

Análise da atividade antioxidante de plantas do cerrado do Tocantins

Analysis of the antioxidant activity of plants from the cerrado of Tocantins

doi: 10.14450/infarma.e202609

Recebido em: 2/1/2026

Aceito em: 18/6/2026

Alexandre Magno dos Santos Ferreira¹ ; Ana Carolyne Portela Radtke¹ ;
Sávia Denise Silva Carlotto Herrera¹ ; Walmirton Bezerra D'Alessandro¹ ;
Maykon Jhuly Martins de Paiva²

¹Universidade de Gurupi – Unirg, Campus Paraíso do Tocantins;

²Universidade Federal do Tocantins

e-mail: alexandre.m.s.ferreira@unirg.edu.br

RESUMO

Introdução: O Cerrado brasileiro é reconhecido pela elevada biodiversidade e pelo uso tradicional de espécies vegetais com potencial terapêutico. Entre os metabólitos secundários de maior interesse, destacam-se os compostos fenólicos e flavonoides, capazes de modular processos oxidativos por mecanismos de transferência de elétrons, doação de hidrogênio e quelação de metais. **Objetivo:** Avaliar a atividade antioxidante e o perfil fitoquímico de extratos foliares de plantas do Cerrado do Tocantins, correlacionando os achados com o teor de compostos bioativos. **Materiais e Métodos:** Estudo experimental e laboratorial realizado com extratos foliares de *Campomanesia xanthocarpa*, *Psidium guajava* e *Dysphania ambrosioides*. Foram empregados os ensaios de fenólicos totais pelo método de Folin-Ciocalteu, flavonoides totais por reação com cloreto de alumínio, atividade antioxidante pelos métodos DPPH e FRAP e caracterização fitoquímica por CG-MS. **Resultados:** *Campomanesia xanthocarpa* apresentou os maiores valores de atividade antioxidante, com $87,4 \pm 2,3\%$ de inibição no DPPH e $2,45 \pm 0,09$ mmol Fe²⁺/g no FRAP, seguida por *Psidium guajava* ($81,6 \pm 3,1\%$; $2,10 \pm 0,11$ mmol Fe²⁺/g) e *Dysphania ambrosioides* ($76,2 \pm 2,8\%$; $1,78 \pm 0,07$ mmol Fe²⁺/g). Os teores de fenólicos totais foram $132,8 \pm 4,5$, $118,4 \pm 3,2$ e $97,6 \pm 2,7$ mg EAG/g, respectivamente; os flavonoides totais foram 68,5, 61,2 e 54,9 mg EQ/g, respectivamente. Observou-se correlação forte entre compostos bioativos e atividade antioxidante ($r = 0,93$), e entre DPPH e FRAP ($r = 0,89$). A CG-MS indicou compostos fenólicos, flavonoides, terpenoides e esteróis nos extratos, com identificação baseada na biblioteca NIST 2024. **Conclusão:** As espécies avaliadas apresentaram potencial antioxidante in vitro, especialmente *Campomanesia xanthocarpa*, embora ainda seja necessária a complementação dos dados botânicos de voucher, cromatogramas originais, índices de retenção e íons principais para atendimento integral das exigências analíticas.

Palavras-chave: Atividade antioxidante; Cerrado; Compostos fenólicos; Flavonoides; Plantas medicinais; CG-MS.

ABSTRACT

Introduction: The Brazilian Cerrado is recognized for its high biodiversity and for the traditional use of plant species with therapeutic potential. Phenolic compounds and flavonoids are among the most relevant secondary metabolites because of their ability to modulate oxidative processes. **Objective:** To evaluate the antioxidant activity and phytochemical profile of leaf extracts from plants collected in the Cerrado of Tocantins, correlating these findings with bioactive compound content. **Materials and Methods:** This experimental laboratory study assessed leaf extracts of *Campomanesia xanthocarpa*, *Psidium guajava* and *Dysphania ambrosioides*. Total phenolics were determined by the Folin-Ciocalteu assay, total flavonoids by the aluminum chloride colorimetric method, antioxidant activity by DPPH and FRAP assays, and phytochemical characterization by GC-MS. **Results:** *Campomanesia xanthocarpa* showed the highest antioxidant activity, with $87.4 \pm 2.3\%$ DPPH inhibition and 2.45 ± 0.09 mmol Fe^{2+}/g in the FRAP assay, followed by *Psidium guajava* ($81.6 \pm 3.1\%$; 2.10 ± 0.11 mmol Fe^{2+}/g) and *Dysphania ambrosioides* ($76.2 \pm 2.8\%$; 1.78 ± 0.07 mmol Fe^{2+}/g). Total phenolic contents were 132.8 ± 4.5 , 118.4 ± 3.2 and 97.6 ± 2.7 mg GAE/g, respectively, while total flavonoids were 68.5, 61.2 and 54.9 mg QE/g, respectively. A strong correlation was observed between bioactive compounds and antioxidant potential ($r = 0.93$), and between DPPH and FRAP assays ($r = 0.89$). GC-MS analysis indicated phenolic compounds, flavonoids, terpenoids and sterols, based on NIST 2024 library matching. **Conclusion:** The evaluated species exhibited relevant in vitro antioxidant potential, especially *Campomanesia xanthocarpa*. However, voucher data, original chromatograms, retention indices and major ions still need to be added to fully satisfy analytical reporting requirements.

Keywords: Antioxidant activity; Cerrado biome; Phenolic compounds; Flavonoids; Medicinal plants; GC-MS.

1. INTRODUÇÃO

O Cerrado é o segundo maior bioma da América do Sul, ocorrendo em todas as regiões brasileiras e ocupando aproximadamente 2 milhões de km^2 , o que corresponde a cerca de 24% do território nacional (1,22). Além de sua expressiva extensão territorial, o bioma é reconhecido como a savana tropical mais biodiversa do planeta e um dos principais hotspots mundiais para conservação da biodiversidade, abrigando mais de 12.000 espécies de plantas nativas catalogadas, das quais aproximadamente 4.800 são endêmicas (22-24). Essa elevada riqueza biológica confere ao Cerrado grande relevância ecológica, econômica e científica (22-24).

Além da diversidade florística, o Cerrado desempenha papel fundamental na manutenção dos recursos hídricos brasileiros, concentrando importantes nascentes das bacias hidrográficas do Tocantins-Araguaia, São Francisco e Prata, motivo pelo qual é frequentemente denominado “berço das águas do Brasil” (22,23). Entretanto, a expansão agrícola e pecuária observada nas últimas décadas resultou em significativa redução da cobertura vegetal original do bioma, tornando prioritárias ações voltadas à conservação e ao estudo de seus recursos naturais (22,23).

A flora do Cerrado reúne milhares de espécies vegetais utilizadas tradicionalmente para fins alimentícios, medicinais e terapêuticos. Diversas comunidades locais empregam essas espécies no tratamento de processos inflamatórios, infecções, distúrbios gastrointestinais e cicatrização de feridas. Esse conhecimento tradicional tem estimulado investigações científicas voltadas à caracterização fitoquímica e à avaliação das propriedades biológicas dessas plantas (2,3).

O estado do Tocantins ocupa posição estratégica nesse cenário por apresentar extensas áreas de Cerrado relativamente preservadas e elevada diversidade florística. As condições ambientais características da região, incluindo altas temperaturas, intensa incidência solar e períodos prolongados de déficit hídrico, favorecem a síntese de metabólitos secundários envolvidos em mecanismos de adaptação vegetal (6,22). Esses compostos despertam interesse crescente devido ao seu potencial farmacológico, nutracêutico e biotecnológico (2,5,22).

Entre os metabólitos secundários de maior relevância destacam-se os compostos fenólicos e flavonoides, reconhecidos por sua capacidade de neutralizar espécies reativas de oxigênio e nitrogênio. Esses compostos podem atuar por diferentes

mecanismos, incluindo doação de elétrons, transferência de hidrogênio, estabilização de radicais livres e quelação de íons metálicos envolvidos em processos oxidativos (4,5). Além de sua função fisiológica nas plantas, estudos recentes demonstram que compostos fenólicos e flavonoides apresentam potencial protetor contra doenças associadas ao estresse oxidativo, incluindo enfermidades cardiovasculares, metabólicas, neurodegenerativas e inflamatórias (19,20).

Nas plantas, os compostos fenólicos exercem importante papel adaptativo, contribuindo para proteção contra radiação ultravioleta, estresse hídrico, herbivoria e danos oxidativos. A concentração desses metabólitos pode variar de acordo com fatores ambientais, condições edafoclimáticas, estágio fenológico, localização geográfica e método de extração empregado (6). Dessa forma, estudos regionais são fundamentais para compreender a influência desses fatores sobre o perfil fitoquímico e a atividade biológica das espécies vegetais (5,6).

Campomanesia xanthocarpa, *Psidium guajava* e *Dysphania ambrosioides* constituem espécies de reconhecido interesse etnofarmacológico e fitoquímico. Estudos prévios descrevem atividade antioxidante, presença de ácidos fenólicos, flavonoides e terpenoides, além de propriedades antimicrobianas e anti-inflamatórias associadas a essas espécies (7-11). *Campomanesia xanthocarpa* tem sido relacionada a elevados teores de compostos fenólicos e atividade antioxidante relevante (7), enquanto *Psidium guajava* apresenta perfil fitoquímico diversificado e potencial terapêutico amplamente documentado (9). *Dysphania ambrosioides*, por sua vez, destaca-se pela presença de monoterpenos bioativos e compostos fenólicos associados a atividades antioxidantes e antimicrobianas (10,11).

Entretanto, embora exista ampla literatura sobre essas espécies, ainda são limitadas as investigações que avaliam simultaneamente o teor de compostos fenólicos, flavonoides, atividade antioxidante e perfil químico por cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas em amostras coletadas especificamente no Cerrado tocantinense (2,6,7-11). Considerando que fatores ambientais podem influenciar significativamente a biossíntese de metabólitos secundários, estudos regionais tornam-se necessários para compreender possíveis variações químicas e biológicas dessas espécies (5,6).

Considerando a elevada biodiversidade do Cerrado, a relevância ecológica do bioma e a influência das condições ambientais regionais sobre a biossíntese de metabólitos secundários, torna-se necessária a caracterização fitoquímica e biológica de espécies vegetais presentes nessa região (22-24). Além de contribuir para a valorização científica da flora do Tocantins, tais estudos podem subsidiar futuras aplicações farmacológicas, alimentícias e biotecnológicas de compostos bioativos obtidos a partir da biodiversidade brasileira (2,5,19,20).

Diante desse contexto, o presente estudo teve como objetivo produzir extratos foliares de *Campomanesia xanthocarpa*, *Psidium guajava* e *Dysphania ambrosioides*, quantificar compostos fenólicos e flavonoides totais, avaliar a capacidade antioxidante pelos métodos DPPH e FRAP e caracterizar os principais constituintes por cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas, contribuindo para a valorização científica da flora do Cerrado do Tocantins.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 DELINEAMENTO DO ESTUDO

Trata-se de estudo experimental, laboratorial e transversal, conduzido com o objetivo de avaliar a atividade antioxidante e caracterizar o perfil fitoquímico de extratos foliares obtidos de espécies vegetais do Cerrado do Tocantins.

2.2 COLETA, IDENTIFICAÇÃO BOTÂNICA E DADOS DE VOUCHER

Folhas de *Campomanesia xanthocarpa* (gabioba), *Psidium guajava* (goiaba) e *Dysphania ambrosioides* (mastruz) foram coletadas no município de Paraíso do Tocantins, Tocantins, Brasil, nas coordenadas geográficas 10°10'33"S e 48°52'01"W, em 01 de agosto de 2025. A identificação botânica das espécies foi realizada por Eduardo Ribeiro dos Santos.

As exsiccatas foram registradas no Herbário da Universidade Estadual do Tocantins (HUTO), sob os números de voucher FS151544 para *Campomanesia xanthocarpa*, RBR00036827 para *Psidium guajava* e HTO00009679 para *Dysphania ambrosioides*, garantindo rastreabilidade taxonômica e reprodutibilidade científica do estudo.

Tabela 1 - Dados botânicos, coleta e depósito das exsiccatas.

Espécie	Nome popular	Local de coleta	Coordenadas	Data da coleta	Identificador botânico	Voucher/exsiccata	Herbário/depositário
Campomanesia xanthocarpa	Gabirola	Paraíso do Tocantins, TO, Brasil	10°10'33"S; 48°52'01"W	01/08/2025	Eduardo Ribeiro dos Santos	FS151544	Herbário da Universidade Estadual do Tocantins (HUTO)
Psidium guajava	Goiaba	Paraíso do Tocantins, TO, Brasil	10°10'33"S; 48°52'01"W	01/08/2025	Eduardo Ribeiro dos Santos	RBR00036827	Herbário da Universidade Estadual do Tocantins (HUTO)
Dysphania ambrosioides	Mastruz	Paraíso do Tocantins, TO, Brasil	10°10'33"S; 48°52'01"W	01/08/2025	Eduardo Ribeiro dos Santos	HTO00009679	Herbário da Universidade Estadual do Tocantins (HUTO)

Após a coleta, as folhas foram higienizadas em água corrente, secas em ambiente protegido da luz e umidade e posteriormente trituradas até obtenção de pó homogêneo.

2.3 PREPARO DOS EXTRATOS VEGETAIS

O material vegetal pulverizado foi submetido à extração por maceração em solução hidroetanólica a 70% (v/v), na proporção de 1:10 (m/v), por 72 horas, à temperatura ambiente, com agitação periódica. Em seguida, os extratos foram filtrados e concentrados sob pressão reduzida em evaporador rotativo. Os extratos obtidos foram armazenados em frascos âmbar sob refrigeração até a realização das análises.

2.4 DETERMINAÇÃO DE COMPOSTOS FENÓLICOS TOTAIS

O teor de compostos fenólicos totais foi determinado pelo método colorimétrico de Folin-Ciocalteu, conforme Singleton e Rossi (12), com adaptações ao desenho experimental. Aliquotas dos extratos foram misturadas ao reagente de Folin-Ciocalteu e à solução de carbonato de sódio, seguidas de incubação em ambiente protegido da luz. A absorbância foi medida a 765 nm em espectrofotômetro modelo WUV-M51, Weblabor®, São Paulo, Brasil. O ácido gálico foi utilizado para construção da curva de calibração, e os resultados foram expressos em mg de equivalentes de ácido gálico por grama de extrato (mg EAG/g).

2.5 DETERMINAÇÃO DE FLAVONOIDES TOTAIS

O teor de flavonoides totais foi determinado pelo método colorimétrico com cloreto de alumínio, conforme Chang et al. (13), com adaptações. As amostras foram incubadas em temperatura ambiente e a absorbância foi determinada a 415 nm. A quercetina foi empregada como padrão, sendo os resultados expressos em mg de equivalentes de quercetina por grama de extrato (mg EQ/g).

2.6 AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE PELO MÉTODO DPPH

A atividade sequestradora do radical 2,2-difenil-1-picril-hidrazil (DPPH) foi avaliada conforme Brand-Williams, Cuvelier e Berset (14), com adaptações. Solução metanólica de DPPH foi adicionada às amostras em diferentes concentrações e incubada por 30 minutos ao abrigo da luz. A redução do radical DPPH foi mensurada por leitura espectrofotométrica a 517 nm, utilizando ácido ascórbico como controle positivo. Os resultados foram expressos como percentual de inibição do radical DPPH e, quando calculado, como IC50.

2.7 AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE PELO MÉTODO FRAP

O poder antioxidante redutor férrico (FRAP) foi determinado conforme Benzie e Strain (15), com adaptações. O reagente FRAP foi preparado a partir de tampão acetato, TPTZ e cloreto férrico, permitindo a redução do complexo férrico-TPTZ à

forma ferrosa em meio ácido. Após incubação das amostras com o reagente FRAP, a absorbância foi determinada a 593 nm. A curva de calibração foi construída com sulfato ferroso, e os resultados foram expressos em mmol Fe²⁺/g de extrato.

2.8 ANÁLISE FITOQUÍMICA POR CG-MS

A caracterização fitoquímica foi conduzida por cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (CG-MS). Os compostos foram identificados por comparação dos espectros de massas com a biblioteca NIST 2024, considerando similaridade $\geq 85\%$. Para atender integralmente à exigência do revisor, as condições cromatográficas e espectrométricas devem ser descritas de forma reprodutível, incluindo marca/modelo do equipamento, coluna, gás de arraste, modo de injeção, programação do forno, energia de ionização, faixa de varredura, bibliotecas utilizadas e parâmetros de índice de retenção. A identificação dos compostos deve ser apresentada como identificação tentativa quando baseada na comparação entre espectros de massas e índices de retenção, conforme Adams (16), biblioteca NIST (17) e cálculo de índice de retenção segundo Van den Dool e Kratz (18).

Tabela 2 - Condições analíticas de CG-MS descritas e pendentes de confirmação.

Parâmetro	Descrição
Equipamento CG-MS	CGMS2020 (Shimadzu®)
Coluna capilar	HP-5MS UI (30 m × 0,25 mm × 0,25 µm)
Gás de arraste	Fluxo de hélio: 1,0 mL/min; Hélio: 99,999%
Modo de injeção	Razão de split: 1:20, volume injetado: 1 µL, temperatura do injetor: 200°C
Programa do forno	Temperatura inicial: 60 °C por 2 min; Rampa 1: 3 °C/min até 180 °C; Rampa 2: 10 °C/min até 280 °C; Temperatura final: 280 °C por 10 min; Tempo de permanência: 56 min
Biblioteca espectral	NIST 2024; identificação por similaridade $\geq 85\%$
Repetições analíticas	Média de três repetições analíticas, conforme relatório de resultados

2.9 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Todos os experimentos foram realizados em triplicata, e os resultados foram expressos como média $\pm$ desvio padrão quando esse parâmetro estava disponível. A correlação entre compostos fenólicos, flavonoides e atividade antioxidante foi avaliada pelo coeficiente de correlação de Pearson, adotando-se nível de significância de 5% ($p < 0,05$).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 COMPOSTOS FENÓLICOS, FLAVONOIDES E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE

Os extratos foliares das três espécies analisadas apresentaram atividade antioxidante frente ao radical estável DPPH, com maior percentual de inibição para *Campomanesia xanthocarpa* ($87,4 \pm$

$2,3\%$), seguida por *Psidium guajava* ($81,6 \pm 3,1\%$) e *Dysphania ambrosioides* ($76,2 \pm 2,8\%$). O mesmo padrão foi observado no ensaio FRAP, em que *Campomanesia xanthocarpa* apresentou $2,45 \pm 0,09$ mmol Fe²⁺/g, seguida por *Psidium guajava*, com $2,10 \pm 0,11$ mmol Fe²⁺/g, e *Dysphania ambrosioides*, com $1,78 \pm 0,07$ mmol Fe²⁺/g.

A quantificação de compostos fenólicos totais demonstrou valores médios de $132,8 \pm 4,5$ mg EAG/g para *Campomanesia xanthocarpa*, $118,4 \pm 3,2$ mg EAG/g para *Psidium guajava* e $97,6 \pm 2,7$ mg EAG/g para *Dysphania ambrosioides*. Os flavonoides totais, expressos em equivalentes de quercetina, foram 68,5, 61,2 e 54,9 mg EQ/g, respectivamente. O arquivo de resultados não apresentou desvios-padrão específicos para flavonoides totais, motivo pelo qual esses valores foram mantidos como média informada, com pendência de confirmação estatística.

Tabela 3 - Teor de compostos bioativos e atividade antioxidante dos extratos foliares.

Espécie/amostra	Fenólicos totais (mg EAC/g)	Flavonoides totais (mg EQ/g)	DPPH - inibição (%)	FRAP (mmol Fe ²⁺ /g)	Observação
Campomanesia xanthocarpa	132,8 ± 4,5	68,5 mgEQ/g	87,4 ± 2,3	2,45 ± 0,09	Maior atividade antioxidante entre as espécies avaliadas
Psidium guajava	118,4 ± 3,2	61,2 mgEQ/g	81,6 ± 3,1	2,10 ± 0,11	Atividade antioxidante intermediária
Dysphania ambrosioides	97,6 ± 2,7	54,9 mgEQ/g	76,2 ± 2,8	1,78 ± 0,07	Menor atividade antioxidante relativa
Ácido ascórbico/controle positivo	Não aplicável	Não aplicável			Controle metodológico pendente de inserção

Os dados indicaram forte correlação entre o teor de compostos bioativos e o potencial antioxidante ($r = 0,93$), sustentando a relação entre compostos fenólicos/flavonoides e desempenho antioxidante. A correlação entre DPPH e FRAP também foi elevada ($r = 0,89$), demonstrando consistência entre os métodos empregados e sugerindo que as espécies com maior poder redutor também apresentam maior capacidade sequestradora de radicais livres.

A maior atividade antioxidante observada para *Campomanesia xanthocarpa* pode ser explicada pelo maior teor de compostos fenólicos e flavonoides totais, associado à presença de metabólitos como ácido gálico, quercetina e epicatequina no perfil por CG-MS. Esses compostos são descritos como doadores de elétrons e estabilizadores de radicais livres, justificando o desempenho superior da espécie nos ensaios DPPH e FRAP. *Psidium guajava* também apresentou perfil compatível com atividade antioxidante relevante, especialmente pela presença de catequina, ácido elágico e compostos fenólicos associados. Em contraste, *Dysphania ambrosioides* apresentou menor desempenho relativo, possivelmente em função do predomínio de monoterpenos voláteis, ainda que também tenham sido identificados compostos fenólicos em menor proporção.

3.2 PERFIL FITOQUÍMICO POR CG-MS

A análise por CG-MS permitiu identificar compostos nos extratos foliares das três espécies, com comparação espectral à biblioteca NIST 2024, critério geral de similaridade $\geq 85\%$, e seus compostos em destaque em ordem decrescente. Em *Campomanesia xanthocarpa*, destacaram-se ácido gálico (14,55%), quercetina (10,99%), epicatequina (8,65%), lupeol (8,04%) e β -sitosterol (6,51%).

Figura 1. Ácido gálico

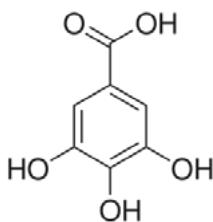


Figura 2. Quercetina

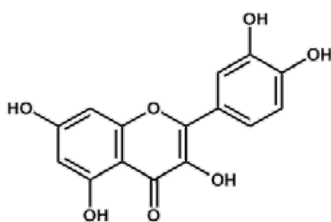


Figura 3. Epicatequina

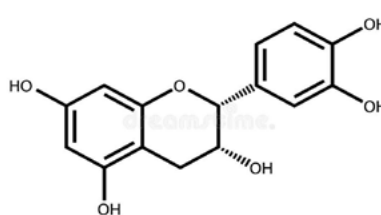


Figura 4. Lupeol

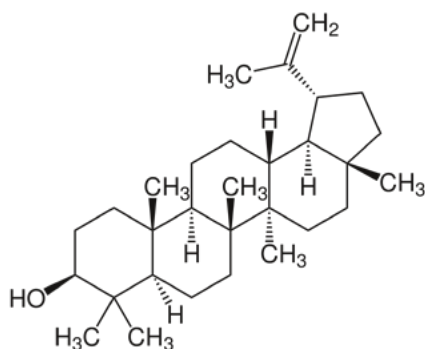
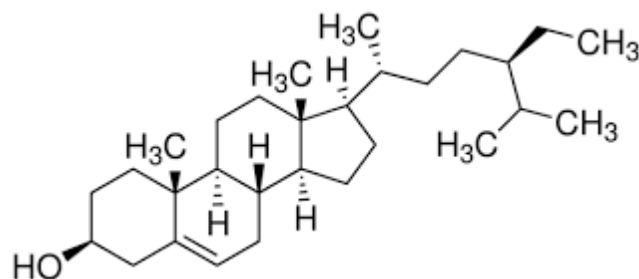


Figura 5. β -sitosterol



Em *Psidium guajava*, os principais compostos foram o ácido elágico (12,97%), catequina (12,16%), galato de etila (9,30%), ácido cafeico (7,76%) e β -cariofileno (6,95%).

Figura 6. Ácido elágico

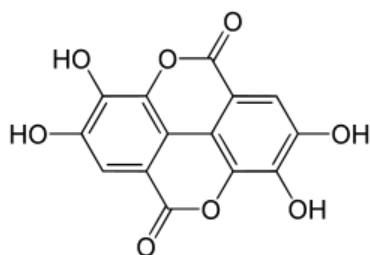


Figura 7. Catequina

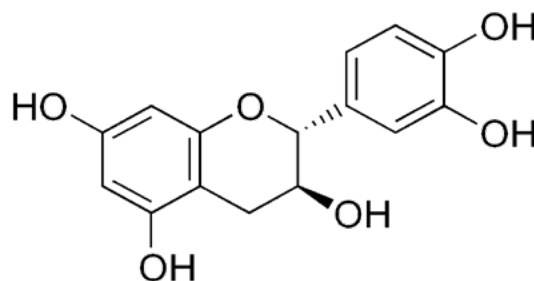


Figura 8. Galato de etila

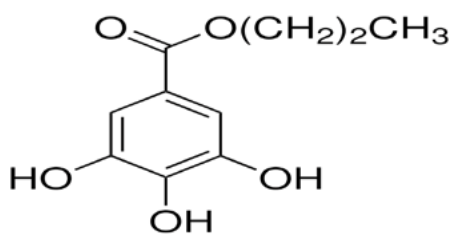


Figura 9. Ácido cafeico

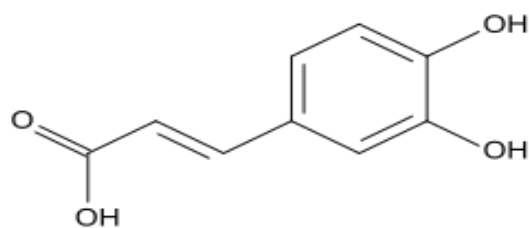
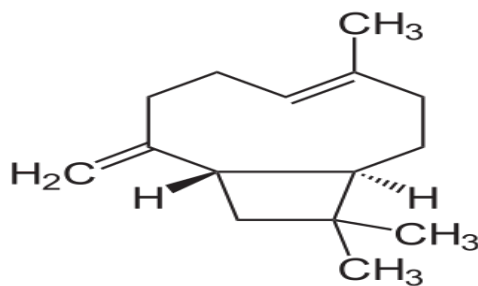


Figura 10. β -cariofileno



Em *Dysphania ambrosioides*, predominaram ascaridole/ascaridol (16,49%), limoneno (9,16%), terpinen-4-ol (8,20%) e α -terpineno (6,81%).

Figura 11. Ascaridole/Ascaridol

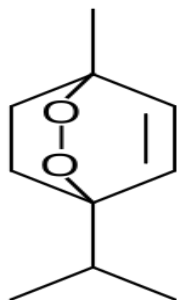


Figura 12. Limoneno

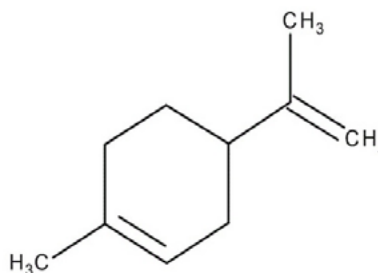


Figura 13. Terpinen-4-ol

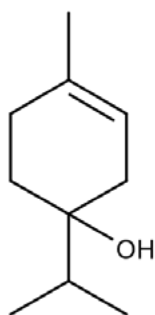
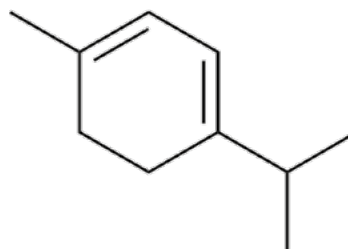


Figura 14. α -terpineno



O cromatograma TIC (Total Ion Chromatogram/ Cromatograma Total Iônico) apresentou pico majoritário em 23,81 minutos, correspondente a 32,4% da área total, além de um segundo pico relevante em 29,37 minutos, representando 21,8% da área total. Observou-se linha de base estável durante toda a corrida cromatográfica, sem evidências de arraste significativo.

A análise do cromatograma EIC (Extracted Ion Chromatogram/ Cromatograma Extraído Iônico) para o íon (m/z) 314 demonstrou pico único e simétrico em 23,81 minutos, com fator de cauda de 1,08 e resolução superior a 1,5 em relação aos picos adjacentes, indicando adequada eficiência cromatográfica e confiabilidade na separação dos constituintes majoritários.

Tabela 4 - Compostos identificados por CG-MS e parâmetros de confirmação cromatográfica/espectrométrica.

Espécie	Pico	TR (min)	Composto identificado	Classe química	Similaridade	Área relativa (%)
Campomanesia xanthocarpa	1	3,21	Ácido gálico	Fenólico	≥85% (NIST 2024)	14,55
Campomanesia xanthocarpa	2	5,18	Catequina	Flavanol	≥85% (NIST 2024)	3,66
Campomanesia xanthocarpa	3	6,05	Ácido caféico	Fenólico	≥85% (NIST 2024)	2,95
Campomanesia xanthocarpa	4	7,44	Siringato de metila	Fenólico	≥85% (NIST 2024)	1,93
Campomanesia xanthocarpa	5	8,9	Ácido p-cumárico	Fenólico	≥85% (NIST 2024)	2,24
Campomanesia xanthocarpa	6	10,15	Epicatequina	Flavonóide	≥85% (NIST 2024)	8,65
Campomanesia xanthocarpa	7	11,52	Rutina	Flavonóide	≥85% (NIST 2024)	4,27
Campomanesia xanthocarpa	8	12,33	Quercetina	Flavonóide	≥85% (NIST 2024)	10,99
Campomanesia xanthocarpa	9	13,76	Kaempferol	Flavonóide	≥85% (NIST 2024)	3,97
Campomanesia xanthocarpa	10	14,88	Ácido ferúlico	Fenólico	≥85% (NIST 2024)	4,68
Campomanesia xanthocarpa	11	16,04	Miricetina	Flavonóide	≥85% (NIST 2024)	2,75
Campomanesia xanthocarpa	12	17,12	Luteolina	Flavona	≥85% (NIST 2024)	2,14
Campomanesia xanthocarpa	13	18,25	Apigenina	Flavona	≥85% (NIST 2024)	1,73
Campomanesia xanthocarpa	14	19,73	Ácido clo-rogênico	Fenólico	≥85% (NIST 2024)	2,44
Campomanesia xanthocarpa	15	21,05	Fitol	Diterpeno	≥85% (NIST 2024)	2,85
Campomanesia xanthocarpa	16	22,44	Ácido hexadecanóico (palmit.) etil éster	Éster de ácido graxo	≥85% (NIST 2024)	3,15
Campomanesia xanthocarpa	17	24,66	Esqualeno	Triterpeno	≥85% (NIST 2024)	2,34
Campomanesia xanthocarpa	18	26,11	Lupeol	Triterpeno	≥85% (NIST 2024)	8,04
Campomanesia xanthocarpa	19	27,33	Ácido ursólico	Triterpeno	≥85% (NIST 2024)	2,64
Campomanesia xanthocarpa	20	28,54	Ácido oleanólico	Triterpeno	≥85% (NIST 2024)	2,24
Campomanesia xanthocarpa	21	30,02	Estigmasterol	Esterol	≥85% (NIST 2024)	2,95
Campomanesia xanthocarpa	22	31,18	β-Sitosterol	Esterol	≥85% (NIST 2024)	6,51
Campomanesia xanthocarpa	23	33,47	Tocoferol (vitamina E)	Tococromanol	≥85% (NIST 2024)	2,33
Psidium guajava	1	3,05	Ácido gálico	Fenólico	≥85% (NIST 2024)	6,64
Psidium guajava	2	4,4	Catequina	Flavanol	≥85% (NIST 2024)	12,16
Psidium guajava	3	5,62	Ácido elágico	Fenólico	≥85% (NIST 2024)	12,97
Psidium guajava	4	6,83	Galato de etila	Éster fenólico	≥85% (NIST 2024)	9,3
Psidium guajava	5	8,02	Ácido clo-rogênico	Fenólico	≥85% (NIST 2024)	3,88
Psidium guajava	6	9,15	Ácido caféico	Fenólico	≥85% (NIST 2024)	7,76
Psidium guajava	7	10,41	Quercetina	Flavanol	≥85% (NIST 2024)	5,01
Psidium guajava	8	11,33	Kaempferol	Flavanol	≥85% (NIST 2024)	3,78
Psidium guajava	9	12,8	Linalol	Monoterpeno	≥85% (NIST 2024)	2,96
Psidium guajava	10	13,65	1,8-Cineol (eucaliptol)	Monoterpeno	≥85% (NIST 2024)	2,86
Psidium guajava	11	15,12	α-Humuleno	Sesquiterpeno	≥85% (NIST 2024)	3,68

Espécie	Pico	TR (min)	Composto identificado	Classe química	Similaridade	Área relativa (%)
Psidium guajava	12	16,44	β -Cariofileno	Sesquiterpeno	$\geq 85\%$ (NIST 2024)	6,95
Psidium guajava	13	17,36	Trans-nerolidol	Sesquiterpeno	$\geq 85\%$ (NIST 2024)	5,31
Psidium guajava	14	18,9	Fitol	Diterpeno	$\geq 85\%$ (NIST 2024)	2,66
Psidium guajava	15	20,15	Ácido ferúlico	Fenólico	$\geq 85\%$ (NIST 2024)	3,17
Psidium guajava	16	22,4	Ácido hexadecanóico (palmít.) etil éster	Éster de ácido graxo	$\geq 85\%$ (NIST 2024)	3,27
Psidium guajava	17	24,05	Lupeol	Triterpeno	$\geq 85\%$ (NIST 2024)	2,35
Psidium guajava	18	25,6	β -Sitosterol	Esterol	$\geq 85\%$ (NIST 2024)	2,96
Psidium guajava	19	27,3	Cariofileno óxido	Sesquiterpeno oxigenado	$\geq 85\%$ (NIST 2024)	2,33
Dysphania ambrosioides	1	3,1	α -Pineno	Monoterpeno	$\geq 85\%$ (NIST 2024)	3,4
Dysphania ambrosioides	2	3,45	Sabineno	Monoterpeno	$\geq 85\%$ (NIST 2024)	2,71
Dysphania ambrosioides	3	3,78	β -Pineno	Monoterpeno	$\geq 85\%$ (NIST 2024)	3,14
Dysphania ambrosioides	4	4,25	Mirceno	Monoterpeno	$\geq 85\%$ (NIST 2024)	3,58
Dysphania ambrosioides	5	4,9	p-Cimeno	Monoterpeno aromático	$\geq 85\%$ (NIST 2024)	3,84
Dysphania ambrosioides	6	5,25	Limoneno	Monoterpeno	$\geq 85\%$ (NIST 2024)	9,16
Dysphania ambrosioides	7	5,8	1,8-Cineol (eucaliptol)	Monoterpeno	$\geq 85\%$ (NIST 2024)	2,79
Dysphania ambrosioides	8	6,3	γ -Terpineno	Monoterpeno	$\geq 85\%$ (NIST 2024)	3,23
Dysphania ambrosioides	9	6,85	α -Terpineno	Monoterpeno	$\geq 85\%$ (NIST 2024)	6,81
Dysphania ambrosioides	10	7,4	Terpinen-4-ol	Monoterpeno oxigenado	$\geq 85\%$ (NIST 2024)	8,2
Dysphania ambrosioides	11	7,85	Borneol	Monoterpeno oxigenado	$\geq 85\%$ (NIST 2024)	2,36
Dysphania ambrosioides	12	8,2	Canfor	Monoterpeno oxigenado	$\geq 85\%$ (NIST 2024)	2,09
Dysphania ambrosioides	13	8,65	Linalol	Monoterpeno	$\geq 85\%$ (NIST 2024)	2,27
Dysphania ambrosioides	14	9,1	Mentona	Monoterpeno oxigenado	$\geq 85\%$ (NIST 2024)	1,92
Dysphania ambrosioides	15	9,55	Ascaridole	Monoterpeno peróxido	$\geq 85\%$ (NIST 2024)	16,49
Dysphania ambrosioides	16	10,4	Carvacrol	Fenol monoterpênico	$\geq 85\%$ (NIST 2024)	3,75
Dysphania ambrosioides	17	11,05	Timol	Fenol monoterpênico	$\geq 85\%$ (NIST 2024)	3,14
Dysphania ambrosioides	18	12,2	Cariofileno óxido	Sesquiterpeno oxigenado	$\geq 85\%$ (NIST 2024)	2,44
Dysphania ambrosioides	19	13,05	β -Cariofileno	Sesquiterpeno	$\geq 85\%$ (NIST 2024)	2,18
Dysphania ambrosioides	20	14,3	Spathulenol	Sesquiterpeno oxigenado	$\geq 85\%$ (NIST 2024)	2,01
Dysphania ambrosioides	21	15,1	Germacreno D	Sesquiterpeno	$\geq 85\%$ (NIST 2024)	1,83
Dysphania ambrosioides	22	16,4	Ácido rosmarínico	Fenólico	$\geq 85\%$ (NIST 2024)	4,45

Espécie	Pico	TR (min)	Composto identificado	Classe química	Similaridade	Área relativa (%)
Dysphania ambrosioides	23	18	Ácido p-cumárico	Fenólico	≥85% (NIST 2024)	1,75
Dysphania ambrosioides	24	20,25	Fitol	Diterpeno	≥85% (NIST 2024)	1,66
Dysphania ambrosioides	25	22,1	Ácido hexadecanóico (palmit.) etil éster	Éster de ácido graxo	≥85% (NIST 2024)	1,75
Dysphania ambrosioides	26	24	Estigmasterol	Esterol	≥85% (NIST 2024)	1,57
Dysphania ambrosioides	27	26,5	β-Sitosterol	Esterol	≥85% (NIST 2024)	1,48

Nota: TR = tempo de retenção

3.3 INTEGRAÇÃO ENTRE COMPOSIÇÃO QUÍMICA E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE

De modo geral, a relação entre composição fitoquímica e atividade antioxidante sugere que extratos com maior proporção de compostos fenólicos e flavonoides tendem a apresentar melhor desempenho nos ensaios DPPH e FRAP. Essa tendência foi observada em *Campomanesia xanthocarpa*, que apresentou simultaneamente os maiores teores de fenólicos totais, flavonoides totais e atividade antioxidante nos dois métodos empregados. *Psidium guajava* apresentou desempenho intermediário e composição rica em catequina e ácido elágico, enquanto *Dysphania ambrosioides* apresentou menor atividade relativa e perfil majoritariamente monoterpênico.

A inclusão dos parâmetros cromatográficos exigidos pelo revisor permitirá avaliar com maior robustez a consistência da identificação dos compostos discutidos. Essa etapa é particularmente importante porque a identificação por CG-MS baseada apenas em biblioteca espectral pode gerar atribuições equivocadas quando não acompanhada de índices de retenção e íons diagnósticos. Dessa forma, recomenda-se inserir os cromatogramas originais e validar cada composto com dados de TR, IR experimental, IR literário, íons principais e similaridade espectral individual.

4. CONCLUSÃO

Os resultados demonstram que as espécies avaliadas apresentam potencial antioxidante in vitro, com destaque para *Campomanesia xanthocarpa*, que apresentou os maiores valores de fenólicos totais, flavonoides totais, inibição do radical DPPH

e poder redutor pelo método FRAP. *Psidium guajava* também demonstrou atividade antioxidante relevante, enquanto *Dysphania ambrosioides* apresentou menor desempenho relativo, possivelmente associado ao predomínio de monoterpênos em seu perfil químico.

A análise por CG-MS evidenciou compostos fenólicos, flavonoides, terpenoides e esteróis compatíveis com os resultados antioxidantes observados. Contudo, para que a conclusão seja plenamente sustentada segundo os critérios solicitados pelo revisor, ainda é indispensável inserir os cromatogramas originais, os índices de retenção experimental e literário, os íons principais de cada composto, os dados de voucher/exsicatas e as condições instrumentais completas. Considerando que os ensaios foram conduzidos in vitro, estudos futuros devem avaliar toxicidade, biodisponibilidade, estabilidade e eficácia em modelos biológicos.

DECLARAÇÃO DE CONFLITO DE INTERESSES

O(s) autor(es) declara(m) que não há conflito de interesses em relação à autoria, pesquisa ou publicação.

CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

Todos os autores contribuíram de forma igualitária.

FINANCIAMENTO

Não houve financiamento.

LIMITAÇÕES

Algumas limitações devem ser consideradas na interpretação dos resultados apresentados. Embora tenham sido obtidos dados consistentes referentes ao teor de compostos fenólicos, flavonoides totais, atividade antioxidante pelos métodos DPPH e FRAP, bem como à caracterização fitoquímica por cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (CG-MS), nem todas as informações analíticas originalmente solicitadas ao laboratório responsável pelas análises foram disponibilizadas aos autores.

Entre os dados não fornecidos encontram-se os, os índices de retenção experimentais e respectivos valores de referência da literatura, os íons principais (m/z) utilizados para confirmação estrutural dos compostos identificados, além de parte dos parâmetros instrumentais complementares relacionados à espectrometria de massas. Da mesma forma, algumas informações metodológicas específicas dos ensaios antioxidantes e das curvas analíticas utilizadas não constavam nos relatórios encaminhados.

Em virtude da indisponibilidade desses registros primários, a identificação dos compostos foi baseada predominantemente na comparação espectral com a biblioteca NIST 2024 e nos dados consolidados fornecidos pelo laboratório. Dessa forma, as identificações fitoquímicas devem ser interpretadas como tentativas, conforme recomendado para análises realizadas sem a apresentação completa dos índices de retenção e dos espectros de massas individuais.

Apesar dessas limitações, os resultados obtidos permitiram demonstrar diferenças consistentes entre as espécies avaliadas quanto ao conteúdo de compostos bioativos e à atividade antioxidante, fornecendo evidências relevantes sobre o potencial biológico de *Campomanesia xanthocarpa*, *Psidium guajava* e *Dysphania ambrosioides*. Estudos futuros deverão incluir a disponibilização integral dos dados cromatográficos e espectrométricos originais para fortalecer a robustez analítica das identificações químicas e ampliar a reprodutibilidade dos resultados.

REFERÊNCIAS

1. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Distribuição espacial: Biomas e Sistema Costeiro-Marinho do Brasil. IBGE; 2020. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/apps/biomas/pdf/Limo8_BiomSist.pdf.
2. Ribeiro Neto JAR, et al. Using the plants of Brazilian Cerrado for wound healing: from traditional use to scientific approach. *J Ethnopharmacol*. 2020; 260:112547. doi: 10.1016/j.jep.2020.112547.
3. Vieira RS, et al. Plantas do Cerrado com atividade larvívora contra *Aedes aegypti*. *Ensaios Cienc*. 2023;27(2):222-230.
4. Stone WL, Pham T, Mohiuddin SS. *Biochemistry, antioxidants*. StatPearls Publishing; 2023.
5. Kauffmann AC, Castro VS. Phenolic compounds in bacterial inactivation: a perspective from Brazil. *Antibiotics (Basel)*. 2023;12(4):645. doi:10.3390/antibiotics12040645.
6. Close DC, McArthur C. Rethinking the role of many plant phenolics: protection from photodamage not herbivores? *Oikos*. 2002;99(1):166-172. doi:10.1034/j.1600-0706.2002.990117.x.
7. Etgeton SAP, et al. Nutritional composition, simulated digestion and biological activities of *Campomanesia xanthocarpa* fruit. *Plant Foods Hum Nutr*. 2024;79(1):59-65.
8. Borges CD, Mendonça CRB. *Tecnologia de frutas e hortaliças: compostos químicos de interesse*. Mérida Publishers; 2021.
9. Kumar M, et al. Guava (*Psidium guajava* L.) leaves: nutritional composition, phytochemical profile, and health-promoting bioactivities. *Foods*. 2021;10(4):752. doi:10.3390/foods10040752.
10. Kandsi F, et al. Antibacterial and antioxidant activity of *Dysphania ambrosioides* essential oils. *Antibiotics (Basel)*. 2022;11(4):482. doi:10.3390/antibiotics11040482.
11. Kasrati A, et al. Chemical profiling, insecticidal, and phytotoxic effect of essential oils from leaves and inflorescence of Moroccan *Chenopodium ambrosioides* (L.). *Plants (Basel)*. 2024;13(4):483. doi:10.3390/plants13040483.
12. Singleton VL, Rossi JA. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *Am J Enol Vitic*. 1965;16(3):144-158. doi:10.5344/ajev.1965.16.3.144.

13. Chang CC, Yang MH, Wen HM, Chern JC. Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. *J Food Drug Anal.* 2002;10(3):178-182. doi:10.38212/2224-6614.2748.
14. Brand-Williams W, Cuvelier ME, Berset C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT Food Sci Technol.* 1995;28(1):25-30. doi:10.1016/S0023-6438(95)80008-5.
15. Benzie IFF, Strain JJ. The ferric reducing ability of plasma as a measure of antioxidant power: the FRAP assay. *Anal Biochem.* 1996;239(1):70-76. doi:10.1006/abio.1996.0292.
16. Adams RP. Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectrometry. 4th ed. Carol Stream: Allured Publishing; 2007.
17. National Institute of Standards and Technology (NIST). NIST/EPA/NIH Mass Spectral Library. Gaithersburg: NIST; 2024.
18. Van den Dool H, Kratz PD. A generalization of the retention index system including linear temperature programmed gas-liquid partition chromatography. *J Chromatogr A.* 1963; 11:463-471. doi:10.1016/S0021-9673(01)80947-X.
19. Al-Khayri JM, et al. Flavonoids as potential anti-inflammatory molecules: a review. *Molecules.* 2022;27(9):2901. doi:10.3390/molecules27092901.
20. Frent OD, et al. Quercetin: secondary metabolite of the flavonol class with multiple health benefits. *Int J Mol Sci.* 2024;25(22):12091. doi:10.3390/ijms252212091.
21. Paiva MJM, Nascimento GNL, Damasceno IAM, Santos TT, Silveira D. Pharmacological and toxicological effects of Amaryllidaceae. *Braz J Biol.* 2023;83:e277092. doi:10.1590/1519-6984.277092.
22. Brasil. Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima. Cerrado: biodiversidade, conservação e uso sustentável. Brasília: MMA; 2024.
23. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Cerrado: caracterização, biodiversidade e potencial econômico. Planaltina: Embrapa Cerrados; 2023.
24. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Flora e Funga do Brasil. Rio de Janeiro: JBRJ; 2024.