



COMPOSIÇÃO PROXIMAL, ATIVIDADE ANTIOXIDANTE E BIOATIVOS DE CAFÉS ARÁBICA TORRADOS PRODUZIDOS EM GARANHUNS-PE E IMPLICAÇÕES PARA A SAÚDE DO CONSUMIDOR

COMPOSICIÓN APROXIMADA, ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE Y SUSTANCIAS BIOACTIVAS DE LOS CAFÉS ÁRABICA TOSTADOS PRODUCIDOS EN GARANHUNS (PE) Y REPERCUSIONES PARA LA SALUD DEL CONSUMIDOR

PROXIMATE COMPOSITION, ANTIOXIDANT ACTIVITY AND BIOACTIVE COMPOUNDS OF ROASTED ARABICA COFFEES PRODUCED IN GARANHUNS, PERNAMBUCO, AND THEIR IMPLICATIONS FOR CONSUMER HEALTH

Apresentação: Comunicação Oral

Wanessa Braz da Silva¹; Marina Braga Alves²; Isabel Cristina Freitas Feitosa³; Wallysson Wagner Vilela Santos⁴; Suzana Pedroza da Silva⁵

DOI: <https://doi.org/10.31692/VIICIAGRO.0149>

RESUMO

O café é uma das bebidas mais consumidas mundialmente e sua composição em compostos bioativos tem sido associada a diversos efeitos benéficos à saúde humana. O presente estudo objetivou caracterizar a composição proximal, a atividade antioxidante e os principais compostos bioativos, ácido 5-O-cafeoilquínico (5-CQA), cafeína, trigonelina e ácido nicotínico, de três variedades de café arábica (*Coffea arabica* L.) torradas, produzidas no município de Garanhuns, Pernambuco, Brasil, e correlacionar os resultados com a literatura científica sobre seus efeitos na saúde do consumidor. As amostras corresponderam às variedades Catuaí Vermelho (A), Mundo Novo (B) e *Typica* (C), submetidas a processamento por secagem natural e torra por convecção (190 °C/12 min). A composição proximal foi determinada pelo método do Instituto Adolfo Lutz; a atividade antioxidante foi avaliada pelo ensaio ABTS; e os compostos bioativos foram determinados por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE/HPLC). Os parâmetros proximais (cinzas: 2,70–3,04%; lipídios: 10,91–12,74%; proteínas: 10,81–11,28%) não diferiram significativamente entre as variedades ($p > 0,05$). Já os compostos bioativos apresentaram diferenças significativas ($p < 0,05$): a amostra B (Mundo Novo) destacou-se pelos maiores teores de atividade antioxidante (20,310 μmol Trolox/g), 5-CQA (166,93 mg/100g) e cafeína (334,32 mg/100g), enquanto a amostra C (*Typica*) apresentou os maiores teores de trigonelina (213,07 mg/100g) e de ácido nicotínico (126,35 mg/100g). Os resultados demonstram que a variedade botânica é determinante no perfil bioativo do café torrado, com implicações diretas para a saúde dos consumidores, e evidenciam o potencial das cultivares produzidas no Agreste pernambucano como fontes de compostos

¹ Programa de Pós-graduação em Engenharia Química, Universidade Federal de Pernambuco, wanessa.braz09@gmail.com

² Escola de Aplicação Professora Ivonita Alves Guerra Curso, marinabraga.mba@gmail.com

³ Bacharelado em Engenharia de Alimentos, Universidade Federal do Agreste de Pernambuco, isabel.cristina@ufape.edu.br

⁴ Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos, Universidade Federal da Bahia wallysson70@gmail.com

⁵ Professora do curso de Bacharelado em Engenharia de Alimentos e do Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais. Universidade Federal do Agreste de Pernambuco (UFape), suzana.pedroza@ufape.edu.br

funcionais.

Palavras-Chave: *Coffea arabica*; compostos fenólicos; HPLC; saúde do consumidor; variedades de café.

RESUMEN

El café es una de las bebidas más consumidas en todo el mundo y su composición en compuestos bioactivos se ha asociado a diversos efectos beneficiosos para la salud humana. El presente estudio tuvo como objetivo caracterizar la composición proximal, la actividad antioxidante y los principales compuestos bioactivos — ácido 5-O-cafeoilquínico (5-CQA), cafeína, trigonelina y ácido nicotínico— de tres variedades de café arábica (*Coffea arabica* L.) tostadas, producidas en el municipio de Garanhuns, Pernambuco, Brasil, y correlacionar los resultados con la literatura científica sobre sus efectos en la salud del consumidor. Las muestras correspondían a las variedades Catuaí Vermelho (A), Mundo Novo (B) y Typica (C), sometidas a un procesamiento por secado natural y tueste por convección (190 °C/12 min). La composición proximal se determinó mediante el método del Instituto Adolfo Lutz; la actividad antioxidante se evaluó mediante el ensayo ABTS; y los compuestos bioactivos se determinaron mediante cromatografía líquida de alta resolución (CLAE/HPLC). Los parámetros proximales (cenizas: 2,70–3,04 %; lípidos: 10,91–12,74 %; proteínas: 10,81–11,28 %) no difirieron significativamente entre las variedades ($p > 0,05$). En cambio, los compuestos bioactivos presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$): la muestra B (Mundo Novo) destacó por sus mayores contenidos de actividad antioxidante (20,310 μmol Trolox/g), 5-CQA (166,93 mg/100 g) y cafeína (334,32 mg/100 g), mientras que la muestra C (Typica) presentó los mayores contenidos de trigonelina (213,07 mg/100 g) y de ácido nicotínico. Los resultados demuestran que la variedad botánica es determinante en el perfil bioactivo del café tostado, con implicaciones directas para la salud de los consumidores, y ponen de manifiesto el potencial de los cultivares producidos en la región de Agreste, en Pernambuco, como fuentes de compuestos funcionales.

Palabras Clave: *Coffea arabica*; compuestos fenólicos; HPLC; salud del consumidor; variedades de café.

ABSTRACT

Coffee is one of the most consumed beverages worldwide, and its bioactive compound composition has been associated with various beneficial effects on human health. This study aimed to characterize the proximate composition, antioxidant activity and principal bioactive compounds, 5-O-caffeoylquinic acid (5-CQA), caffeine, trigonelline and nicotinic acid, of three roasted Arabica coffee varieties (*Coffea arabica* L.) produced in the municipality of Garanhuns, Pernambuco, Brazil, and to correlate the findings with the scientific literature on their health effects. Samples corresponded to cvs. Catuaí Vermelho (A), Mundo Novo (B) and Typica (C), all submitted to natural processing and convection roasting (190 °C/12 min). Proximate composition was determined following Instituto Adolfo Lutz methodology; antioxidant activity was assessed by the ABTS assay; and bioactive compounds were quantified by HPLC. Proximate parameters (ash: 2.70–3.04%; lipids: 10.91–12.74%; protein: 10.81–11.28%) did not differ significantly among varieties ($p > 0.05$). Bioactive compounds showed significant differences ($p < 0.05$): sample B (Mundo Novo) presented the highest antioxidant activity (20,310 μmol Trolox/g), 5-CQA (166.93 mg/100g) and caffeine (334.32 mg/100g), while sample C (Typica) showed the highest trigonelline (213.07 mg/100g) and nicotinic acid (126.35 mg/100g) contents. The results demonstrate that botanical variety is a primary determinant of the bioactive profile of roasted coffee, with direct implications for consumer health, highlighting the potential of cultivars produced in the semi-arid Agreste of Pernambuco as sources of functional compounds.

Keywords: *Coffea arabica*; HPLC; coffee varieties; consumer health; phenolic compounds.

INTRODUÇÃO

O café é classificado como uma das principais *commodities* agrícolas do mundo e uma das bebidas mais consumidas diariamente, presente na rotina de bilhões de pessoas em todos os continentes (Freitas *et al.*, 2024; Kim *et al.*, 2025). O Brasil ocupa a posição de maior produtor e exportador mundial, respondendo por aproximadamente 35% do suprimento global, e o estado de

Pernambuco, embora não esteja entre os maiores produtores nacionais, apresenta regiões com potencial reconhecido para a cafeicultura de qualidade, como o município de Garanhuns, localizado no Agreste pernambucano a cerca de 900 m de altitude (Queiroga, 2021).

A complexidade química do café torrado, com mais de 1.000 compostos identificados, tem atraído crescente atenção científica, especialmente no que diz respeito ao seu potencial funcional e às implicações do consumo habitual para a saúde humana (Bastian *et al.*, 2021; Makiso *et al.*, 2024). Entre os compostos bioativos mais estudados encontram-se os ácidos clorogênicos, a cafeína, a trigonelina, o ácido nicotínico, as melanoidinas e os diterpenos cafestol e kahweol, cada um com perfis farmacológicos distintos e com efeitos documentados em doenças cardiovasculares, diabetes mellitus tipo 2, neurodegeneração e inflamação crônica (Liang *et al.*, 2023; Nguyen *et al.*, 2024).

A composição bioativa do café torrado é fortemente influenciada pela variedade botânica, pela origem geográfica, pelo processamento pós-colheita e pelas condições de torrefação (Alcantara *et al.*, 2025; Silva *et al.*, 2025). Apesar disso, cafés produzidos em regiões específicas do Brasil, especialmente no Nordeste, permanecem amplamente subcaracterizados na literatura científica, representando uma lacuna de conhecimento com implicações tanto para a saúde pública quanto para a valorização econômica do produto.

Diante desse contexto, o presente estudo teve como objetivo caracterizar a composição proximal (cinzas, lipídios e proteínas), a atividade antioxidante (ABTS) e os principais compostos bioativos (5-CQA, cafeína, trigonelina e ácido nicotínico) de três variedades de café arábica torrado produzidas em Garanhuns, Pernambuco, e correlacionar os resultados com a literatura científica sobre os efeitos desses compostos na saúde dos consumidores.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Café

O café é uma planta perene da família Rubiaceae, contendo mais de 70 espécies de café, entretanto, apenas sete deles possuem maior importância econômica. Os cafés cultivados comercialmente são arábica (*Coffea arabica*) e Robusta (*Coffea canephora*). A composição dos grãos de café é altamente complexa e variável, razão pela qual é necessário que a colheita seja feita numa fase inicial de maturação para garantir uniformidade em termos de características químicas e sensoriais. Outro fator intrigante que tem sido objeto de diversos estudos é a localização das plantações de café. Em particular, a localização geográfica do cultivo tem sido usada como referência para a qualidade potencial da bebida final (Pereira *et al.*, 2021; Ferreira *et al.*, 2023).

O café chega ao Brasil por um oficial brasileiro que, durante uma visita à Guiana Francesa em 1727, recebeu uma planta escondida em um buquê de flores como prova de carinho da esposa do

governador (Rao; Ramalakshmi, 2011). Inicialmente, as plantações de café no Brasil se estabeleceram no estado do Pará e logo depois no Maranhão. Posteriormente, o cultivo dessa cultura se espalhou para outros estados como Minas Gerais, Rio de Janeiro, Bahia, São Paulo e Paraná. O café adaptou-se bem ao clima tropical brasileiro e rapidamente ganhou importância na economia nacional (Freitas *et al.*, 2024).

Os registros sobre a produção de café no estado de Pernambuco são datados desde o século XVIII, por meio de documentação referente à exportação para Portugal. De acordo com alguns registros do militar português Dom Tomás José de Melo, responsável por governar a capitania de Pernambuco entre 1787 e 1798, as primeiras mudas chegaram por volta de 1780 e como resultado disso, no século XIX se formava uma sociedade de produtores de café em Recife com o objetivo de pleitear recursos para o desenvolvimento dessa cultura na região (Estephania, 2024). A cafeicultura pernambucana possuía destaque no cenário econômico até o início da década de 1990, momento em que houve a desregulamentação econômica do setor cafeeiro por parte do Governo Federal, o que, na época, praticamente extinguiu os cafezais (Minasi *et al.*, 2023).

Em Pernambuco, o cultivo do café teve início na época do Império do Brasil, na cidade de Garanhuns, região do Agreste, considerada o maior polo cafeicultor do Estado. Porém, em alguns municípios, houve uma descontinuidade da cultura, refletindo uma queda da atividade e impacto na economia local (Queiroga, 2021). Devido a outras práticas econômicas, como a pecuária, grande parte da vegetação foi devastada e com isso, houve a necessidade dos produtores locais buscarem novas estratégias para os plantios, adotando o uso de pleno sol (exposição direta aos raios solares). A produção de café na cidade vem sendo resgatada e os produtores buscam melhorar a qualidade do produto (Estephania, 2024). No ano de 2022, a cidade de Garanhuns se destacou entre os principais produtores no estado, com uma produção estimada em 330 mil reais (IBGE, 2022).

Composição bioativa do café

O consumo regular da bebida café vem sendo associado a redução da incidência de várias doenças relacionadas ao sistema nervoso, respostas psicoativas, diabetes e câncer. Esses benefícios para a saúde estão ligados aos componentes bioquímicos presentes nos grãos de café cru e também aos compostos que são produzidos durante sua torrefação, processo que submete os grãos a altas temperaturas, no qual ocorre uma série de transformações responsáveis pelo aroma, cor e sabor característicos (Bastian *et al.*, 2021).

O café é considerado uma fonte primária de substâncias bioativas, como compostos fenólicos, alcaloides e flavonoides, que têm papéis potencialmente cruciais na saúde. No entanto, materiais tóxicos obtidos termicamente durante o processo de torra também são formados, os contaminantes

térmicos, que podem produzir efeitos adversos no corpo, representando potenciais riscos à saúde (Todhanakasem *et al.*, 2025).

Pesquisas associadas aos benefícios e malefícios do consumo do café vêm sendo realizadas, e, diante das informações expostas por elas, os consumidores ficam cada vez mais incertos acerca dos seus hábitos de consumo da bebida, visto que, frequentemente, a ingestão do café é desencorajada diante dos riscos associados ao consumo excessivo da bebida (hipertensão, insônia, depressão, doenças coronarianas, dentre outras) (Ciaramelli; Palmioli; Airoidi, 2019). As discrepâncias de resultados de benefício-dano entre os autores são constantemente associadas ao quantitativo dos constituintes do café ingeridos, portanto, consumir café com moderação pode afetar positivamente a saúde de um indivíduo (Lin *et al.*, 2024).

Sua composição constitui principalmente de carboidratos (açúcares), compostos nitrogenados (como, proteínas, aminoácidos livres e alcaloides, tais como cafeína e trigonelina), lipídios, ácidos orgânicos (como, por exemplo, ácidos clorogênicos, incluindo ácido 3 cafeoilquínico, ácido 4-cafeoilquínico e ácido 5-cafeoilquínico), minerais e água. Esses compostos não voláteis afetam significativamente a qualidade final do café, seja diretamente, seja por meio de sua conversão em compostos voláteis, os principais precursores de sabor (Mohamed *et al.*, 2024).

Além disso, compostos como cafeína, trigonelina, ácido nicotínico e sacarose contribuem para o sabor e as propriedades de bioatividade do café (Alcantara *et al.*, 2025). O processo de torrefação dos grãos de café, que é crítico para a evolução do sabor, aroma e cor da bebida, influencia a composição química e as atividades biológicas desse grão, levando a redução de alguns compostos, como ácido clorogênico (ACG), e a formação de outros, como melanoidinas (Bastian *et al.*, 2021).

Cafeína

Os riscos potenciais do café à saúde são frequentemente associados ao seu percentual de cafeína. Alguns estudos demonstram que o consumo dessa bebida aumenta o risco de doenças cardiovasculares, diurese e ansiedade, devido à cafeína presente em sua composição. No entanto, outro estudo constatou que a cafeína presente nesse grão resultou em maior atividade antioxidante (Yalçinkaya; Abdalla; Bakkalbaşı, 2022).

A cafeína é o composto químico mais abundante no café, sendo seu consumo relativamente seguro e que possui efeitos positivos, atuando no aumento da norepinefrina, a acetilcolina e da dopamina (neurotransmissores do sistema nervoso), por meio de seus efeitos na adenosina, desde que ingerida em quantidades adequadas. A cafeína também pode aumentar os sinais BOLD (*Blood Oxygenation Level Dependent*- dependente do nível de oxigenação sanguínea) no estriado e na conectividade fronto estriatal, que são regiões importantes no controle da atenção (Sharma *et al.*,

2022).

Lipídios

A composição lipídica do café também pode afetar a saúde humana. O óleo de café contém 80% de acilglicerois, compostos aromáticos, ácidos graxos livres (0,54%), ceras (1,53%) e diterpenos, esteróis e tocoferóis insaponificáveis (15–18%) (Zanin *et al.*, 2021). No mercado dessa *commodity* é produzido o óleo de café torrado, que contém ácidos graxos benéficos e componentes fisiologicamente ativos, como o β -sitosterol e α -tocoferol (Dong *et al.*, 2021). Além disso, o efeito da torrefação no conteúdo de ingredientes ativos em óleos e gorduras de café, após a torrefação apropriada, pode aumentar o conteúdo de tocoferóis em óleos e gorduras de café, com desenvolvimento do efeito protetor na deterioração oxidativa de ácidos graxos poliinsaturados em óleos vegetais (Zhang *et al.*, 2024).

Outra classe de lipídios bastante estudada são os diterpenos, em especial o cafestol e Kahweol, sendo encontrados de forma predominante como ésteres graxos em café não filtrado. Pesquisas anteriores indicaram que os diterpenos do café (particularmente o cafestol), que elevam eficientemente o triacilglicerol plasmático humano e a lipoproteína de baixa densidade (LDL), podem representar um risco de desenvolver pelo menos duas doenças cardiovasculares (Ren *et al.*, 2019).

No entanto, pesquisas mais recentes demonstram que o cafestol e o *kahweol* têm um surpreendente impacto duplo, além dos efeitos adversos nos níveis de colesterol no sangue e nas enzimas hepáticas em certas situações, investigações abrangentes demonstraram que o cafestol e o *kahweol* exibem uma vasta gama de atividades farmacológicas, incluindo propriedades anti-inflamatórias, anti-angiogênicas e anticancerígenas (Mohamed *et al.*, 2024).

Ácido clorogênico

Os ácidos clorogênicos (ACGs) são um dos polifenóis mais abundantes no café, sendo classificados como um éster do ácido cafeico e do ácido quínico. Referem-se a todo o grupo de ésteres hidroxicinâmicos contendo ácido quínico, que inclui os ácidos cafeoil-, feruloil-, dicafeoil- e cumaroilquínico, sendo majoritariamente encontrados nos grãos de café cru. Embora a maioria dos ácidos clorogênicos sejam eliminados durante o processo de torrefação, os grãos de café ainda são considerados uma fonte primária de ACGs na dieta humana (Mohamed *et al.*, 2024).

Estudos *in vitro* e *in vivo* constataram os principais efeitos farmacológicos do ácido clorogênico, características antioxidantes, antiinflamatórias, antibacterianas, antivirais, hipoglicêmicas, hipolipemiantes, anti-cardiovasculares, antimutagênicos e anticâncer, o que, consequentemente, pode ser crucial no suporte à saúde humana (Goya *et al.*, 2023; Hwang *et al.*,

2014; Nguyen *et al.*, 2024).

Trigonelina

Em particular, a trigonelina pertence aos principais componentes do café, onde está presente em quantidades semelhantes às da cafeína. Esse composto é um alcaloide, altamente solúvel em água, que contribui para o amargor indevido no café, e que foi relatado que tem efeitos hipoglicêmicos, hipolipidêmicos, sedativos, antiemese, antibacterianos, antivirais e antitumorais, além de melhorar a retenção de memória e inibir a agregação plaquetária (Di Gioacchino; Ricci; Bruni, 2024).

A epidemia global de diabetes trouxe uma grande preocupação sobre a saúde pública. Nesse prisma, sabe-se que novas estratégias eficazes antidiabetes são urgentemente necessárias. Nesse sentido, a trigonelina provou ter um bom efeito terapêutico sobre a diabetes e complicações diabéticas, cujos mecanismos incluem a modulação da secreção de insulina, uma redução no estresse oxidativo e a melhora da tolerância à glicose e resistência à insulina. Além disso, a trigonelina foi relatada como um agente neuroprotetor contra muitas doenças neurológicas, incluindo o Alzheimer, a doença de Parkinson, derrame e depressão (Liang *et al.*, 2023).

Melanoidinas

Melanoidinas são compostos de alto peso molecular formados pela reação de Maillard, que ocorre em alimentos processados termicamente. Essa reação é o evento mais importante que leva à formação de melanoidinas, que são responsáveis pelo sabor, aroma e cor característicos do café (Yu *et al.*, 2022).

Do ponto de vista nutricional, as melanoidinas do café são consideradas uma fonte de fibra alimentar (Rajakaruna *et al.*, 2022). Além disso, diferentes propriedades promotoras da saúde foram descritas para essas moléculas como capacidade antioxidante, além de atuar como agentes anticarcinogênicos, antimicrobianos e anti-inflamatórios, têm efeitos anti-hipertensivos pela modulação do sistema renina-angiotensina-aldosterona podem ser usados como fonte de nitrogênio e carbono para bactérias probióticas intestinais, como as bifidobactérias, exibindo capacidade prebiótica, que ocorre devido à sua incapacidade de atravessar a membrana intestinal (no duodeno), as melanoidinas de alto peso molecular são forçadas a entrar no trato intestinal inferior (colon) (Iriando-DeHond; Casas; del Castillo, 2022; Lopes; Cunha, 2024).

Ácido cafeico

O ácido cafeico é um composto bioativo, pertencente ao enorme grupo de produtos químicos chamados polifenóis e é um principal representante do subgrupo polifenol dos ácidos

hidroxicinâmicos. Na literatura, o ácido cafeico é associado a vários benefícios, como à capacidade anti-inflamatória, atividade semelhante à ansiolítica anticâncer e antiviral. O ácido cafeico também é um antioxidante que pode reduzir o estresse oxidativo que é formado no corpo devido ao efeito dos radicais livres (Hall *et al.*, 2015; Cizmarova *et al.*, 2020).

Além disso, sua combinação com outros produtos, como ácido clorogênico, demonstrou atividade antioxidante mais potente em uma variedade de sistemas diferentes in vitro e in vitro, os ácidos cafeicos também receberam atenção como agentes fotoprotetores promissores e têm sido usados em produtos para a pele devido à sua atividade antioxidante (Cizmarova *et al.*, 2020).

METODOLOGIA

Quanto à abordagem metodológica, o estudo apresenta caráter quali-quantitativo, enquadrando-se como pesquisa experimental visto que aborda uma revisão dos principais compostos bioativos do café e efeitos na saúde do consumidor, além da caracterização de cafés produzidos em Garanhuns-PE.

2.1 Obtenção e caracterização das amostras

Três amostras de café arábica (*Coffea arabica* L.) foram adquiridas de produtores do município de Garanhuns, Pernambuco, Brasil (8°53'S, 36°29'W; altitude ~900 m), no ano de 2024. Todas as amostras foram processadas por via natural (secagem em terreiro) e torradas em torrador a convecção Stratto 1 kg (Carmomaq, Pouso Alegre, Brasil), com temperatura de entrada de 150 °C, temperatura máxima de torra de 190 °C e tempo de 12 minutos. A Tabela 01 apresenta a identificação das amostras.

Tabela 01: Identificação das amostras de café arábica torrado utilizadas no estudo.

Amostra	Variedade	Processamento	Município de origem
A	Catuaí Vermelho	Secagem natural	Garanhuns – PE
B	Mundo Novo	Secagem natural	Garanhuns – PE
C	Typica	Secagem natural	Garanhuns – PE

Fonte: Própria (2025).

Após a torra, os grãos foram moídos em moedor de lâmina convencional (OMDR100-220, Oster, São Paulo, Brasil) e padronizados em granulometria de 32 mesh (0,5 mm), sendo armazenados em sacos plásticos *ziplock* até a realização das análises. Para as determinações de atividade antioxidante e compostos bioativos, foram preparados extratos com 5 g de café moído e 50 mL de água destilada a aproximadamente 100 °C.

2.2 Composição proximal

As análises de composição proximal foram realizadas em triplicata, conforme metodologia descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (2008): cinzas por incineração em mufla a 550 °C até queima completa da matéria orgânica; lipídios por extração contínua com hexano em aparelho Soxhlet; e proteínas pelo método *Kjeldahl* (digestão ácida, destilação e titulação), com fator de conversão de nitrogênio para proteína de 6,25.

2.3 Atividade antioxidante – ensaio ABTS

O ensaio ABTS foi realizado segundo a metodologia descrita por Mizuta *et al.* (2020). Resumidamente, 50 µL de extrato de café (diluído 1:50) foram adicionados a 950 µL de solução de trabalho ABTS• (7 mmol/L), a mistura foi agitada em vórtex e mantida ao abrigo da luz, à temperatura ambiente, por 10 minutos. A absorbância foi medida a 734 nm em espectrofotômetro (Biochrom Libra-522, Cambridge, Reino Unido). Os resultados foram expressos em µmol de equivalentes de Trolox por grama de amostra (µmol Trolox/g), por meio de curva de calibração de Trolox (50–1000 µM; $R^2 = 0,99$). Todas as determinações foram realizadas em triplicata.

2.4 Compostos bioativos por CLAE/HPLC

Para a determinação dos compostos bioativos, 0,5 g de café torrado foram adicionados a 60 mL de água destilada em ebulição (~100 °C), a mistura foi agitada por 15 minutos, filtrada em papel filtro (gramatura 85 g m⁻²; espessura 0,20 mm) e o volume completado a 100 mL em balão volumétrico. O extrato foi filtrado em membrana de 0,45 µm e acondicionado em *vial* para cromatógrafo. As análises foram realizadas em cromatógrafo Acella (Thermo Scientific), com detector PDA (UV-VIS), bomba Acella 600, amostrador automático e coluna C-18, nos comprimentos de onda de 272 nm e 320 nm, fluxo de 1,0 mL/min, gradiente dos eluentes (metanol: ácido fórmico 0,3%) e corrida de 15 min por amostra. Os coeficientes de determinação das curvas analíticas foram: 5-CQA ($R^2 = 0,9917$), cafeína ($R^2 = 0,9918$), trigonelina ($R^2 = 0,9951$) e ácido nicotínico ($R^2 = 0,9988$). Os resultados foram expressos em mg/100g de amostra. Todas as análises foram realizadas em triplicata.

2.5 Análise estatística

Os dados foram expressos como média ± desvio padrão (n = 3). As diferenças entre as variedades foram avaliadas por análise de variância (ANOVA) seguida do teste de Tukey a 5% de probabilidade (p < 0,05), utilizando o software R versão 4.4.1 (R Core Team, 2024) e RStudio versão 2024.04.2+764.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Compostos bioativos do café e saúde humana: síntese da literatura

A Tabela 02 sumariza as principais propriedades bioativas dos compostos presentes no café, na qual se contextualiza a importância dos compostos analisados com base na literatura científica mais recente, assim evidenciando o amplo espectro de efeitos documentados na saúde humana.

Tabela 02: Principais compostos bioativos do café e seus efeitos documentados na saúde humana.

Composto	Principais propriedades bioativas e efeitos na saúde humana	Referências
Cafeína	Inibição de receptores de adenosina; aumento do estado de alerta e atenção; efeitos psicoativos; ação anti-inflamatória e imunomoduladora	Sharma <i>et al.</i> (2022); Lesar <i>et al.</i> (2025)
Ácido clorogênico (5-CQA)	Antioxidante, anti-inflamatório, antibacteriano, antiviral, hipoglicêmico, hipolipemiante, anticancerígeno e antimutagênico	Nguyen <i>et al.</i> (2024); Mohamed <i>et al.</i> (2024)
Trigonelina	Efeitos antidiabéticos (secreção de insulina, tolerância à glicose); neuroproteção (Alzheimer, Parkinson, depressão); cardioproteção	Liang <i>et al.</i> (2023)
Ácido nicotínico	Redução do colesterol; ação anti-ártrica; estímulo à função cerebral; precursor formado pela pirólise da trigonelina durante a torra	Di Gioacchino; Ricci; Bruni (2024)
α -Tocoferol	Antioxidante; propriedades antienvhecimento; aceleração do metabolismo do colesterol; prevenção de aterosclerose	Hu <i>et al.</i> (2021)
Cafestol e kahweol	Anti-inflamatório, anti-angiogênico e anticancerígeno; elevação do LDL-colesterol em preparações não filtradas	Ren <i>et al.</i> (2019); Mohamed <i>et al.</i> (2024)
Melanoidinas	Prebiótico, antibacteriano, anticariogênico, anticancerígeno; fonte de fibra alimentar; efeito antioxidante	Iriondo-DeHond; Rodríguez Casas; del Castillo (2021)
Ácido cafeico	Antioxidante, anti-inflamatório, ansiolítico, neuroprotetor	Hall <i>et al.</i> (2015); Cizmarova <i>et al.</i> (2020)

Fonte: Própria (2026).

A cafeína, alcaloide mais abundante no café, correspondendo a aproximadamente 99% do total de alcaloides, exerce efeitos psicoativos primariamente pela inibição competitiva dos receptores de adenosina A1 e A2A, reduzindo a sensação de fadiga e aumentando o estado de alerta, a velocidade de processamento de informações e a atenção (Lesar *et al.*, 2025; Sharma *et al.*, 2022). O ácido 5-O-cafeoilquínico (5-CQA), principal representante dos ácidos clorogênicos no café, é reconhecido como um dos mais potentes antioxidantes naturais, com propriedades anti-inflamatórias, antibacterianas, hipoglicêmicas e cardioprotetoras amplamente documentadas (Nguyen *et al.*, 2024; Mohamed *et al.*, 2024).

A trigonelina, segundo alcaloide mais abundante, se destaca por seus efeitos antidiabéticos, com mecanismos envolvendo o aumento da secreção de insulina, a melhora da tolerância à glicose e a redução da resistência à insulina, e por sua atividade neuroprotetora contra doenças como Alzheimer e Parkinson (Liang *et al.*, 2023). Sua degradação parcial durante a torra origina ácido nicotínico (vitamina B3), que contribui para o valor nutricional da bebida (Di Gioacchino; Ricci; Bruni, 2024).

Os lipídios do café merecem atenção especial: embora os diterpenos cafestol e kahweol tenham sido associados à elevação do LDL-colesterol em preparações não filtradas, estudos mais recentes demonstram suas propriedades anti-inflamatórias e anticancerígenas (Ren *et al.*, 2019; Mohamed *et al.*, 2024). O óleo de café torrado é rico em β -sitosterol e α -tocoferol, compostos com reconhecidas propriedades antioxidantes e cardioprotetoras (Hu *et al.*, 2021; Zhang *et al.*, 2024). As proteínas do café participam como precursores da reação de Maillard durante a torra, influenciando a formação de compostos aromáticos e de melanoidinas, que por sua vez exibem efeitos prebióticos e anticancerígenos (Cardoso *et al.*, 2023; Iriondo-DeHond; Rodríguez Casas; del Castillo, 2021).

3.2 Composição proximal, atividade antioxidante e compostos bioativos das amostras de Garanhuns

Os resultados das análises realizadas com as três variedades de café arábica torrado de Garanhuns estão apresentados na Tabela 03.

Tabela 03: Composição proximal, atividade antioxidante e compostos bioativos de cafés arábica torrados produzidos em Garanhuns, Pernambuco.

Amostr a	Cinzas (%)	Lipídios (%)	Proteínas (%)	ABTS (μ mol Trolox/g)	5-CQA (mg/100g)	Cafeína (mg/100g)	Trigonelin a (mg/100g)	Ác. Nicotínico o (mg/100g)
A	2,74 $\pm$ 0, 12a	10,91 $\pm$ 0, 72a	11,15 $\pm$ 0,2 1ab	19201 $\pm$ 7, 7b	122,09 $\pm$ 0, 36c	245,65 $\pm$ 1, 14c	134,08 $\pm$ 0, 73c	114,40 $\pm$ 1, 22c
B	3,04 $\pm$ 0, 19a	12,63 $\pm$ 0, 87a	11,28 $\pm$ 0,1 5a	20310 $\pm$ 10 0a	166,93 $\pm$ 0, 60a	334,32 $\pm$ 1, 27a	187,80 $\pm$ 2, 29b	159,02 $\pm$ 1, 02a
C	2,70 $\pm$ 0, 16a	12,74 $\pm$ 1, 02a	10,81 $\pm$ 0,2 3b	19131 $\pm$ 11 ,7b	163,93 $\pm$ 0, 21b	271,77 $\pm$ 1, 58b	213,07 $\pm$ 0, 90a	126,35 $\pm$ 0, 71b
CV (%)	7,47	9,68	3,27	2,94	14,38	13,78	19,60	15,03

Médias seguidas de letras minúsculas iguais na mesma coluna não diferem entre si (teste de Tukey, $p < 0,05$). 5-CQA: ácido 5-O-cafeoilquínico; ABTS: capacidade de sequestro do radical 2,2'-azino-bis(3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico) expressa em μ mol equivalentes de Trolox por grama; CV: coeficiente de variação. Fonte: Própria (2026).

Os teores de cinzas (2,70–3,04%), lipídios (10,91–12,74%) e proteínas (10,81–11,28%) não diferiram significativamente entre as variedades ($p > 0,05$). As cinzas representam o conteúdo mineral

total e suas variações podem refletir diferenças na composição do solo de cultivo, no estágio de maturação dos frutos e na presença de película prateada residual (Zainuri *et al.*, 2023). Os teores de lipídios são compostos por triacilgliceróis, esteróis, tocoferóis e diterpenos. O mercado de café produz óleo de café torrado rico em β -sitosterol e α -tocoferol, compostos que conferem propriedades antioxidantes e antienvelhecimento ao produto, além de potencial para acelerar o metabolismo do colesterol e prevenir a aterosclerose (Hu *et al.*, 2021; Zanin *et al.*, 2021). O processo de torra pode aumentar o conteúdo de tocoferóis nos óleos do grão, exercendo efeito protetor contra a deterioração oxidativa dos ácidos graxos poli-insaturados (Zhang *et al.*, 2024). O conteúdo proteico, com maior valor na amostra B ($11,28 \pm 0,15\%$), reflete a importância das proteínas como precursores da reação de Maillard durante a torrefação, processo determinante para a formação de compostos de aroma e cor (Cardoso *et al.*, 2023).

A atividade antioxidante medida pelo ensaio ABTS foi significativamente maior na amostra B, Mundo Novo ($20310 \pm 100 \mu\text{mol Trolox/g}$), em comparação às amostras A e C ($19100\text{--}19200 \mu\text{mol Trolox/g}$). Esta diferença é consistente com os maiores teores de 5-CQA e cafeína observados nessa variedade, compostos com reconhecida capacidade antioxidante (Alamri; Rozan; Bayomy, 2022; Yalçinkaya; Abdalla; Bakkalbaşı, 2022). A atividade antioxidante também é influenciada pelas melanoidinas formadas durante a torra, produtos da reação de Maillard que contribuem com capacidade antioxidante adicional à fração fenólica (Bastian *et al.*, 2021). A associação entre maior atividade antioxidante e menor incidência de doenças crônico-degenerativas está bem estabelecida na literatura, com destaque para o potencial protetor em doenças cardiovasculares (Liczbiński; Bukowska, 2022).

Os teores de 5-CQA variaram de $122,09 \pm 0,36 \text{ mg/100g}$ (amostra A) a $166,93 \pm 0,60 \text{ mg/100g}$ (amostra B), com diferença estatisticamente significativa entre todas as amostras ($p < 0,05$). A diferença de aproximadamente 37% entre as amostras A e B reflete provavelmente diferenças genotípicas na biossíntese de ácidos fenólicos durante o desenvolvimento do grão, enquanto que as condições de processamento e torra foram idênticas. Os valores encontrados são coerentes com torra clara ($190^\circ\text{C}/12 \text{ min}$), na qual a degradação térmica dos ácidos clorogênicos é limitada, diferentemente de torras escuras, que podem causar perdas de até 90% desses compostos (Alcantara *et al.*, 2025). As propriedades anti-hipertensiva, hepatoprotetora, cardioprotetora e anti-obesidade documentadas para o 5-CQA (Granados-Vallejo *et al.*, 2022) fazem desse parâmetro um indicador relevante de qualidade funcional para fins de posicionamento mercadológico orientado à saúde.

O teor de cafeína variou de $245,65 \pm 1,14 \text{ mg/100g}$ (amostra A) a $334,32 \pm 1,27 \text{ mg/100g}$ (amostra B), representando uma diferença de aproximadamente 36% entre as variedades. Estes

valores estão dentro da faixa típica reportada para café arábica torrado (200–400 mg/100g) e são consistentes com a reconhecida estabilidade térmica da cafeína durante a torrefação, que preserva praticamente todo o seu conteúdo original salvo por pequenas perdas por sublimação (Alcantara *et al.*, 2025; Grise *et al.*, 2025). A diferença varietal observada é diretamente relevante para a exposição dos consumidores à cafeína: uma mesma quantidade de café preparado com a variedade Mundo Novo fornecerá significativamente mais cafeína do que com Catuaí Vermelho, o que tem implicações práticas para populações sensíveis (gestantes, idosos, portadores de doenças cardiovasculares) e para a formulação de alertas e recomendações de consumo. Além disso, considerando o limite de 400 mg de cafeína por dia para adultos saudáveis, esse valor corresponde a aproximadamente 83,6% desse limite quando considerada uma quantidade de 100 g de café. Entretanto, essa comparação deve ser interpretada considerando que o teor foi determinado na matriz café, e não na bebida pronta para consumo. Dessa forma, a quantidade efetivamente ingerida pelo consumidor dependerá da massa de café utilizada no preparo e do número de porções consumidas. Ainda assim, o resultado evidencia a relevância da caracterização do teor de cafeína dos cafés, especialmente para consumidores que necessitam controlar a ingestão diária desse composto.

A trigonelina apresentou os maiores teores na amostra C, *Typica* ($213,07 \pm 0,90$ mg/100g) e os menores na amostra A ($134,08 \pm 0,73$ mg/100g), uma diferença de aproximadamente 59% entre as variedades. A concentração de trigonelina é primariamente determinada pelo genótipo e pode não ser fortemente afetada pela origem geográfica (Park *et al.*, 2024). Sua degradação parcial pela pirólise durante a torra origina ácido nicotínico e compostos voláteis (pirróis, piridinas, pirazinas) responsáveis pelo amargor e pelos aromas característicos do café torrado (Di Gioacchino; Ricci; Bruni, 2024).

O ácido nicotínico (vitamina B3) seguiu o mesmo ranking varietal (114,40–159,02 mg/100g), confirmando a relação estequiométrica com a degradação da trigonelina. As propriedades antidiabéticas, neuroprotetoras e cardioprotetoras da trigonelina (Liang *et al.*, 2023), aliadas ao potencial de diferenciação da variedade *Typica* pelo seu elevado teor desse composto, constituem atributos de valor agregado com potencial de exploração tanto no mercado de cafés especiais quanto em estudos de intervenção nutricional.

De modo geral, os dados evidenciam que mesmo amostras provenientes do mesmo município, com processamento e torra idênticos, apresentam perfis bioativos significativamente distintos em função da variedade botânica. Esse resultado reforça a necessidade de caracterizações varietais sistemáticas em regiões produtoras brasileiras ainda pouco exploradas cientificamente, como o

Agreste pernambucano, contribuindo para a valorização regional do café e para o estabelecimento de bases científicas que orientem recomendações de consumo personalizadas.

CONCLUSÕES

O estudo demonstrou que a variedade botânica é o principal fator determinante do perfil bioativo de cafés arábica torrados produzidos em Garanhuns, Pernambuco, mesmo quando as condições de processamento e torra são padronizadas. Os parâmetros proximais (cinzas, lipídios e proteínas) não diferiram significativamente entre as três variedades avaliadas, enquanto todos os compostos bioativos, atividade antioxidante, 5-CQA, cafeína, trigonelina e ácido nicotínico, apresentaram diferenças significativas ($p < 0,05$). A variedade Mundo Novo destacou-se pelos maiores teores de atividade antioxidante, 5-CQA e cafeína, ao passo que a variedade *Typica* apresentou os maiores teores de trigonelina e ácido nicotínico. Esses achados têm implicações diretas para a saúde do consumidor e para a valorização econômica dos cafés produzidos na região, indicando que a seleção varietal é uma ferramenta estratégica tanto para a diferenciação de mercado quanto para a maximização do potencial funcional da bebida. Estudos futuros devem incorporar análise sensorial, diferentes métodos de processamento pós-colheita, especialmente a fermentação e, pontos de torra adicionais para uma caracterização mais completa do potencial funcional dos cafés do Agreste pernambucano.

REFERÊNCIAS

- ALCANTARA, G. M. R. N. *et al.* Effect of roasting on chemical composition of coffee. **Food Chemistry**, v. 477, 143119, 2025.
- AL-SHNAIGAT, S.; OBEIDAT, H. The effect of consuming coffee from different preparation methods on body lipids profile. **Jordan Journal of Agricultural Sciences**, v. 18, n. 3, p. 231-244, 2022.
- BASTIAN, F. *et al.* From plantation to cup: changes in bioactive compounds during coffee processing. **Foods**, v. 10, n. 11, p. 2827, 2021.
- CARDOSO, W. S. *et al.* Maillard reaction precursors and Arabica coffee (*Coffea arabica* L.) beverage quality. **Food and Humanity**, v. 1, p. 1-7, 2023.
- CIARAMELLI, C.; PALMIOLI, A.; AIROLDI, C. Coffee variety, origin and extraction procedure: implications for coffee beneficial effects on human health. **Food Chemistry**, v. 278, p. 47-55, 2019.
- CIZMAROVA, B. *et al.* Caffeic acid: a brief overview of its presence, metabolism, and bioactivity. **Bioactive Compounds in Health and Disease**, v. 3, n. 4, p. 74-81, 2020.
- Di GIOACCHINO, M.; RICCI, M. A.; BRUNI, F. Science in a cup of coffee: a structural study of a trigonelline aqueous solution. **Journal of Molecular Liquids**, v. 396, 123972, 2024.
- DONG, W. *et al.* Comparison of the effect of extraction methods on the quality of green coffee oil from Arabica coffee beans. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 74, 105578, 2021.
- FREITAS, V. V. *et al.* Coffee: a comprehensive overview of origin, market, and the quality process. **Trends in Food Science & Technology**, v. 146, 104411, 2024.

- GOYA, L.; SÁNCHEZ-MEDINA, A.; REDONDO-PUENTE, M.; DUPAK, R.; BRAVO, L.; SARRIÁ, B. Main Colonic Metabolites from Coffee Chlorogenic Acid May Counteract Tumor Necrosis Factor- α -Induced Inflammation and Oxidative Stress in 3T3-L1 Cells. **Molecules**, v. 29, 88, 2023.
- GRANADOS-VALLEJO, M. *et al.* Optimization of 5-CQA extraction conditions from green coffee by-product (*Coffea arabica*) using a response-surface design. **Molecules**, v. 27, 5704, 2022.
- GRISE, M. V. T. R. *et al.* Multivariate analysis caffeine extraction from roasted and ground coffee powder using eutectic mixtures as a sustainable system. **Food and Humanity**, v. 5, 100645, 2025.
- HALL, S. *et al.* A review of the bioactivity of coffee, caffeine and key coffee constituents on inflammatory responses linked to depression. **Food Research International**, v. 76, p. 626-636, 2015.
- HWANG, S.J.; KIM, Y.-W.; PARK, Y.; LEE, H.-J.; KIM, K.-W. Anti-inflammatory effects of chlorogenic acid in lipopolysaccharide-stimulated RAW 264.7 cells. **Inflammation Research**, v. 63, p. 81–90, 2014.
- HU, A. *et al.* Comprehensive and high-coverage lipidomic analysis of oilseeds. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 69, n. 32, p. 8964-8980, 2021.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 4. ed. São Paulo: IMESP, 2008.
- IRIONDO-DeHOND, A.; RODRÍGUEZ CASAS, A.; DEL CASTILLO, M. D. Interest of coffee melanoidins as sustainable healthier food ingredients. **Frontiers in Nutrition**, v. 8, 730343, 2021.
- KIM, J.-S. *et al.* Factors influencing metabolite profiles in global Arabica green coffee beans. **Food Research International**, v. 208, 116187, 2025.
- LESAR, M. *et al.* The complexity of caffeine's effects on regular coffee consumers. **Heliyon**, v. 11, n. 2, e41471, 2025.
- LIANG, Y. *et al.* The neuroprotective and antidiabetic effects of trigonelline: a review of signaling pathways and molecular mechanisms. **Biochimie**, v. 206, p. 93-104, 2023.
- LICZBIŃSKI, P.; BUKOWSKA, B. Tea and coffee polyphenols and their biological properties based on the latest in vitro investigations. **Industrial Crops and Products**, v. 175, 114265, 2022.
- MAKISO, M. U. *et al.* Bioactive compounds in coffee and their role in lowering the risk of major public health consequences: a review. **Food Science and Nutrition**, v. 12, n. 2, p. 734-764, 2024.
- MIZUTA, A. G. *et al.* Phenolic compounds, antioxidant activity and mineral composition of coffee husks from different extraction methods. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 8, e208985488, 2020.
- MOEENFARD, M.; ALVES, A. New trends in coffee diterpenes research from technological to health aspects. **Food Research International**, v. 134, 109207, 2020.
- MOHAMED, A. I. *et al.* Impact of coffee and its bioactive compounds on the risks of type 2 diabetes and its complications. **Diabetes & Metabolic Syndrome**, v. 18, n. 7, 103075, 2024.
- NGUYEN, V. *et al.* Chlorogenic acid: a systematic review on the biological functions, mechanistic actions, and therapeutic potentials. **Nutrients**, v. 16, n. 16, 924, 2024.
- PARK, H. *et al.* Analysis of volatile and nonvolatile compounds in decaffeinated and regular coffee prepared under various roasting conditions. **Food Chemistry**, v. 435, 137543, 2024.
- PORTILLO, O. R.; ARÉVALO, A. C. Coffee's carbohydrates: a critical review of scientific literature. **Revista Bionatura**, v. 7, n. 3, 11, 2022.
- QUEIROGA, V. P.; GOMES, J. P.; MELO, B. A.; ALBUQUERQUE, E. M. B. **Cultivo de café (*Coffea arabica* L.) orgânico sombreado para produção de grãos de alta qualidade**. Campina Grande: AREPB, 2021.

- REN, Y. *et al.* Cafestol and kahweol: a review on their bioactivities and pharmacological properties. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 20, 4238, 2019.
- SHARMA, K. *et al.* Preliminary evidence that caffeine improves attention in multiple sclerosis. **Multiple Sclerosis and Related Disorders**, v. 64, 103924, 2022.
- SILVA, M. E. S. *et al.* Impact of fermentation time on the bioactive and volatile composition of coffee. **Food Chemistry**, v. 490, 145067, 2025.
- TODHANAKASEM, T. *et al.* Physicochemical characteristics and metabolite content of roasted arabica coffee in relation to consumer preference. **LWT**, v. 217, 117438, 2025.
- YALÇINKAYA, C.; ABDALLA, H. S.; BAKKALBAŞI, E. Bioactive compounds, antioxidant activity, physical and sensory characteristics of Mirra coffee. **Food Science and Technology**, v. 42, e96221, 2022.
- YU, J. *et al.* Extraction methods of melanoidins and its potential as a natural pigment. **Food Science and Technology**, v. 43, e113322, 2023.
- ZAINURI *et al.* The chemical characteristics of arabica and robusta green coffee beans from Geopark Rinjani, Indonesia. **Biotropia**, v. 30, n. 3, p. 318-328, 2023.
- ZANIN, R. C. *et al.* Modulation of aroma release through microparticles of roasted coffee oil. **Food Chemistry**, v. 341, 128193, 2021.
- ZHANG, J. *et al.* Lipidomic reveals the effects of various processing parameters on the lipid composition and activity of roasted coffee oil. **LWT**, v. 211, 116938, 2024.