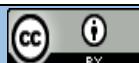
YONAMINE, M.; TENG, T. K. O consumo de bebidas energéticas e seus efeitos à saúde. **RevSALUS - Revista Científica Internacional da Rede Académica das Ciências da Saúde da Lusofonia**, v. 1, n. 2, p. 61–66, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.51126/revsalus.v1i2.121> Acesso em: 2 maio. 2025

YOON, J. A.; CHOI, K.-S.; SHIN, K. General Characteristics of Taurine: A Review. **The Korean Journal of Food And Nutrition**, v. 28, p. 404–414, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.9799/KSFAN.2015.28.3.404> Acesso em: 2 maio. 2025

ZAHERI, S.; MARANDI, S. M. The effect of ginseng supplement on heart rate, systolic and diastolic blood pressure to resistance training in trained males. **Artery Research**, v. 15, p. 6–11, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.artres.2016.06.001> Acesso em: 2 maio. 2025

ZERIOUH, I. F.; CHERIFA, B. A.; SAMIA, A. Effect of consumption of energy drinks and their toxicities. **South Asian Journal of Experimental Biology**, v. 13, n. 2, p. 133–139, 2023. Disponível em: [https://doi.org/10.38150/sajeb.13\(2\).p133-139](https://doi.org/10.38150/sajeb.13(2).p133-139) Acesso em: 2 maio. 2025

ZHANG, J.; WANG, J.; XU, X.; YANG, J.; WANG, Z.; JIANG, S.; WANG, Y.; ZHANG, J.; ZHANG, R.; LI, W. Red ginseng protects against cisplatin-induced intestinal toxicity by inhibiting apoptosis and autophagy via the PI3K/AKT and MAPK signaling pathways. **Food & Function**, v. 11, n. 5, p. 4236–4248, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1039/D0FO00469C> Acesso em: 2 maio. 2025



ZHANG, X.-F.; MIN, R.-X.; WANG, Z.; QI, Y.; LI, R.-N.; FAN, J.-M. Effects of Ginseng Consumption on Cardiovascular Health Biomarkers in Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. **Phytotherapy Research**, v. 38, n. 12, p. 5873–5900, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/ptr.8339> Acesso em: 2 maio. 2025

ZHAO, L.-F.; LI, F.; LIU, J. Taurine and its effect on the protection of the central nervous system. **Chinese Journal of Applied Clinical Pediatrics**, v. 30, n. 8, p. 635–637, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.3760/CMA.J.ISSN.2095-428X.2015.08.020> Acesso em: 2 maio. 2025