

MATHEUS MATOS DO NASCIMENTO



**COMPOSIÇÃO QUÍMICA E BIOQUÍMICA DO ESPINAFRE-
BRASILEIRO (*Alternanthera sessilis* (L.) R. Br. ex DC.) CULTIVADO
SOB DIFERENTES FONTES DE FERTILIZANTES**

RIO BRANCO - AC

2025

MATHEUS MATOS DO NASCIMENTO

**COMPOSIÇÃO QUÍMICA E BIOQUÍMICA DO ESPINAFRE-
BRASILEIRO (*Alternanthera sessilis* (L.) R. Br. ex DC.) CULTIVADO
SOB DIFERENTES FONTES DE FERTILIZANTES**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal, Universidade Federal do Acre, como parte das exigências para obtenção do título de Doutor em Produção Vegetal.

Orientadora: Profa. Dra. Almecina Balbino Ferreira

RIO BRANCO - AC

2025

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da UFAC

N244c Nascimento, Matheus Matos do, 1995 -

Composição química e bioquímica do espinafre-brasileiro (*Alternanthera sessilis* (L.) R. Br.ex DC.) cultivado sob diferentes fontes de fertilizantes/ Matheus Matos do Nascimento; Orientadora: Drª. Almecina Balbino Ferreira. - 2025.

41 f.: il.; 30 cm.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Acre, Programa de Pós – Graduação em Agronomia: Produção Vegetal, Doutor em Produção Vegetal, Rio Branco, 2025.

Inclui referências bibliográficas.

1. Adubações. 2. Composição nutricional. 3. Plantas alimentícias não convencionais. I. Ferreira, Almecina Balbino. (Orientador). II. Título.

CDD: 338.1

MATHEUS MATOS DO NASCIMENTO

COMPOSIÇÃO QUÍMICA E BIOQUÍMICA DO ESPINAFRE-BRASILEIRO (*Alternanthera sessilis* (L.) R. Br. ex DC.) CULTIVADO SOB DIFERENTES FONTES DE FERTILIZANTES

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação
em Produção Vegetal, Universidade Federal do
Acre, como parte das exigências para obtenção do
título de Doutor em Produção Vegetal.

APROVADO em 13 de fevereiro de 2025.

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente

 ALMECINA BALBINO FERREIRA
Data: 16/02/2025 21:14:13-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. Almecina Balbino Ferreira
Universidade Federal do Acre - UFAC
Orientadora

Documento assinado digitalmente

 MARTA ADELINO DA SILVA
Data: 17/02/2025 10:35:40-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. Marta Adelino da Silva
Universidade Federal do Acre - UFAC
Membro

Documento assinado digitalmente

 JOANA MARIA LEITE DE SOUZA
Data: 18/02/2025 16:41:47-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dra. Joana Maria Leite de Souza
Embrapa-Acre
Membro

Documento assinado digitalmente

 LUCIANA DA CONCEICAO CASTELLO BRANCO
Data: 18/02/2025 05:05:37-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. Luciana da Conceição Castello Branco
Universidade Federal do Acre - UFAC
Membro

Documento assinado digitalmente

 BERENICE KUSSUMOTO DE ALCANTARA DA SILVA
Data: 17/02/2025 17:11:32-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dra. Berenice Kussumoto de Alcântara da Silva
Universidade Federal do Acre - UFAC
Membro

RIO BRANCO - AC
2025

AGRADECIMENTOS

À Deus, em primeiro lugar.

À minha esposa, Karla Belarmino, pessoa fundamental em minha vida, minha companheira em todos os momentos e minha maior incentivadora, que sempre me apoia na busca por meus sonhos e objetivos e nunca me deixou desistir ao longo desta jornada.

À minha família, especialmente aos meus pais, Shirley Matos e José Nascimento, por me terem dado o dom da vida, e aos meus avós, Raimunda Gonçalves e Ademar Gonçalves, que sempre fizeram o possível e o impossível para me proporcionar o bem mais precioso que podemos levar desta terra: o estudo e o conhecimento.

Agradeço ainda ao grupo de pesquisa Grupo PANC por me oportunizar a realização deste trabalho, mesmo diante dos desafios diários enfrentados na pesquisa.

Sou grato aos meus amigos que me auxiliaram e apoiaram nesta caminhada da pós-graduação: Joaes Alves, Antônio Carnaúba e Natalia Torres.

À Profa. Dra. Marilene Santos, que sempre nos auxilia e nunca se nega a compartilhar seu conhecimento com todos nós do grupo de pesquisa PANC.

À minha orientadora, Profa. Dra. Almecina Balbino Ferreira, que não mede esforços para nos ajudar e sempre firme em seu propósito de nos tornar pesquisadores e profissionais de excelência, capazes de fazer a diferença onde quer que atuemos.

Agradeço a minha orientadora no Exterior Joana Amaral por toda recepção e atenção que teve comigo e a CAPES pelo financiamento concedido através da bolsa de permanecia para doutorado sanduíche.

Meu muito obrigado a todos que participaram e participam desse processo contínuo de construção e transformação do Matheus acadêmico, profissional e, acima de tudo, do Matheus ser humano!

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Composição centesimal e compostos hidrofílicos das folhas e caules do espinafre brasileiro (média ± DP, $n=3$).....	19
Tabela 2. Composição química em relação aos compostos lipofílicos das folhas e caules do espinafre brasileiro estudados (média ± DP, $n=3$).....	22
Tabela 3. Composição mineral das folhas do espinafre brasileiro em relação às diferentes fontes de fertilização (média ± DP, $n=3$).....	24
Tabela 4. Tempo de retenção (R _t), comprimentos de onda de absorção máxima na região visível (λ max), dados espectrais de massa, identificação e quantificação (mg/g de extrato) de compostos fenólicos em folhas e caules <i>de Alternanthera sessilis</i>	28
Tabela 5. Atividade antioxidante, citotoxicidade e atividades anti-inflamatórias dos extratos hidroetanólicos e preparações de decocção do espinafre brasileiro (média ± DP, $n=3$).....	31
Tabela 6. Atividade antimicrobiana (mg/mL) dos extratos hidroetanólicos e preparações de decocção do espinafre brasileiro (média ± DP, $n=3$).....	34

RESUMO

O uso de fertilizantes desempenha um papel fundamental na formação do perfil químico das plantas, fornecendo nutrientes essenciais ao solo, que são absorvidos pelas plantas para sustentar seu crescimento e desenvolvimento. Compreender os efeitos de diferentes métodos de fertilização na química vegetal é essencial para a agricultura sustentável e para atender às crescentes demandas alimentares da população global. Nesse contexto, este estudo investiga se os métodos de cultivo orgânico, sintético ou organomineral de *Alternanthera sessilis*, uma planta alimentícia não convencional (PANC), e a influência no perfil químico das folhas e caules, bem como suas atividades bioativas. Os resultados mostraram que as folhas de plantas cultivadas sob fertilização organomineral apresentaram maiores teores de proteína e cinzas ($21,3 \pm 0,2$ e $20,4 \pm 0,3$ g/100 g dw, respectivamente). Além disso, foram quantificados açúcares livres, como frutose e sacarose, cujas concentrações foram mais elevadas nos caules ($9,31 \pm 0,03$ e $8,83 \pm 0,03$ g/100 g dw, respectivamente) sob tratamento organomineral. Este estudo também identificou a presença de cinco ácidos orgânicos, sendo o ácido succínico ($6,24 \pm 0,06$ g/100 g dw) o mais predominante nas folhas das plantas cultivadas sob adubação sintética. A isoforma α -tocoferol apresentou as maiores concentrações tanto nas folhas quanto nos caules ($9,3 \pm 0,9$ e $11 \pm 0,1$ g/100 g dw, respectivamente) em plantas tratadas com fertilizantes sintéticos. Os ácidos graxos poliinsaturados (PUFA) foram os compostos predominantes, com destaque para os ácidos linoleico (C18:2n6, $36,6 \pm 0,9\%$) e α -linolênico (C18:3n3, $31,5 \pm 0,6\%$), presentes nas folhas em todo o tratamento orgânico. Além disso, as folhas de plantas cultivadas com fertilizantes organominerais apresentaram altos teores de cálcio (Ca, 6 ± 1 g/kg), magnésio (Mg, $4,0 \pm 0,6$ g/kg), sódio (Na, 116 ± 29 mg/kg), ferro (Fe, 169 ± 14 mg/kg), zinco (Zn, 125 ± 7 mg/kg) e cobre (Cu, $9,4 \pm 0,4$ mg/kg). Tanto os extratos hidroetanólicos quanto as preparações por decocção demonstraram eficácia na inibição do crescimento de várias bactérias, sendo *Escherichia coli*, *Bacillus cereus*, *Listeria monocytogenes* e *Staphylococcus aureus* as mais suscetíveis. Em conclusão, a adaptabilidade do espinafre-brasileiro a diferentes métodos de fertilização evidencia sua versatilidade como cultura. A análise de sua composição bioquímica ressalta sua riqueza nutricional e potencial como uma opção alimentar sustentável.

Palavras-chave: adubações; composição nutricional, plantas alimentícias não convencionais.

ABSTRACT

Fertilizer use plays a key role in shaping the chemical profile of plants by providing essential nutrients to the soil, which are absorbed by plants to sustain their growth and development. Understanding the effects of different fertilization methods on plant chemistry is essential for sustainable agriculture and to meet the growing food demands of the global population. In this context, this study investigates whether organic, synthetic or organomineral cultivation methods of *Alternanthera sessilis*, a non-conventional food plant (NFPP), influence the chemical profile of leaves and stems, as well as their bioactive activities. The results showed that the leaves of plants grown under organomineral fertilization had higher protein and ash contents (21.3 ± 0.2 and 20.4 ± 0.3 g/100 g dw, respectively). Furthermore, free sugars, such as fructose and sucrose, were quantified, whose concentrations were higher in the stems (9.31 ± 0.03 and 8.83 ± 0.03 g/100 g dw, respectively) under organomineral treatment. This study also identified the presence of five organic acids, with succinic acid (6.24 ± 0.06 g/100 g dw) being the most predominant in the leaves of plants grown under synthetic fertilization. The α -tocopherol isoform presented the highest concentrations in both leaves and stems (9.3 ± 0.9 and 11 ± 0.1 g/100 g dw, respectively) in plants treated with synthetic fertilizers. Polyunsaturated fatty acids (PUFA) were the predominant compounds, with emphasis on linoleic (C18:2n6, $36.6 \pm 0.9\%$) and α -linolenic (C18:3n3, $31.5 \pm 0.6\%$) acids, present in the leaves in all organic treatments. Furthermore, the leaves of plants grown with organomineral fertilizers showed high levels of calcium (Ca, 6 ± 1 g/kg), magnesium (Mg, 4.0 ± 0.6 g/kg), sodium (Na, 116 ± 29 mg/kg), iron (Fe, 169 ± 14 mg/kg), zinc (Zn, 125 ± 7 mg/kg) and copper (Cu, 9.4 ± 0.4 mg/kg). Both hydroethanolic extracts and decoction preparations have demonstrated efficacy in inhibiting the growth of several bacteria, with *Escherichia coli*, *Bacillus cereus*, *Listeria monocytogenes* and *Staphylococcus aureus* being the most susceptible. In conclusion, the adaptability of Brazilian spinach to different fertilization methods demonstrates its versatility as a crop. Analysis of its biochemical composition highlights its nutritional richness and potential as a sustainable food option.

Keywords: fertilizers; nutritional composition, unconventional food plants.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	9
2. MATERIAIS E MÉTODOS.....	12
2.1. PREPARAÇÃO DE AMOSTRAS.....	12
2.2. EXTRATOS HIDROETANÓLICOS E PREPARAÇÕES DE DECOCÇÃO.....	12
2.3. PARÂMETROS QUÍMICOS.....	13
2.3.1. Composição proximal.....	13
2.3.2. Açúcares livres.....	13
2.3.3. Ácidos orgânicos.....	13
2.3.4. Ácidos graxos.....	14
2.3.5. Tocoferóis.....	14
2.3.6. Conteúdo mineral.....	14
2.3.7. Compostos fenólicos.....	15
2.4 PROPRIEDADES BIOATIVAS.....	15
2.4.1. Avaliação das propriedades antioxidantes in vitro.....	15
2.4.2. Atividade citotóxica.....	16
2.4.3. Atividade anti-inflamatória.....	16
2.4.4. Atividade antimicrobiana.....	17
2.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	17
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	19
3.1 COMPOSIÇÃO QUÍMICA.....	19
3.2 CONTEÚDO MINERAL.....	24
3.3 COMPOSTOS FENÓLICOS.....	25
3.4 PROPRIEDADES ANTIOXIDANTES, CITOTÓXICA E ANTI-INFLAMATÓRIA.....	29
3.5 ATIVIDADE ANTIMICROBIANA.....	32
4. CONCLUSÕES.....	35
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	36
REFERÊNCIAS.....	37

1. INTRODUÇÃO

Algumas plantas são frequentemente consideradas ervas daninhas ou invasoras, competindo com culturas comerciais, mas também podem oferecer um potencial alimentar e medicinal significativo. Para certas populações, essas plantas formam a base de sua dieta, servindo como suplemento alimentar e frequentemente fornecendo sustento essencial ou funcionando como forma de tratamento para doenças. Elas são comumente usadas na medicina tradicional e em comunidades rurais (Liberal, *et al.*, 2021; Hwong, *et al.*, 2022).

Nesse contexto, surgiu o termo PANC, que se refere às plantas alimentícias não convencionais, caracterizadas por espécies vegetais que já foram utilizadas como fonte de alimento, mas que se tornaram subutilizadas ao longo do tempo devido aos avanços nas técnicas de cultivo e ao processo de globalização, que enfatizou as monoculturas e alterou as preferências alimentares de comunidades tradicionais, que anteriormente possuíam conhecimento sobre e consumiam tais espécies (Moura, *et al.*, 2021).

Na última década, houve um aumento notável no consumo de PANC. Esse aumento pode ser atribuído aos avanços na ciência e tecnologia de alimentos, impulsionados pela busca de novos alimentos adequados para métodos de produção inovadores. Esses alimentos visam ser livres de aditivos químicos e ostentar valores nutricionais superiores em comparação às plantas convencionais (Peisino, *et al.*, 2020; Petropoulosa, *et al.*, 2018).

Com base nessa premissa, a biodiversidade brasileira se apresenta como uma solução promissora para a demanda por novas espécies no desenvolvimento de novos produtos dentro do setor de alimentos e nutrição. O Brasil oferece uma vasta gama de flora inexplorada, com potencial para a descoberta de plantas ricas em nutrientes e compostos bioativos (Peisino, *et al.*, 2020).

Uma espécie que possui tal potencial é a *Alternanthera sessilis* (L.) R. Br. ex DC., que pertence à família Amaranthaceae, composta por aproximadamente 64 gêneros e 800 espécies. Comumente conhecida como espinafre-da-amazônia, espinafre-orelha-de-macaco e espinafre-brasileiro, é nativa do Brasil e cultivada por agricultores locais em pequena escala, frequentemente vendida em feiras na região Norte do país. A planta apresenta folhas verde-escuras com aparência enrolada ou ondulada e atinge aproximadamente 30 cm (Gomes, 2020; Alam, *et al.*, 2022; Saengha, *et al.*, 2022; Kinupp e Lorenzi, 2021; Ferreira, *et al.*, 2021).

Apesar de seu nome ser "espinafre" e pertencer à família Amaranthaceae, *A. sessilis* exibe características distintas quando comparada ao espinafre verdadeiro (*Spinacia oleracea*).

A. sessilis prospera em solos bem drenados em condições climáticas tropicais, não produz sementes viáveis, sendo propagada por meio de estacas, e é classificada como um vegetal anual (Muda, *et al.*, 2022). Ela serve como uma rica fonte de vitaminas, minerais e fibras (Muda, *et al.*, 2022), bem como flavonoides (Saengha, *et al.*, 2022). Além disso, contém carotenoides, vitaminas C e K, ácido fólico, ferro e cálcio (Alam, *et al.*, 2022). Também há relatos de seu uso medicinal, com seus caules sendo empregados para reduzir os níveis de glicose no sangue (Umate e Marathe, 2017). *A. sessilis* é incorporada em várias preparações culinárias, incluindo saladas, sopas, ensopados e sucos (Kinupp e Lorenzi, 2021).

Para maximizar a produtividade de qualquer espécie, seja em termos de biocompostos ou deposição de nutrientes em tecidos vegetais, é necessário fornecer o método de cultivo correto e condições ideais para o crescimento e desenvolvimento. Em particular, os fertilizantes se tornaram um componente indispensável da agricultura, beneficiando o crescimento das plantas e contribuindo para a sustentabilidade nos ecossistemas (Madyaningrana, Siga e Prihatmo, 2022).

Devido ao seu rápido crescimento, o espinafre requer fertilizante mínimo. As formas mais comuns de fertilização incluem sintética, orgânica e a combinação destas, conhecidas como organominerais. Em sistemas de cultivo onde garantir a disponibilidade ideal de nutrientes é desafiador, métodos de fertilização eficientes tornam-se essenciais (Laconski, Nogueira e Fialho, 2020; Alam, *et al.*, 2022; Sulistiani, *et al.*, 2023).

O uso de fertilizantes sintéticos tem ganhado popularidade devido à sua fácil aplicação e efeito quase imediato. No entanto, o uso incorreto pode levar a consequências negativas, como saturação de nutrientes e desequilíbrio ambiental (Nascimento, 2020). Uma opção alternativa são os fertilizantes orgânicos derivados de resíduos vegetais ou animais, obtidos por meio do processo de fermentação desse material (Madyaningrana, Siga e Prihatmo, 2022). Os fertilizantes orgânicos aumentam o conteúdo de matéria orgânica do solo, a infiltração de água e a capacidade de troca catiônica, tudo a um custo menor em comparação aos fertilizantes sintéticos (Rasbold, *et al.*, 2020).

Além disso, a combinação desses dois métodos de fertilização, chamados de "organomineral", incorpora as qualidades da fertilização orgânica, ao mesmo tempo em que aumenta os efeitos benéficos da fertilização sintética. Isso resulta em maior disponibilidade de nutrientes, bem como melhorias nas estruturas físicas do solo, criando um ambiente de crescimento mais adequado para a espécie (Rasbold, *et al.*, 2020).

O objetivo deste estudo foi investigar se o cultivo de *A. sessilis* usando métodos orgânicos, sintéticos ou organominerais de adubação tiveram impacto na composição química das folhas e caules, bem como em sua capacidade bioativa (antioxidante, antimicrobiana, citotoxicidade e anti-inflamatória) de extratos hidroetanólicos.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. PREPARAÇÃO DE AMOSTRAS

As plantas de *A. sessilis* foram cultivadas em vasos de 12 L preenchidos com solo argiloso-arenoso dentro de uma casa de vegetação, com 50% de luz. Elas foram submetidas aos seguintes tratamentos:

i) **Adubação sintética**, que incluiu uma fonte de nitrogênio (ureia 45% N), fósforo (fosfato supersimples 20% P₂O₅) e potássio (cloreto de potássio 60% K₂O), sendo aplicados nas seguintes proporções: 0,53 g de ureia, 2,2 g de fosfato supersimples e 0,47 g de cloreto de potássio em cada vaso.

ii) **Fertilização orgânica**, que envolveu a utilização de 27 g de esterco de aves em cada vaso.

iii) **Adubação organomineral**, composta por 50% da quantidade utilizada em fertilizantes sintéticos e orgânicos, sendo aplicadas em cada parcela as seguintes proporções: 0,265 g de ureia, 1,1 g de superfosfato simples e 0,235 g de cloreto de potássio, além de 13,5 g de cama de frango.

Amostras de controle também foram preparadas e não receberam nenhum tratamento. Cada tratamento compreendeu 15 vasos, sendo que cada vaso continha uma planta. O período de cultivo abrangeu 90 dias, de julho a outubro de 2022.

Posteriormente, as plantas foram colhidas e secas em estufa com circulação de ar e ventilação (Marconi MA035) a uma temperatura de 35°C até atingir massa constante. Em seguida, as folhas foram separadas dos caules, trituradas e armazenadas em local protegido da luz e umidade até a análise posterior.

2.2. EXTRATOS HIDROETANÓLICOS E PREPARAÇÕES DE DECOCCÃO

Os extratos hidroetanólicos foram preparados a partir de 3 g de amostras de folhas e caules triturados, que foram misturados com uma solução de etanol:água (80:20, v/v) e submetidos à agitação magnética à temperatura ambiente por 1 hora. Após o tempo estipulado, a filtração foi realizada utilizando papel de filtro Whatman N° 4. Os resíduos foram reextraídos, e os filtrados resultantes foram combinados e então evaporados sob pressão a 40°C e 120 rpm, utilizando um evaporador rotativo Büchi R-210 (Flawil, Suíça), seguido de liofilização.

Preparações de decocção foram feitas usando 2 g de amostras de folhas trituradas e 100 mL de água destilada aquecida. A amostra foi fervida por 5 minutos em uma placa de

aquecimento (VELP Scientific), filtrada através de papel de filtro Whatman N° 4 e, posteriormente, liofilizada.

2.3. PARÂMETROS QUÍMICOS

2.3.1 . Composição centesimal

Lipídios, cinzas, proteínas e carboidratos foram determinados nas amostras de folhas e caules triturados seguindo as metodologias AOAC 2016. Os lipídeos foram determinados por extração Soxhlet usando éter de petróleo a 80 °C por 7 horas. O teor de cinzas foi avaliado por incineração em um forno mufla a 550 ± 15 °C. A proteína bruta foi determinada usando o método macro-Kjeldahl ($N \times 6,25$) com uma unidade automática de destilação e titulação (modelo Pro-nitro-A, JP Selecta, Barcelona). Para o teor total de carboidratos, a diferença foi calculada usando a fórmula: Carboidrato total (g/100 g de peso seco (dw)) = 100 - (g de gordura + g de cinzas + g de proteína). De acordo com o sistema Atwater, o valor energético foi calculado usando a fórmula: (g de proteínas + g de carboidratos) + 9 × (g de lipídios).

2.3.2. Açúcares livres

O conteúdo de açúcares livres solúveis foi determinado usando 1,0 g de amostras trituradas, seguindo uma metodologia previamente descrita (Spráa, *et al.*, 2020). As análises foram conduzidas em um sistema de cromatografia líquida de alta eficiência acoplado a um detector de índice de refração (HPLC-RI; Knauer, Smartline system 1000, Berlim, Alemanha). Os compostos foram identificados por comparação com padrões, e a quantificação foi realizada usando melezitose. Os resultados foram registrados e processados utilizando o software Clarity 2.4 (Dataapex, Praga, República Tcheca) e expressos em g por 100 g de dw.

2.3.3. Ácidos orgânicos

Ácidos orgânicos foram extraídos de 1,0 g de amostras trituradas usando uma metodologia previamente descrita (Barros, *et al.*, 2013). A análise foi conduzida empregando um sistema de cromatografia líquida acoplado a um detector de arranjo de diodos (UPLC-DAD; Shimadzu 20A UFC series, Shimadzu Corporation, Kyoto, Japão) conforme descrito por (Barros, *et al.*, 2013). Os compostos foram identificados e quantificados comparando o tempo de retenção, espectros e área de pico, que foram registrados a 215 nm, com padrões comerciais (ácidos oxálico, málico, cítrico, succínico e fumárico; Sigma-Aldrich, St Louis, EUA). Os

resultados foram processados usando o software LabSolutions Multi LC-PDA (Shimadzu Corporation, Kyoto, Japão) e expressos em g por 100 g dw.

2.3.4. Ácidos graxos

Os ésteres metílicos de ácidos graxos (FAME) foram determinados por cromatografia gás-líquido após extração e derivatização, conforme descrito em uma metodologia anterior (Spréa, *et al.*, 2020). A análise foi conduzida usando cromatografia gás-líquido com detecção por ionização de chama, empregando um instrumento YOUNG IN Chromass 6500 GC System equipado com um injetor *split/splitless*, um detector de ionização de chama (FID) e uma coluna Zebron-Fame. Os ácidos graxos foram identificados e quantificados pela comparação dos tempos de retenção relativos dos picos da amostra com aqueles dos padrões FAME (mistura padrão de referência 47.885-U, Sigma, St. Louis, MO, EUA). Os resultados foram registrados e processados usando o software Clarity Dataapex 4.0 (Praga, República Tcheca) e expressos como uma porcentagem relativa de cada ácido graxo.

2.3.5. Tocoferóis

Os tocoferóis foram determinados nas amostras liofilizadas usando um HPLC acoplado a um detector de fluorescência (HPLC-FP-2020, Jasco, Easton, EUA) conforme descrito anteriormente por Spréa *et al.* (2020). A quantificação das isoformas (α -, β - e γ -tocoferóis) foi realizada com base em curvas de calibração construídas com padrões (Sigma, St. Louis, MO, EUA) e tocol (Matreya, Pleasant Gap, PA, EUA), usado como padrão interno. Os resultados foram registrados e processados usando o software Clarity 2.4 (Dataapex, Praga, República Tcheca) e expressos em mg por 100 g de d w.

2.3.6. Conteúdo Mineral

A composição mineral foi determinada seguindo o protocolo AOAC 2016. As folhas secas foram submetidas à Trituração e digeridas em 10 mL de ácido nítrico dentro de um sistema de extração por micro-ondas, operando a 200 °C e 1600 watts por 30 min. A mistura foi posteriormente ajustada para um volume final de 50 mL com água destilada. O conteúdo mineral, incluindo potássio (K), sódio (Na), cálcio (Ca), magnésio (Mg), ferro (Fe), manganês (Mn), cobre (Cu) e zinco (Zn), foi analisado usando espectrofotometria de absorção atômica (Perkin Elmer 1100B, Waltham, MA, EUA) conforme descrito por Paschoalinotto *et al.* (2023). Os resultados foram expressos em g por Kg para K, Ca e Mg, e em mg por Kg para Na, Fe, Mn, Cu e Zn.

2.3.7. Compostos fenólicos

Os compostos fenólicos foram determinados tanto nos extratos hidroetanólicos quanto nas preparações de decocção. Esses extratos foram redissolvidos em etanol/água (80:20, v/v) para atingir uma concentração final de 5 mg/mL. Posteriormente, eles foram filtrados através de um filtro de disco descartável de 0,22 µm e analisados usando cromatografia líquida de alta eficiência acoplada a um detector de arranjo de diodos e espectrômetro de massas (HPLC-DAD-ESI-MS/MS), seguindo as condições amplamente propostas por Bessada *et al.* (2016) . Os compostos foram identificados comparando os tempos de retenção, UV-VIS e espectros de massas dos compostos da amostra com aqueles dos padrões disponíveis. Nos casos em que os padrões não estavam disponíveis, os compostos foram identificados provisoriamente com base no padrão de fragmentação e nos dados relatados na literatura. A quantificação dos compostos identificados foi realizada usando curvas de calibração obtidas de padrões incluindo ácido cafeico, ácido ferúlico e *queracetina-3-O-glicosídeo* (variando de 200 a 5 µg/mL, Extrasynthese, Genay, França). Os resultados foram expressos em mg por g de extrato.

2.4 PROPRIEDADES BIOATIVAS

2.4.1 Avaliação das propriedades antioxidantes in vitro

Para os ensaios de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS), os extratos hidroetanólicos e as preparações de decocção foram primeiramente dissolvidos em água e então diluídos de 5 a 0,15625 mg/mL. O tecido cerebral suíno (*Sus scrofa*) foi homogeneizado e utilizado para medir a inibição da peroxidação lipídica, que foi avaliada com base na redução na formação de TBARS, seguindo o método descrito por Liberal *et al.* (2021) . A intensidade da cor do complexo malondialdeído-ácido tiobarbitúrico (MDA-TBA) foi quantificada medindo sua absorbância a 532 nm. Os resultados foram expressos como valores de EC₅₀ (mg/mL), representando a concentração da amostra que forneceu 50% de atividade antioxidante. Trolox foi usado como controle positivo.

Para a avaliação do potencial de inibição da hemólise oxidativa (OxHLIA) dos extratos hidroetanólicos e preparações de decocção, uma solução de eritrócitos a 2,8% (200 µL) foi preparada em solução salina tamponada com fosfato (PBS, pH 7,4, v/v). Esta solução foi misturada com 400 µL do seguinte: solução de extrato (variando de 6 a 2000 µg/mL em PBS), Trolox como controle positivo (variando de 3,91 a 125 µg/mL em PBS), uma solução de PBS como controle negativo e água destilada como linha de base. Após incubação por 10 min. a 37

°C com agitação, foi adicionado 2,2'-azobis (2-metilpropionamidina) dicloridrato (160 mM; 200 µL) e a densidade óptica foi medida continuamente a 690 nm usando um leitor de microplacas ELx800 (Bio-Tek Instruments, Winooski, VT, EUA) até que ocorresse hemólise completa, conforme método descrito por Lockowandt *et al.* (2019). Os valores de IC_{50} (µg/mL), representando a concentração do extrato necessária para manter 50% da população de eritrócitos intacta dentro do tempo especificado (Δt de 60 min.), foram determinados usando GraphPad Prism 8.

2.4.2 Atividade citotóxica

As seguintes linhagens de células tumorais humanas foram empregadas para acessar a atividade citotóxica: AGS (adenocarcinoma gástrico), CaCo2 (adenocarcinoma colorretal), MCF-7 (adenocarcinoma de mama), NCI-H460 (carcinoma de pulmão) (Leibniz-Institut DSMZ). Uma massa conhecida de cada extrato (8 mg) foi dissolvida em 1 mL de H₂O para criar soluções estoque com uma concentração de 8 mg/mL. Diluições subsequentes foram então preparadas para obter as concentrações para teste, variando de 400 a 6,25 µg/mL, conforme descrito por Fernandes *et al.* (2020). Uma sulforodamina B aderida (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, EUA) foi solubilizada usando Tris (10 mM, 200 µL), e a absorbância foi medida em um comprimento de onda de 540 nm usando um leitor de microplacas (Synergy H1, BioTek Instruments, Winooski, Vermont, EUA). Os resultados são expressos como a concentração de extrato capaz de inibir o crescimento celular em 50% (GI_{50} , µg/mL).

2.4.3. Atividade anti-inflamatória

O potencial anti-inflamatório foi avaliado pela produção de óxido nítrico formado na linhagem de células semelhantes a macrófagos de camundongo RAW 264.7, proveniente de Leibniz (Institut DSMZ - Deutsche Sammlung von Mikroorganismen und Zellkulturen GmbH). Os extratos foram redissolvidos em H₂O para atingir uma concentração final de 8 mg/mL. Diluições subsequentes foram realizadas para obter as concentrações para teste, variando de 0,125 a 8 mg/mL.

A quantificação do óxido nítrico foi conduzida usando um kit Griess Reagent System (que contém sulfanilamida, *N*-(*I*-naftil)etilenodiamina hidrocloreto (NED) e soluções de nitrito). Uma curva de referência de nitrito (preparada com 100 mM de nitrito de sódio a 1,6 mM) (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, EUA) em uma placa de 96 poços. O óxido nítrico produzido foi determinado medindo absorbâncias a 540 nm com um leitor de microplacas (Synergy H1, BioTek Instruments, Winooski, Vermont, EUA) e comparado com a curva de

calibração padrão. Dexametasona (50 mM) serviu como controle positivo, enquanto amostras sem LPS foram usadas como controle negativo. Os resultados foram calculados pela representação gráfica da porcentagem de inibição da produção de óxido nítrico *versus* a concentração da amostra e expressos em relação à concentração de cada extrato que causa uma inibição de 50% da produção de óxido nítrico (valores de IC₅₀, µg/mL) (Fernandes, *et al.*, 2023).

2.4.4. Atividade antimicrobiana

A atividade antibacteriana dos extratos hidroetanólicos e preparações de decocção foi determinada seguindo o método de microdiluição descrito por Pires *et al.*, (2018). Os microrganismos avaliados são bactérias Gram-positivas: *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus* e *Listeria monocytogenes* e bactérias Gram-negativas: *Escherichia coli*, *Salmonella enterica*, *Yersinia enterocolitica*, *Enterobacter Cloacae* e *Pseudomonas aeruginosa*. A concentração inibitória mínima (CIM) foi determinada com base na redução do cloreto de *p* - iodonitrotetrazólio (0,2 mg/mL; Panreac AppliChem, Barcelona, Espanha).

A concentração inibitória bactericida mínima (MBC) foi avaliada por meio do plaqueamento de uma alça cheia do conteúdo dos micropoços que não apresentaram coloração no ensaio de MIC. Diferentes antibióticos foram usados como controle positivo (Estreptomicina e Meticilina (Hikma Farmacêutica, SA, Sintra, Portugal) e Ampicilina (Fisher Scientific, Janssen Pharmaceutics NV, Bélgica). Caldo de cultura (Caldo Muller Hinton; Biolab, Budapeste, Hungria) adicionado de 5% de dimetilsulfóxido (Merck KgaA, Darmstadt, Alemanha) inoculado com cada bactéria foi usado como controle positivo.

Para atividade antifúngica foram utilizados *Aspergillus brasiliensis* e *Aspergillus fumigatus*. Os resultados foram apresentados como as concentrações que resultaram em inibição completa do crescimento bacteriano (CIM), através do método de microdiluição acoplado ao ensaio colorimétrico rápido com cloreto de *p*-iodonitrotetrazólio (INT) descrito pelos autores acima mencionados, bem como valores de MBC e MFC (concentração bactericida mínima e concentração fungicida mínima, respectivamente). Os controles positivos utilizados foram o cetoconazol (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, EUA), enquanto o controle negativo foi 5% de dimetilsulfóxido (DMSO).

2.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Todas as análises foram realizadas em triplicata ($n = 3$), e os resultados foram expressos como média±desvio padrão, exceto para atividade antimicrobiana. Os resultados foram analisados usando uma análise de variância unidirecional (ANOVA), seguida pelo teste HSD

de Tukey, com $\alpha = 0,05$, para avaliar diferenças significativas entre as amostras . A análise foi conduzida usando o software estatístico SPSS (IBM SPSS Statistics para Windows, versão 23.0; IBM Corp., Armonk, NY, EUA) .

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. COMPOSIÇÃO QUÍMICA

Os resultados para composição centesimal, açúcares livres e ácidos orgânicos, obtidos após análise das folhas e caules de amostras de espinafre-brasileiro, são apresentados na **Tabela 1**. Dentre os macroelementos, os carboidratos apresentaram o maior teor, seguidos por cinzas, proteínas e lipídios. Amostras de caule apresentaram maior teor de carboidratos em comparação às folhas.

Tabela 1. Composição centesimal e compostos hidrofílicos das folhas e caules do espinafre-brasileiro (média ± DP, $n=3$).

Tratamento de fertilização	Folhas				Caules			
	Controle	Sintético	Orgânico	Organomineral	Controle	Sintético	Orgânico	Organomineral
Composição proximal								
Lipideos	2,3±0,06c	2,8±0,2b	3,4±0,1a	2,7±0,2b	1,10±0,01e	1,58 ±0,01d	0,95±0,07f	0,82±0,04g
Proteínas	16,08±0,07c	18,65±0,03b	18,6±0,6b	21,3±0,2a	8,1±0,6f	15±1d	6,53±0,03g	9,9±0,2e
Cinzas	19,3±0,8b	19±2b	18,9±0,6b	20,4±0,3a	10,8 0,2d	12±1c	9,92±0,05e	10,29± 0,01de
Carboidratos	62,3±0,2e	60±1f	59±1f	55,6±0,2g	80,02±0,83b	72±1d	82,59±0,02a	78,9±0,1c
Energia (Kcal/100g dw)	359±3e	339±7c	342±2c	331,9±2e	362,9±0,08ab	362±4b	364,01±0,06a	362,9±0,02ab
Açúcares livres								
Frutose	1,00±0,02h	1,60±0,05g	2,64±0,02f	3,25±0,01e	6,59±0,07d	9,31±0,03a	6,94±0,03c	7,70±0,01b
Sacarose	2,13±0,05g	3,95±0,02d	2,80±0,06f	3,11±0,05e	6,44±0,07c	6,34±0,02d	7,26±0,04b	8,83±0,03a
Total	3,1±0,1h	5,6±0,1f	5,5±0,01g	6,4±0,1e	13±1d	15,7±0,01b	14,2±0,1c	16,5±0,01a
Ácidos orgânicos								
Ácido oxálico	5,39±0,04f	5,82±0,01d	5,64±0,01e	6,83±0,08a	4,09±0,03 h	6,00±0,03c	4,57±0,02 g	6,50±0,06b
Ácido málico	2,13±0,02 g	2,50±0,04e	2,73±0,05c	2,7±0,1d	2,01±0,04 h	2,92±0,01b	2,40±0,04f	3,28±0,04a
Ácido cítrico	3,12±0,04c	3,37±0,02a	3,32±0,09b	2,78±0,03e	2,72±0,04f	3,15±0,02c	2,89±0,03d	2,74±0,05ef
Ácido succínico	6,11±0,01b	6,24±0,06a	5,57±0,01e	5,52±0,02g	5,80±0,09c	5,39±0,06f	5,25±0,01g	5,72±0,04d
Ácido fumárico	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr
Total	16,75±0,6f	17,94±0,03b	17,26±0,01e	17,53±0,02c	14,63±0,02h	17,46±0,05d	15,11±0,02g	18,3±0,2a

tr – traços ; Médias na mesma linha seguidas por letras diferentes são significativamente diferentes de acordo com o teste de significância de Tukey, teste HSD ($p = 0,05$).

Em relação ao teor de lipídios, a maior quantidade ($3,4\pm0,1$ g/100 g dw) foi observado nas folhas cultivadas sob fertilização orgânica, enquanto os níveis de cinzas e proteínas apresentaram maiores teores ($20,4\pm0,3$ e $21,3\pm0,2$ g/100 g dw, respectivamente) nas plantas cultivadas sob fertilização organomineral.

Em termos de carboidratos, o maior teor ($82,59\pm0,02$ g/100 g dw) foi observado nos caules de plantas cultivadas com fertilização orgânica. Isso ressalta a influência significativa da fertilização e da disponibilidade de nutrientes do solo no perfil nutricional da planta, conforme destacado por Ferreira *et al.* (2021) em seu estudo. Ao avaliar o impacto das doses de ureia no espinafre-brasileiro, esses pesquisadores descobriram que a fertilização afeta diretamente a

composição nutricional, particularmente o teor de proteína, que variou de 19,5 a 25,03 g/100 g dw em várias doses testadas. Notavelmente, o teor de proteína relatado por Ferreira *et al.* (2021) alinha-se estreitamente com aqueles obtidos em nosso estudo, onde o teor de proteína variou de 16,08 a 21,3 g/100 g dw nas folhas e 6,53 a 15 g/100 g dw nos caules.

Vários estudos examinaram o conteúdo de proteína de *A. sessilis*, produzindo valores estreitamente alinhados com aqueles obtidos neste estudo. Como é o caso de Nuñez-Estevez, *et al.*, (2021) com valores relatados de 16,1 g/100 g dw, e Umate e Marathe (2017) encontraram um teor de proteína de aproximadamente 16,6 g/100 g dw. Essas descobertas enfatizam seu potencial considerável como fonte de proteína, especialmente quando comparado a outros vegetais, como a berinjela. Quando submetido a níveis variados de fertilização com fósforo e potássio, *A. sessilis* atingiu um teor máximo de proteína de 16,99 g/100 g (Chagas, 2019). Em comparação, o espinafre (*Spinacia oleracea L.*), um vegetal amplamente consumido, exibiu um teor de proteína substancialmente menor, com apenas 2,9% de proteína em suas folhas (Roberts e Moreau, 2016).

Em relação aos lipídios, cinzas e carboidratos (com valores de 3,4; 20,4 e 82,59 g/100 g dw, respectivamente), o espinafre-brasileiro apresentou maior teor em comparação a outras espécies do gênero Amaranthus que são comumente consumidas como PANC. Essa diferença notável é destacada no estudo conduzido por Sarker, (2019), que inclui espécies da mesma família botânica do espinafre-brasileiro. Para *A. viridis*, o teor de lipídios variou de 0,28 a 0,42 g/100 g dw, o teor de cinzas variou de 5,43 a 6,86 g/100 g dw e o teor de carboidratos de 6,31 a 9,03 g/100 g dw. Por outro lado, *A. spinosus* apresentou valores de lipídios variando de 0,47 a 0,63 g/100 g fw, valores de cinzas variando de 5,09 a 5,62 g/100 g fw, e valores de carboidratos variando de 2,33 a 4,41 g/100 g.

O conteúdo energético calculado das folhas e caules é notavelmente alto, dentro da faixa de 331,9 a 364,01 Kcal/100 g dw. Esses valores se alinham de perto com aqueles encontrados em barras de cereais comerciais, que normalmente contêm cerca de 388 Kcal/100 g (Silva, *et al.*, 2019). Isso sugere que a espécie pode servir como uma opção viável para repor as reservas de energia em indivíduos que a consomem, oferecendo uma alternativa natural aos produtos processados e industrializados.

Em relação aos açúcares livres, a análise detectou apenas dois compostos: frutose e sacarose. Esses açúcares foram encontrados em maior quantidade, especificamente 9,31 g/100 g dw para frutose e 8,83 g/100 g dw para sacarose, nos caules da planta quando ela foi cultivada com fertilizantes sintéticos e organominerais, respectivamente. A maior quantidade desses

açúcares nos caules pode ser atribuída à função desse órgão da planta. Os açúcares são inicialmente sintetizados nas folhas e posteriormente translocados para o órgão responsável pelo crescimento, desenvolvimento e reprodução, neste caso, os caules. Esses açúcares também desempenham um papel fundamental no sistema de proteção antioxidante e osmótica da planta, conforme destacado por Filho e Carvalho (2020).

Em todos os tratamentos testados, quatro compostos de ácidos orgânicos foram identificados (**Tabela 1**), ácidos oxálico, mágico, cítrico e succínico, juntamente com traços de ácido fumárico. Esses ácidos orgânicos desempenham um papel crucial na formação do perfil de sabor dos vegetais, servindo como reguladores da acidez, conservantes, antioxidantes e importantes contribuintes para o metabolismo das plantas e propriedades antimicrobianas. Além disso, sua utilidade se estende a aplicações na indústria alimentícia, conforme demonstrado por Spráa *et al.* (2020).

O ácido oxálico, em geral, foi o ácido orgânico mais prevalente, com maior quantidade (6,83 g 100/g) observada nas folhas de plantas cultivadas usando fertilização organomineral. Este composto é frequentemente encontrado em tecidos vegetais e pode ser considerado potencialmente prejudicial, uma vez que não é sintetizado pelo corpo humano. Sua presença pode contribuir para a formação de cálculos renais e reduzir a disponibilidade de cálcio para processos fisiológicos essenciais dentro do corpo (Benevides, *et al.*, 2011).

As quantidades de ácido oxálico observadas foram notavelmente maiores do que aquelas tipicamente encontradas em vegetais comumente consumidos como espinafre cru (variando de 0,4 a 0,9 g 100 g dw) e beterraba (0,076 a 0,67 g 100 g dw). No entanto, vale a pena notar que uma porção significativa deste composto pode ser reduzida através do processo de cozimento, levando a uma diminuição na concentração dentro dos tecidos vegetais em até 37% a 87% (Massey, 2007).

Outro ácido orgânico que apresentou maior quantidade foi o ácido succínico, quantificado 6,24 g/100 g dw em plantas tratadas com fertilização sintética. A quantidade superou as encontradas em outras espécies vegetais comumente consumidas, como a salsa, que possui quantidades variando de 0,39 a 0,57 g/100 g (Saleh, *et al.*, 2018), e a alface, um vegetal folhoso popular globalmente, que apresentou um teor de 0,003 g/100 g para este composto (Flores, Hellín e Fenoll, 2012).

Isso destaca o espinafre-brasileiro como uma fonte notável de ácido succínico, um composto que desempenha um papel crucial na redução do pH e na melhoria do sabor. Além

disso, atua também na inibição do crescimento microbiano, estendendo assim a vida útil do vegetal (Nawirska-Olszańska, *et al.*, 2014).

Em todos os fertilizantes e partes da planta analisados, os ácidos graxos poliinsaturados (PUFA) foram consistentemente a classe dominante, seguidos pelos ácidos graxos saturados (SFA), e dos ácidos graxos monoinsaturados (MUFA) aparecendo em quantidades comparativamente menores (**Tabela 2**).

Tabela 2. Composição química em relação aos compostos lipofílicos e tocoferóis das folhas e caules do espinafre-brasileiro estudados (média ±DP, $n=3$).

Tratamento de fertilização	Folhas				Caules			
	Controle	Sintético	Orgânico	Organomineral	Controle	Sintético	Orgânico	Organomineral
Ácidos graxos								
				Porcentagem relativa (%)				
C16:0	21±1	20,3±0,2	22,6±0,5	20,1±0,3	26,9±0,2	27±1	26,9±0,3	25,05±0,01
C16:1	1,14±0,04	1,02±0,07	1,11±0,06	1,0±0,1	0,54±0,04	0,50±0,01	0,57±0,01	0,54±0,01
C18:0	4,42±0,06	4,26±0,03	4,8±0,2	5,3±0,2	5,93±0,07	4,72±0,07	4,4±0,4	5,41±0,03
C18:1n9c	6,9±0,2	6,6±0,1	7,66±0,01	15,9±0,6	20,6±0,1	8,8±0,2	6,36±0,08	16,3±0,4
C18:2n6c	25,9±0,1	25,2±0,2	25,52±0,08	24,7±0,4	30,5±0,3	36,6±0,9	36,4±0,3	33,3±0,3
C18:3n3	29±1	27,8±0,4	31,5±0,6	22,3±0,2	8,32±0,03	14,8±0,7	14,8±0,1	11,0±0,1
C20:0	1,09±0,01	1,04±0,03	1,19±0,04	1,16±0,02	1,21±0,06	1,01±0,01	1,08±0,03	1,13±0,05
C22:0	2,46±0,06	1,91±0,01	1,42±0,02	1,99±0,01	1,60±0,06	1,74±0,05	2,18±0,01	2,07±0,05
C24:0	3,1±0,3	8,50±0,08	1,04±0,02	4,34±0,07	1,35±0,02	1,91±0,08	2,7±0,1	2,2±0,1
SFA	35,85±1,36e	38,58±0,31d	33,6±0,2g	34,8±0,1f	39,4±0,2bc	39±1cd	41,11±0,12a	38,33±0,06d
MUFA	8,38±0,20f	7,62±0,05g	8,9±0,3e	17,3±0,5b	21,2±0,1a	9,3±0,1d	6,93±0,08h	16,8±0,4c
PUFA	56±1b	53,8±0,3c	57,5±0,5a	47,9±0,6e	39,5±0,3g	51±2d	51,9 ± 0,2d	44,8 ± 0,5f
Tocoferóis								
				(mg/100g dw)				
α -Tocoferol	3,8±0,3d	9,3 ± 0,9b	7,7±0,4c	7,7±0,4c	8,9±0,1b	11±1a	1,3±0,4e	8,2± 0,2c
β - Tocoferol	0,6±0,1b	1,2±0,5a	0,7±0,1b	0,6±0,1b	nd	nd	nd	nd
γ - Tocoferol	nd	nd	nd	nd	nd	0,3±0,01a	nd	0,3± 0,1a
Total	4,3±0,4c	11±1a	8,4±0,4b	8,3±0,5b	8,9±0,1b	11±1a	1,3±0,4d	8,5±0,1b

nd - não detectado. C16:0 – ácido palmítico; C16:1 – ácido palmitoleico; C18:0 – ácido esteárico; C18:1n9c – ácido oleico; C18:2n6c – ácido linoleico; C18:3n3 – ácido alfa linolênico; C20:0 – ácido araquídico; C22:0 – ácido behênico; C22:2 – ácido docosadienoico; C24:0 – ácido lignocérgico; SFA: ácidos graxos saturados; MUFA: ácidos graxos monoinsaturados; PUFA: ácidos graxos poliinsaturados. Médias na mesma linha seguidas por letras diferentes são significativamente diferentes de acordo com o teste de significância de Tukey HSD ($p = 0,05$).

Em relação à composição de ácidos graxos, 20 ácidos graxos foram identificados e quantificados, e apenas a maioria é apresentada na tabela. Os mais prevalentes tanto nas folhas quanto nos caules foram o ácido linoleico (variando de 24,72 a 36,69%), α -linolênico (variando de 8,32 a 31,5%), palmítico (variando de 20,14 a 26,87%) e oleico (variando de 6,36 a 20,6%).

Notavelmente, os PUFA representam a classe primária de ácidos graxos, como mencionado anteriormente, respondendo por 39,5 a 57,5% do total, as folhas das plantas que receberam fertilização orgânica se destacando particularmente com um teor de PUFA de 57,5%. Um

padrão semelhante foi observado para SFA, com o maior teor detectado nos caules (41,11%) em comparação com outros tratamentos. Por outro lado, para MUFA, a distinção notável foi observada no grupo controle (21,2%), quantificada especificamente nos caules.

Independentemente da fonte de fertilizante usada e da parte específica da planta analisada, o ácido linoleico consistentemente apresentou a maior quantidade. Esses valores foram próximos aqueles relatados por Fernandes *et al.* (2020), onde eles avaliaram várias cultivares de salsa. Em seu estudo, a quantidade nas folhas de salsa variou de 27,6% (para a cultivar de folhas crespas) a 32,2% (para a cultivar de folhas simples). Em seu estudo recente, (Cavichi, *et al.*, 2023) que se concentrou na composição de ácidos graxos da *Commelina erecta*, uma planta alimentícia não convencional, o ácido linoleico foi considerado o ácido graxo predominante, variando de 19,24% nas folhas a 28,5% nos caules. No entanto, essas quantidades foram menores do que as observadas no estudo atual, ressaltando o potencial de *A. sessilis* como uma fonte alternativa de compostos ômega-6 e ômega-3, particularmente a maior quantidade de PUFA, esses ácidos graxos desempenham um papel vital na dieta, contribuindo para a redução de potenciais doenças cardiovasculares e processos inflamatórios (Hwong, *et al.*, 2022). Portanto, *A. sessilis* é promissor como um componente alimentar valioso para promover a saúde cardiovascular e mitigar condições inflamatórias.

O ácido palmítico se apresentou consistentemente com a maior quantidade entre os SFA nos caules e folhas, independentemente do tratamento. Em relação ao MUFA, o ácido oleico apresentou a maior concentração nos caules das plantas do tratamento controle, atingindo 20,6%. Em contraste, as plantas que receberam fertilização organomineral tiveram 15,93% em suas folhas e 16,26% em seus caules. Em um estudo de Sridhar e Lakshminarayana (1993), o ácido palmítico foi relatado em uma quantidade de 26,5%, valores em concordância com os valores observados neste estudo. Isso sugere que o tratamento aplicado pode ter influência mínima na quantidade deste ácido graxo específico. Além disso, Mahbub, *et al.* (2010) relataram um conteúdo de 23,6% para ácido palmítico, o que se alinha aos valores descobertos deste estudo. No entanto, seu estudo também revelou um conteúdo significativamente maior de ácido oleico em 53,10%, em comparação com as folhas detectadas no presente estudo.

Em relação ao teor de tocoferóis, os resultados indicam que a quantidade de tocoferóis individuais e totais foi afetada pelo tipo de fertilização utilizada e pela parte específica da planta avaliada (folhas e caules). A principal isoforma de vitamina E detectada foi o α -tocoferol, que foi encontrado tanto nas folhas quanto nos caules. A fertilização sintética apresentou a maior quantidade presente nos caules, enquanto a fertilização orgânica apresentou a menor quantidade

(11 mg/100 g e 1,3 mg/100 g, respectivamente). O β -tocoferol surge como o segundo tocoferol mais prevalente, encontrado exclusivamente nas folhas. Entre os tratamentos, a fertilização sintética apresentou o maior teor, com 1,2 mg/100 g dw. Entretanto, o γ -tocoferol foi o menos abundante, detectado em apenas dois tratamentos: sintético (0,3 mg/100 g dw) e organomineral (0,3 mg/100 g dw), não sendo observada diferença significativa entre elas.

Em relação ao teor total de tocoferol, folhas e caules tratados com fertilizantes sintéticos apresentaram os maiores teores, atingindo $9,3 \pm 0,9$ e 11 ± 1 mg/100 g dw, respectivamente. Essas descobertas os diferenciam dos outros tratamentos, indicando que a aplicação de fertilizante sintético pode aumentar o conteúdo de tocoferol da planta. Esse fenômeno provavelmente está associado à composição do fertilizante sintético, onde a presença equilibrada de nutrientes como nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) favorece a biossíntese de tocoferóis em equilíbrio (Polyzos, *et al.*, 2022).

Além disso, os valores totais de tocoferol superaram aqueles comumente encontrados em vegetais rotineiramente consumidos pela população, como alface americana (0,047 mg/100 g dw), alho-poró (0,006 mg/100 g) (Lee, Bi e Henry, 2022), grão-de-bico (2,99 mg/100) e ervilhas (1,02 mg/100 g) (Boschin e Arnoldi, 2011). Isso ressalta o potencial de *A. sessilis* como uma valiosa fonte de vitamina E em comparação com vegetais consumidos popularmente.

3.2 CONTEÚDO MINERAL

A composição mineral das folhas de *A. sessilis* é mostrada na **Tabela 3**. Os dados revelaram respostas diversas, e nenhuma tendência consistente foi observada entre os diferentes fertilizantes usados no cultivo.

Tabela 3. Composição mineral das folhas do espinafre-brasileiro em relação às diferentes fontes de fertilização (\pm DP média, $n=3$).

Tratamento fertilização	Folhas			
	Controle	Sintético	Orgânico	Organomineral
[K]/(g/Kg)	43,4 \pm 0,2a	43,8 \pm 0,8a	40,2 \pm 0,9b	39 \pm 4b
[Na]/(mg/Kg)	153 \pm 21a	113 \pm 23b	105 \pm 5b	116 \pm 29b
[Ca]/(g/Kg)	4,4 \pm 0,3c	4,78 \pm 0,01ac	5,11 \pm 0,01b	6 \pm 1a
[Mg]/(g/Kg)	3,44 \pm 0,05b	3,47 \pm 0,08b	3,3 \pm 0,2b	4,0 \pm 0,6a
[Fe]/(mg/Kg)	126 \pm 1b	121 \pm 11b	125 \pm 12b	169 \pm 14a
[Mn]/(mg/Kg)	505 \pm 23b	571 \pm 48a	381 \pm 5c	496 \pm 33b
[Cu]/(mg/Kg)	9 \pm 1a	7,60 \pm 0,07b	7,0 \pm 0,4b	9,4 \pm 0,4a
[Zn]/(mg/Kg)	114 \pm 7b	107 \pm 5c	84 \pm 1d	125 \pm 7a

Médias na mesma linha seguidas por letras diferentes são significativamente diferentes de acordo com o teste de significância de Tukey, teste HSD ($p = 0,05$).

As plantas do tratamento controle se destacaram com relação ao seu teor de sódio (Na), registrando 153 ± 21 mg/kg dw. Por outro lado, quando se trata de potássio (K), tanto as plantas controle ($43,4 \pm 0,2$ g/kg dw) quanto aquelas submetidas à fertilização sintética ($43,8 \pm 0,8$ g/kg dw) exibiram a maior quantidade desse elemento em seus tecidos. No entanto, vale destacar que as plantas tratadas com fertilização organomineral apresentaram quantidades elevadas de cálcio (Ca), magnésio (Mg), ferro (Fe), cobre (Cu) e zinco (Zn). Entre os vários tratamentos empregados, a maior quantidade de manganês (Mn) foi encontrada nas plantas que receberam fertilizante sintético.

A quantidade de minerais analisados segue a ordem: K>Mn>Ca>Mg>Na>Fe>Zn>Cu, que se alinha com os minerais identificados por Umate e Marathe (2018). No entanto, os autores também detectaram um espectro mais amplo de elementos, influenciados por vários fatores, incluindo o tempo de colheita da planta, nível de nutrição do solo, tipo de solo e idade da planta (Paschoalinotto, *et al.*, 2023; Umate e Marathe, 2018).

Os elementos Ca (0,702 g/kg), K (19,90 g/kg), Na (6,7 g/kg), Zn (5 mg/kg) e Cu (8,5 mg/kg) foram detectados em menor quantidade no estudo conduzido por Othman *et al.* (2016) em comparação com as quantidades quantificadas em nosso estudo. Em outro estudo, quando comparado a uma espécie convencional como o espinafre (*Spinacia oleraceae*), os autores também encontraram elementos como Ca (1,01 g/kg dw), K (1,46 g/kg dw), Na (760 g/kg dw) e Fe (1690 g/kg dw). No entanto, as quantidades foram menores do que as observadas em nossa pesquisa para Ca (6,1 g/kg) e K (43,2 g/kg) (Kuti e Kuti, 1999). O conteúdo mineral no tecido vegetal está intrinsecamente ligado à disponibilidade de nutrientes do solo e à aplicação de fertilizantes para criar condições favoráveis (Othman, *et al.*, 2016).

Assim, é plausível inferir que os fertilizantes podem ter promovido o acúmulo de elementos como Ca, Mg, Fe, Mn, Cu e Zn. Além disso, as quantidades elevadas de K e Na podem ser atribuídas a fatores genéticos dentro da planta, pois ambos exibiram maior conteúdo no tratamento controle.

3.3 COMPOSTOS FENÓLICOS

A composição e quantificação dos compostos fenólicos presentes nos extratos de folhas, caules e decocção do espinafre amazônico estão apresentadas na **Tabela 4**, onde foram quantificados e identificados 13 compostos fenólicos, sendo seis pertencentes à classe dos ácidos fenólicos e sete à classe dos flavonoides.

O ácido protocatecuico hexosídeo ($0,695\pm0,02$ mg/g) foi o ácido fenólico presente em maior quantidade nas folhas do tratamento controle, seguido pelo derivado p-cumárico ($0,326\pm0,004$ mg/g). Por outro lado, o ácido ferúlico hexosídeo ($0,293\pm0,004$ mg/g) e o ácido hidroxibenzóico glicosídeo ($0,13\pm0,001$ mg/g) apresentaram maiores concentrações nas folhas das plantas cultivadas sob fertilização organomineral. O ácido sinápico hexosídeo ($0,33\pm0,01$ mg/g) apresentou melhores resultados nas amostras foliares das plantas cultivadas com fertilização sintética, enquanto o ácido ferúlico pentosídeo-hexosídeo ($0,129\pm0,001$ mg/g) não foi detectado nas folhas do espinafre-brasileiro, mas apenas em seus caules, com maior concentração nas plantas do tratamento controle.

Em relação à classe de flavonoides, a Vitexina-O-hexosídeo esteve presente na maior concentração ($10\pm0,2$ mg/g) nas folhas do tratamento controle, seguida pela Quercetina-3-O-rutinosídeo ($0,5\pm0,001$ mg/g), Vitexina-O-pentosídeo ($0,277\pm0,004$ mg/g), Isovitexina-O-hexosídeo ($0,125\pm0,002$ mg/g) e Vitexina-O-acetil-malonil-O-acetylpentosídeo ($0,093\pm0,004$ mg/g). Nas plantas que receberam fertilização sintética, os compostos presentes em maiores concentrações em suas folhas foram os flavonoides Apigenina-ramnosídeo ($0,48\pm0,01$ mg/g) e Viciolina-O-glicuronídeo ($0,187\pm0,001$ mg/g).

Em relação ao efeito das fertilizações, o tratamento controle (folhas) apresentou os maiores teores totais de ácido fenólico ($1,35\pm0,02$ mg/g) e flavonoides ($11,7\pm0,3$ mg/g). Esses altos valores para o tratamento controle podem estar relacionados aos efeitos da fertilização, que correspondem aos demais tratamentos utilizados neste experimento, levando o controle a apresentar maiores valores totais. Esses dados corroboram com o trabalho de Bustamante, *et al.*, (2020), onde encontraram que o efeito da fertilização em plantas de alecrim reduziu os teores de ácidos fenólicos e flavonoides, com o tratamento controle apresentando maiores valores para esses compostos em comparação aos que receberam fertilização. O mesmo foi observado por Langenkämper *et al.*, (2006) e Bénard, Bourgaud e Gautier (2011), onde as concentrações de compostos fenólicos foram maiores em plantas de trigo cultivadas sem fertilização e em plantas de tomate privadas de fertilização nitrogenada. Isso ressalta que os tratamentos com fertilizantes resultaram em redução na composição de compostos fenólicos totais, destacando-se o tratamento controle (sem fertilização).

Dentre os 13 compostos fenólicos identificados nesta espécie, a Vitexina-O-hexosídeo (Apigenina-8-C-glicosídeo-O-hexosídeo) se destacou entre os demais, sendo o flavonoide presente em maior quantidade. Este composto é um metabólito secundário, atuando no sistema de defesa da planta. Adicionalmente, possui propriedades bioativas como capacidade

antioxidante, redução de radicais livres, proteção das células contra estresse oxidativo (Kumar e Pandey, 2013) e potencial anticancerígeno por inibir a proliferação de células cancerígenas e induzir apoptose celular com ampla ação em diversos carcinomas (Najafipour, *et al.*, 2022).

1 **Tabela 4.** Tempo de retenção (Rt), comprimentos de onda de absorção máxima na região visível (λ max), dados espectrais de massa, identificação e quantificação (mg/g de extrato) de compostos fenólicos em folhas e
2 caules do espinafre-brasileiro.

3

Tempo real (min.)	λ máx (nm)	[MH] ⁺ <i>m/z</i>	EM ² (m/z)	Identificação provisória	Folhas				Caule				Decocção				
					Controle	Sintético	Orgânico	Organomineral	Controle	Sintético	Orgânico	Organomineral	Controle	Sintético	Orgânico	Organomineral	
4.36	278	315	153(100)	Hexosídeo do ácido protocatecuico	0,695±0,02a	0,214±0,001c	0,104±0,001f	0,299±0,01b	0,21±0,001c	0,107±0,001f	0,12±0,002e	0,089±0,001g	0,122±0,003e	0,183±0,002d	0,125±0,003e	0,09±0,001g	
5,25	313	355	193(100)	Hexosídeo de ácido ferúlico	0,2436±0,0001b	0,212±0,001c	0,106±0,002d	0,293±0,004a	0,0967±0,0004e	0,0462±0,0004j	0,0579±0,0001i	0,0405±0,0004k	0,109±0,003d	0,088±0,001f	0,0679±0,0001h	0,084±0,002g	
5,91	325	299	137(100)	Glicosídeo de ácido hidroxibenzoíco	0,073±0,001c	0,1±0,01b	0	0,13±0,001a	0	0,00288±0,00003d	0	0	0	0	0	0	
7,75	310	387	163(100), 119(21)	derivado <i>p</i> -cumárico	0,326±0,004a	0,102±0,003c	0,048±0,001g	0,162±0,003b	0,0121±0,0003k	0,0777±0,0001e	0,097±0,003d	0,051±0,001f	0,0325±0,0003h	0,0177±0,0004j	0,0106±0,0004k	0,0217±0,0003i	
7,91	331	487	355(23),193(100)	Ácido ferúlico pentosídeo-hexosídeo	e	e	e	e	0,129±0,001a	0,071±0,001c	0,089±0,001b	0,06±0,001d	0,0396±0,0001g	0,0382±0,0001h	0,0554±0,0004e	0,04167±0,00004f	
9,21	325	385	223(23),179(100)	Hexosídeo de ácido sinálico	0,013±0,0002i	0,33±0,01a	0,04±0,001h	0,184±0,004b	0,055±0,002f	0,081±0,001d	0,048±0,001g	0,048±0,001g	0,0079±0,0002j	0,061±0,001e	0,084±0,001c	0,0826±0,0005cc	
12,32	328	415	269(100)	Apigenina-ramnosídeo	0,48±0,01c	0,78±0,03a	0,048±0,001h	0,647±0,01b	0,053±0,002gh	0,059±0,001g	0,114±0,002e	0,115±0,001e	0,074±0,004f	0,482±0,007c	0	0,433±0,001d	
15,59	340	593	443(100),413(23),293(15)	(Apigenina-8- C -glicosídeo- O - hexosídeo)	10±0,2a	4,85±0,03c	2,2±0,1f	6,99±0,03b	1,925±0,012g	0,97±0,01h	1,04±0,02h	0,69±0,01i	2,7±0,1e	3,1±0,02d	2,16±0,06f	1,93±0,04g	
16,12	330	593	443(69),413(100),293(18)	(Apigenina-8- C -glicosídeo- O - hexosídeo)	0,127±0,002a	0,056±0,001b	0	0,013±0,001d	0	0	0	0	0	0,029±0,001e	0	0	
16,41	335	563	413(100),293(24)	(apigenina-8- C -glicosídeo- O - pentosídeo)	0,277±0,004a	0,2±0,01b	0,00147±0,002h	0,19±0,01c	0,025±0,002g	0	0	0	0,0225±0,0002g	0,0848±0,0002d	0,0313±0,0001f	0,055±0,001e	
17,27	330	733	605(100),485(51),443(33),293(11)	Vitexina- O -acetil-malonil- O -acetilpentosídeo (apigenina-8- C -glicosídeo- O -acetil-malonil- O -acetilpentosídeo)	0,093±0,004a	0,06±0,001c	0	0,066±0,002b	0	0	0	0	0	0,016±0,001d	0	0	
17,71	337	609	301(100)	Quercetina-3- O -rutinosídeo	0,5±0,001a	0,4781±0,003c	0,4651±0,0004f	0,4924±0,0004b	0,4659±0,0004e	0,466±0,0003e	0,4652±0,0003f	0,4642±0,0003h	0,4648±0,0002g	0,4684±0,0003d	0,461±0,0001i	0,4685±0,0003d	
26,64	326	769	593(21),413(100),293(48)	(Vicenina- O -glucuronídeo apigenina 6,8-di C -hexosídeo- glicuronídeo)	0,182±0,005b	0,187±0,001a	0	0,17±0,001c	0,0073±0,0002g	0	0	0	0,0104±0,0003f	0,109±0,001d	0,0057±0,0003h	0,0188±0,0004e	
					Ácidos fenólicos totais	1,35±0,02	0,96±0,02	0,3±0,01	1,07±0,02	0,502±0,004	0,386±0,003	0,41±0,01	0,288±0,004	0,31±0,01	0,387±0,004	0,343±0,005	0,32±0,003
					Flavonoides totais	11,7±0,3	6,6±0,1	2,7±0,1	8,57±0,05	2,45±0,02	1,5±0,01	1,62±0,02	1,24±0,01	3,3±0,1	4,29±0,03	2,7±0,1	2,9±0,05
					Compostos fenólicos totais	13,02±0,3	7,6±0,1	3±0,1	9,6±0,1	2,96±0,02	1,89±0,02	2,04±0,03	1,53±0,01	3,6±0,1	4,68±0,03	3±0,1	3,22±0,05

4 Médias na mesma linha seguidas por letras diferentes são significativamente diferentes de acordo com o teste de significância de Tukey, teste HSD ($p = 0,05$).

3.4 PROPRIEDADES ANTIOXIDANTES, CITOTÓXICA E ANTI-INFLAMATÓRIA

Os resultados dos ensaios de atividade antioxidante dos extratos hidroetanólicos e preparações de decocção são apresentados na **Tabela 5**, juntamente com dados sobre citotoxicidade e atividade anti-inflamatória. Os resultados do ensaio TBARS revelaram que a maior atividade antioxidante foi observada em folhas de extratos hidroetanólicos de plantas tratadas com fertilizantes sintéticos (0,06 mg/mL). Em contraste, para preparações de decocção, as atividades mais substanciais foram registradas em plantas submetidas a tratamentos sintéticos (0,21 mg/mL), organominerais (0,22 mg/mL) e controle (0,25 mg/mL). Os resultados obtidos no teste OxHLIA, extratos hidroetanólicos exibiram a atividade mais pronunciada, notavelmente nos tratamentos sintéticos (13,7 µg/mL), orgânicos (14,9 µg/mL) e controle (18,1 µg/mL). Entre os extratos de decocção, apenas o tratamento organomineral (24 µg/mL) exibiu a maior atividade, sugerindo que essa atividade intrínseca pode ser uma característica da própria espécie. Além disso, quando acoplado a fertilizantes, tem o potencial de aumentar as capacidades antioxidantes modulando a biossíntese de compostos (Polyzos, *et al.*, 2022). Além disso, o tratamento sintético se destaca por ter a atividade antioxidant mais robusta em ambos os ensaios, possivelmente devido ao elevado teor de tocoferóis neste tratamento.

Os valores de atividade antioxidante foram avaliados anteriormente por Pathak, *et al.*, (2020), que relataram um IC₅₀ de 71,10 µg/mL para o extrato metanólico e 92,54 µg/mL para o extrato hexânico. Esses valores foram considerados menores do que os identificados no presente estudo. Os resultados obtidos neste estudo indicam que a suplementação com plantas ricas em antioxidantes naturais, como *A. sessilis*, pode apresentar uma alternativa viável para neutralizar os radicais livres e mitigar os danos oxidativos no corpo humano (Ikram, Nasir e Ikram, 2022).

Os extratos testados das espécies não apresentaram efeito anti-inflamatório significativo *in vitro* (**Tabela 5**). No entanto, seu impacto positivo na inibição de células tumorais de adenocarcinoma gástrico humano (AGS) foi confirmado. Tanto o extrato hidroetanólico quanto as preparações de decocção das folhas demonstraram responsividade em diferentes tratamentos. Notavelmente, o tratamento sintético foi o único que atingiu uma inibição de 50% da proliferação celular em ambos os extratos estudados, com IG₅₀ 378±6 µg/mL e GI₅₀ 254±13 µg/mL, respectivamente. No caso do extrato hidroetanólico, o tratamento controle demonstrou uma inibição de 50% das células tumorais (320±3 µg/mL). Por outro lado, o tratamento organomineral mostrou um efeito significativo com um valor de GI₅₀ de 258±15 µg/mL para as preparações de decocção. A ação citotóxica pode ser atribuída à presença de compostos

fenólicos presentes na composição química da espécie, especialmente flavonoides como Vitexina-O-hexosídeo (Apigenina-8-C-glicosídeo-O-hexosídeo), Isovitetexina-O-hexosídeo (Apigenina-8-C-glicosídeo-O-hexosídeo) e Quercetina-3-O-rutinosídeo quantificados neste estudo (**Tabela 4**). Mondal *et al.* (2014), em seu trabalho, quantificaram os compostos fenólicos lupeol, estigmasterol, β -sitosterol, handianol, campesterol, α e β -espinasterol, 24-metilenocicloartanol, cicloeucalenol e 5 α -estigmasta-7-enol, que também apresentam ação citotóxica e influenciam diretamente nas bioatividades da espécie.

O potencial citotóxico da espécie foi documentado em estudos anteriores. Sunmathi e Sivakumar (2016) relataram um impacto favorável em linhas de células de osteossarcoma humano (MG-63) com um GI₅₀ de 314 μ g/mL. Além disso, Hwong *et al.* (2022) observaram um efeito antiproliferativo da espécie em células de câncer de próstata (PC3 1,56 a 25 μ g/mL) e de mama (MCF-7 de 3,04 μ g/mL). Essas descobertas sugeriram que os compostos encontrados na espécie podem estar ligados aos seus efeitos anticarcinogênicos.

Tabela 5. Atividade antioxidante, citotoxicidade e atividades anti-inflamatórias dos extratos hidroetanólicos e preparações de decocção do espinafre-brasileiro (DP médio, $n = 3$).

Tratamento fertilização		Folhas				Caules				Trolox
		Controle	Sintético	Orgânico	Organomineral	Controle	Sintético	Orgânico	Organomineral	
Atividade antioxidante										
TBARS (CE ₅₀ mg/mL) ^a	Hidroetanólico	0,94±0,04a	0,06±0,001e	0,41±0,05d	0,39±0,05d	1,00±0,05a	0,44±0,05d	0,89±0,02b	0,58±0,05c	0,0054±0,0003
	Decoctado	0,25±0,01b	0,21±0,01c	0,57±0,07a	0,22±0,01c	nt	nt	nt	nt	
OxHLIA $\Delta t = 60$ min (IC ₅₀ µg /mL) ^a	Hidroetanólico	18,1±0,5f	13,7±0,6g	14,9±0,8 g	26,9±0,5e	61±1c	66±1b	142±3a	32±2d	21,5±0,2
	Decoctado	54±2c	61±1b	128±4a	24±1 d	nt	nt	nt	nt	
Citotoxicidade sobre linhagens de células tumorais (GI₅₀ µg/mL)^b										
AGS	Hidroetanólico	320±3	378±6	>400	>400	>400	>400	>400	>400	1,23±0,03
	Decoctado	>400	254±13	>400	258±15	nt	nt	nt	nt	
CaCo2	Hidroetanólico	>400	>400	>400	>400	>400	>400	>400	>400	1,21±0,02
	Decoctado	>400	>400	>400	>400	nt	nt	nt	nt	
NCI-H460	Hidroetanólico	>400	>400	>400	>400	>400	>400	>400	>400	1,0±0,1
	Decoctado	>400	>400	>400	>400	nt	nt	nt	nt	
MCF-7	Hidroetanólico	>400	>400	>400	>400	>400	>400	>400	>400	1,02±0,02
	Decoctado	>400	>400	>400	>400	nt	nt	nt	nt	
Atividade anti-inflamatória (CE₅₀ µg/mL)^c										
RAW 264,7	Hidroetanólico	>400	>400	>400	>400	>400	>400	>400	>400	6,3±0,4
	Decoctado	>400	>400	>400	>400	nt	nt	nt	nt	

nt: não testado; ^aEC₅₀: concentração de extrato correspondente a 50% da atividade antioxidante (TBARS) ou valores de IC₅₀: concentração de extrato necessária para manter 50% da população de eritrócitos intacta por 60 (ensaio OxHLIA); ^bGI₅₀: concentração de extrato responsável por 50% da inibição do crescimento de tumor humano (AGS, CaCo2, NCI-H460 e MCF-7); ^cEC₅₀: concentração de extrato responsável por atingir 50% da inibição da produção de NO. Médias na mesma linha seguidas por letras diferentes são significativamente diferentes de acordo com o teste de significância de Tukey HSD ($p = 0,05$).

3.5 ATIVIDADE ANTIMICROBIANA

Os efeitos antimicrobianos dos extratos hidroetanólicos e preparações de decocção são detalhados na **Tabela 6**, revelando efeitos antimicrobianos leves e diversos associados aos tipos de fertilizantes usados e às partes específicas da planta analisadas. Independentemente dos tratamentos examinados, nenhum exibiu atividade superior em comparação aos antibióticos de controle empregados (Estreptomicina, Meticilina e Ampicilina). Os microrganismos selecionados para teste foram aqueles comumente associados a doenças transmitidas por alimentos.

O extrato hidroetanólico demonstrou ser o mais eficiente contra *Escherichia coli*, com todos os tratamentos testados exibindo CIMs. Entretanto, ao avaliar a decocção das folhas, apenas os tratamentos controle (5 mg/mL), sintético (5 mg/mL) e orgânico (5 mg/mL) demonstraram eficácia contra essa bactéria. No caso de *Salmonella enterica* e *Yersinia enterocolitica*, apenas o tratamento organomineral (5 mg/mL) e o tratamento controle (5 mg/mL), respectivamente, exibiram efeitos sobre esses microrganismos nos extratos da decocção das folhas.

No caso do *Bacillus cereus*, todos os tratamentos testados com extrato hidroetanólico das folhas apresentaram CIMs, sendo sintético (0,3 mg/mL), controle (0,6 mg/mL), orgânico (1,25 mg/mL) e organomineral (1,25 mg/mL). Dentre estes, os tratamentos sintético e orgânico apresentaram os maiores efeitos inibitórios sobre o microrganismo em menor concentração de extrato. Entretanto, para as preparações de decocção das folhas, apenas o tratamento organomineral demonstrou eficácia contra *B. cereus* (5 mg/mL). Ao avaliar o impacto do extrato hidroetanólico sobre *Listeria monocytogenes* e *Staphylococcus aureus*, foram observados efeitos semelhantes (folhas: controle, sintético, orgânico e caule: sintético), todos apresentando CIMs para estes microrganismos. Em contrapartida, entre as preparações decocto, apenas os tratamentos sintético (5 mg/mL) e organomineral (5 mg/mL) apresentaram efeitos inibitórios sobre *Listeria monocytogenes*, enquanto o tratamento controle (5 mg/mL), sintético (5 mg/mL) e organomineral (5 mg/mL) mostraram efeitos inibitórios sobre *Staphylococcus aureus*.

Embora os efeitos antibacterianos não tenham sido padronizados, o estudo revelou o potencial da espécie contra microrganismos específicos, notadamente *E. coli*, *B. cereus*, *L. monocytogenes* e *S. aureus*, que exibiram as respostas mais pronunciadas aos extratos e preparações avaliados. Descobertas semelhantes foram relatadas por Anuar e Abdullah (2022), que avaliaram vários extratos e observaram eficácia antimicrobiana contra *E. coli*

e *B. cereus*. Esses resultados se alinham com os de Kota, *et al.*, (2017), fundamentando ainda mais os resultados deste estudo.

A atividade antifúngica dos extratos e preparações testadas é apresentada na **Tabela 6**, revelando resultados diversos entre diferentes extratos e tratamentos. No entanto, é notório que para *Aspergillus brasiliensis*, nenhum dos extratos exibiu efeitos inibitórios.

Para *Aspergillus fumigatus*, os tratamentos que apresentaram valores de CIM foram organomineral em folhas, controle e sintético em caule para os extratos hidroetanólicos. Entretanto, para as preparações de decocção, o destaque foi o tratamento orgânico em folhas (2,5 mg/mL). É importante notar que os valores de CIM observados não foram significativamente diferentes quando comparados ao controle, Cetoconazol. No entanto, pode-se inferir que a planta tem um efeito antifúngico limitado contra *A. fumigatus*. Esta observação está alinhada com os achados de Oon (2021), que, em sua pesquisa, testou vários extratos de folhas de *A. sessilis* e relatou valores de CIM contra o fungo *A. fumigatus*. Esta ação antifúngica pode ser atribuída à composição fitoquímica das folhas e ramos da planta, que podem conter alcaloides, flavonoides, saponinas e outros compostos bioativos.

Tabela 6. Atividade antimicrobiana (mg/mL) dos extratos hidroetanólicos e preparações de decocção do espinafre-brasileiro (média ± DP, n=3).

Atividade antibacteriana	Tratamento fertilização	Folhas				Caules				Controles Positivos		
		Controle	Sintético	Orgânico	Organomineral	Controle	Sintético	Orgânico	Organomineral	Estreptomicina	Meticilina	Ampicilina
		MIC/MBC	MIC/MBC	MIC/MBC	MIC/MBC	MIC/MBC	MIC/MBC	MIC/MBC	MIC/MBC	MIC/MBC	MIC/MBC	MIC/MBC
<i>Enterobacter Cloacae</i>	Hidroetanólico	10/>>10	10/>>10	10/>>10	10/>>10	10/>>10	10/>>10	10/>>10	10/>>10	0,007 / 0,007		- 0,15 /0,15
	Decocado	10/>>10	10/>>10	10/>>10	10/>>10	nt	nt	nt	nt			
<i>Escherichia coli</i>	Hidroetanólico	5/>>10	2,5/>>10	2,5/>>10	2,5/>>10	5/>>10	5/>>10	5/>>10	5/>>10	0,01 /0,01		- 0,15 /0,15
	Decocado	5/>>10	5/>>10	10/>>10	5/>>10	nt	nt	nt	nt			
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Hidroetanólico	10/>>10	10/>>10	10/>>10	10/>>10	10/>>10	10/>>10	10/>>10	10/>>10	0,06/0,06		- 0,63/0,63
	Decocado	10/>>10	10/>>10	10/>>10	10/>>10	nt	nt	nt	nt			
<i>Salmonela entérica</i>	Hidroetanólico	10/>>10	10/>>10	10/>>10	10/>>10	10/>>10	10/>>10	10/>>10	10/>>10	0,007 / 0,007		- 0,15 /0,15
	Decocado	10/>>10	10/>>10	10/>>10	5/>>10	nt	nt	nt	nt			
<i>Yersinia enterocolitica</i>	Hidroetanólico	10/>>10	10/>>10	10/>>10	10/>>10	10/>>10	10/>>10	10/>>10	10/>>10	10/0,007		- 0,15 /0,15
	Decocado	5/>>10	10/>>10	10/>>10	10/>>10	nt	nt	nt	nt			
<i>Bacilo cereus</i>	Hidroetanólico	0,6/>>10	0,3/>>10	1,25/>>10	1,25/>>10	2,5/>>10	5/>>10	2,5/>>10	5/>>10	0,007 / 0,007		- -
	Decocado	10/>>10	10/>>10	10/>>10	5/>>10	nt	nt	nt	nt			
<i>Listeria monocytogenes</i>	Hidroetanólico	5/>>10	5/>>10	5/>>10	10/>>10	10/>>10	5/>>10	10/>>10	10/>>10	0,007 / 0,007		- 0,15 /0,15
	Decocado	10/>>10	5/>>10	10/>>10	5/>>10	nt	nt	nt	nt			
<i>Staphylococcus aureus</i>	Hidroetanólico	5/>>10	5/>>10	5/>>10	10/>>10	10/>>10	5/>>10	10/>>10	5/>>10	0,007 / 0,007		0,007/0,007 0,15 /0,15
	Decocado	5/>>10	5/>>10	10/>>10	5/>>10	nt	nt	nt	nt			
Atividade antifúngica										Cetoconazol		
<i>Aspergillus brasiliensis</i>		MIC/MFC	MIC/MFC	MIC/MFC	MIC/MFC	MIC/MFC	MIC/MFC	MIC/MFC	MIC/MFC	MIC/MFC		
	Hidroetanólico	10/>>10	10/>>10	10/>>10	10/>>10	>10/>>10	>10/>>10	>10/>>10	>10/>>10	0,06/0,125		
<i>Aspergillus fumigatus</i>	Decocado	10/>>10	10/>>10	10/>>10	10>10	nt	nt	nt	nt	0,5/1		
	Hidroetanólico	10/>>10	10/>>10	10/>>10	5/>>10	2,5/>>10	2,5/>>10	10/>>10	10/>>10			
<i>Aspergillus fumigatus</i>	Decocado	10/>>10	>10/>>10	2,5/>>10	10/>>10	nt	nt	nt	nt			

nt: não testado; MRSA - *Staphylococcus aureus* resistente à meticilina; MIC: concentração inibitória mínima; MBC: concentração bactericida mínima; MFC: concentrações fúngicas mínimas.

4. CONCLUSÕES

A análise da composição bioquímica do espinafre-brasileiro (*A. sessilis*) cultivado sob diferentes fontes de fertilizantes (sintéticos, orgânicos e organominerais) revelou algumas descobertas interessantes. Os fertilizantes fornecem nutrientes essenciais ao solo, que são absorvidos pelas plantas para dar suporte ao seu crescimento e desenvolvimento. Esses nutrientes influenciam a composição bioquímica das folhas e caules.

O espinafre-brasileiro é uma fonte promissora de nutrientes essenciais. Ele contém altas concentrações de carboidratos, proteínas, cinzas, ácidos graxos e tocoferóis valiosos e compostos fenólicos, tornando-o uma adição potencialmente valiosa a uma dieta balanceada. A escolha da fonte de fertilizante pode influenciar seu perfil de nutrientes, tornando-o um componente adaptável e potencialmente valioso de dietas e práticas agrícolas.

Apresenta efeitos promissores contra linha celulares de adenocarcinoma gástrico, além de efeitos inibidores contra bactérias e fungos de interesse alimentar.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A espécie apresenta um grande potencial para o cultivo, pois é de fácil propagação e suporta ciclos de cortes e colheitas, o que a torna uma opção viável para agricultores devido ao seu manejo simplificado. Além disso, suas propriedades bioativas conferem-lhe um grande potencial de exploração no aspecto nutricional, apresentando características de interesse para a indústria alimentícia, bem como no aspecto fitoquímico, devido à presença de compostos relevantes para a indústria farmacêutica.

Mais pesquisas sobre o cultivo e a utilização do espinafre-brasileiro podem contribuir para o aproveitamento máximo de seu potencial na nutrição e na agricultura sustentável. Ao selecionar e aplicar fertilizantes de forma criteriosa, agricultores e pesquisadores podem otimizar a composição bioquímica e as propriedades promotoras de saúde dessa cultura, contribuindo assim para a segurança alimentar e o bem-estar geral dos consumidores.

REFERÊNCIAS

- ALAM, M. A.; RAHMAT, N. A.; MIJIN, S.; RAHMAN, M. S.; HASAN, M. M. Influence of Palm Oil Mill Effluent (POME) on growth and yield performance of Brazilian spinach (*Alternanthera sissoo*). **Journal of Agrobiotechnology**, v. 13, p. 40-49, 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.37231/jab.2022.13.1.287>.
- ANUAR, A. K.; ABDULLAH, S. A Comparative Study On Phytochemical Constituents and Antimicrobial Activity of *Alternanthera Sissoo* Extracts. **Enhanced Knowledge in Sciences and Technology**, v. 2, p. 43-51, 2022.
- AOAC. Métodos Oficiais de Análise da AOAC Internacional. [S.l.: s.n.], 2016.
- BARROS, L. et al. Bioactivity and chemical characterization in hydrophilic and lipophilic compounds of *Chenopodium ambrosioides* L. **Journal of Functional Foods**, p. 1732-1740, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jff.2013.07.019>.
- BÉNARD, C.; BOURGAUD, F.; GAUTIER, H. Impact of Temporary Nitrogen Deprivation on Tomato Leaf Phenolics. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 12, p. 7971-7981, 2011.
- BENEVIDES, C. M. et al. Fatores antinutricionais em alimentos: revisão. *Segurança Alimentar e Nutricional*, p. 67-79, 2011.
- BESSADA, S. M. et al. Phenolic profile and antioxidant activity of *Coleostephus myconis* (L.) Rchb.f.: An underexploited and highly disseminated species. **Industrial Crops and Products**, p. 45-51, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.04.065>.
- BOSCHIN, G.; ARNOLDI, A. Legumes are valuable sources of tocopherols. **Food Chemistry**, v. 127, p. 1199-1203, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.01.124>.
- BUSTAMANTE, M. Á. et al. Effects of Soil Fertilization on Terpenoids and Other Carbon-Based Secondary Metabolites in *Rosmarinus officinalis* Plants: A Comparative Study. **Plants**, v. 7, p. 830, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants9070830>.
- CAVICHI, L. V. et al. Chemical Composition and Biological Activity of *Commelina erecta*: An Edible Wild Plant Consumed in Brazil. **Foods**, v. 12, p. 192, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods12010192>.
- CHAGAS, A. A. Níveis de adubação na composição centesimal e atividade antioxidante de berinjela. **Biológicas & Saúde**, p. 50-61, 2019. DOI: [10.25242/886893020191772](https://doi.org/10.25242/886893020191772).
- FERNANDES, Â.; et al. Combined effect of biostimulants and mineral fertilizers on crop performance and fruit quality of watermelon plants. **Horticulturae**, v. 9, p. 838, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/horticulturae9070838>.
- FERNANDES, Â.; et al. Phytochemical composition and nutritional value of pot-grown turnip-rooted and plain and curly-leaved parsley cultivars. **Agronomy**, v. 10, p. 1416, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy10091416>.

FERREIRA, A. B.; et al. Physicochemical analysis of Brazilian spinach grown under doses of urea. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 20, p. 365-370, 2021. DOI: <https://doi.org/10.18188/sap.v20i4.28202>.

FILHO, H. A.; CARVALHO, R. d. Analysis of soluble carbohydrates in rice plants. **Multidisciplinary Journal**, 2020. DOI: [10.29247/2358-260X.2020v7i1.4118](https://doi.org/10.29247/2358-260X.2020v7i1.4118).

FLORES, P.; HELLÍN, P.; FENOLL, J. Determination of organic acids in fruits and vegetables by liquid chromatography with tandem-mass spectrometry. **Food Chemistry**, v. 132, p. 1049-1054, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.10.064>.

GOMES, R. R. **Caracterização agronômica e nutricional de espinafre-amazônico (*Alternanthera sessilis L.*) sob níveis de sombreamento**. 2020. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal do Acre, Rio Branco, 2020.

HWONG, C. S.; et al. *Alternanthera sessilis*: uncovering the nutritional and medicinal values of an edible weed. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 298, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jep.2022.115608>.

IKRAM, E. H.; NASIR, W. D.; IKRAM, N. K. Antioxidant activity and total phenolics content of Brazilian spinach (*Alternanthera sissoo*) and spinach cultivar in Malaysia. **Malaysian Journal of Medicine and Health Sciences**, v. 18, p. 221-229, 2022.

KINUPP, V. F.; LORENZI, H. **Plantas alimentícias não convencionais (PANC) no Brasil**: guia de identificação, aspectos nutricionais e receitas ilustradas. Nova Odessa: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2021.

KOTA, S.; et al. An investigation into phytochemical constituents, antioxidant, antibacterial and anti-cataract activity of *Alternanthera sessilis*, a predominant wild leafy vegetable of South India. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 10, p. 197-203, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2017.03.008>.

KUMAR, S.; PANDEY, A. K. Chemistry and biological activities of flavonoids: an overview. **The Scientific World Journal**, p. 1-16, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1155/2013/162750>.

KUTI, J.; KUTI, H. Proximate composition and mineral content of two edible species of *Cnidoscolus* (tree spinach). **Plant Foods for Human Nutrition**, p. 275-283, 1999. DOI: [10.1023/a:1008081501857](https://doi.org/10.1023/a:1008081501857).

LACONSKI, J. M.; NOGUEIRA, P. H.; FIALHO, R. C. Adubação orgânica, mineral e organomineral e sua influência no crescimento do feijoeiro em Pitanga-PR. **Revista Eletrônica Multidisciplinar da Faculdade do Centro do Paraná**, v. 7, p. 61-73, 2020.

LANGENKÄMPER, G.; et al. Nutritional quality of organic and conventional wheat. **Journal of Applied Botany and Food Quality**, p. 150-154, 2006.

LEE, H. W.; BI, X.; HENRY, C. J. Carotenoids, tocopherols and phylloquinone content of 26 green leafy vegetables commonly consumed in Southeast Asia. **Food Chemistry**, v. 385, p. 132729, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.132729>.

LIBERAL, Â.; et al. Chemical features and bioactivities of *Lactuca canadensis* L., an unconventional food plant from Brazilian Cerrado. **Agriculture**, v. 11, p. 1-11, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture11080734>.

LOCKOWANDT, L.; et al. Chemical features and bioactivities of cornflower (*Centaurea cyanus* L.) capitula: the blue flowers and the unexplored non-edible part. **Industrial Crops & Products**, v. 128, p. 496-503, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.11.059>.

MADYANINGRANA, K.; SIGA, T. A.; PRIHATMO, G. Pengaruh pemberian pupuk organik cair berbasis urin domba dan slurry reaktor biogas terhadap pertumbuhan bayam Brasil (*Alternanthera sissoo hort*). **Jurnal Pendidikan dan Sains Biologi**, v. 5, p. 97-107, 2022. DOI: [10.33323/indigenous.v5i3.315](https://doi.org/10.33323/indigenous.v5i3.315).

MAHBUB, A.; JAHAN, N.; MUSLIM, T.; RAHMAN, M. A. Investigation of some constituents of two plants (*Alternanthera philoxeroides* and *Alternanthera sessilis*) of *Amaranthaceae* family. **Dhaka University Journal of Science**, v. 58, p. 327-328, 2010.

MASSEY, L. K. Food oxalate: factors affecting measurement, biological variation, and bioavailability. **Journal of the American Dietetic Association**, p. 1191-1194, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jada.2007.04.007>.

MONDAL, H.; et al. Central-stimulating and analgesic activity of the ethanolic extract of *Alternanthera sessilis* in mice. **BMC Complementary and Alternative Medicine**, p. 1-9, 2014. DOI: [10.1186/1472-6882-14-398](https://doi.org/10.1186/1472-6882-14-398).

MOURA, I. O.; et al. Chemical characterization, antioxidant activity and cytotoxicity of the unconventional food plants: sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) leaf, major gomes (*Talinum paniculatum* (Jacq.) Gaertn.) and caruru (*Amaranthus deflexus* L.). **Waste and Biomass Valorization**, v. 12, p. 2407-2431, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12649-020-01186-z>.

MUDA, S. A.; et al. Response of Brazilian spinach (*Alternanthera sissoo*) to propagation planting material and NPK fertilizer application. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 52, p. e72730, 2022. DOI: [10.1590/1983-40632022v5272730](https://doi.org/10.1590/1983-40632022v5272730).

NAJAFIPOUR, R.; et al. Vitexin induces apoptosis in MCF-7 breast cancer cells through the regulation of specific miRNAs expression. **International Journal of Molecular and Cellular Medicine**, v. 11, n. 3, p. 197-206, 2022. DOI: [10.22088/IJMCM.BUMS.11.3.197](https://doi.org/10.22088/IJMCM.BUMS.11.3.197).

NASCIMENTO, M. M. Crescimento e produção de amendoimzeiro (*Arachis hypogaea* L.) com aplicação de inoculante sob fontes de adubação. 2020. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal do Acre, Rio Branco, 2020.

NAWIRSKA-OLSZAŃSKA, A.; et al. Characteristics of organic acids in the fruit of different pumpkin species. **Food Chemistry**, v. 148, p. 415-419, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.10.080>.

NUÑEZ-ESTEVEZ, B. et al. Bioactive compound profiling and nutritional composition of three species from the *Amaranthaceae* family. **Chemistry Proceedings**, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/CSAC2021-10563>.

OON, Y. C. Bioactivity of medicinal plant extracts against human fungal pathogens and evaluation of toxicity using Vero cells. **Tropical Biomedicine**, v. 38, p. 469-475, 2021. DOI: [10.47665/tb.38.3.090](https://doi.org/10.47665/tb.38.3.090).

OTHMAN, A.; ISMAIL, A.; HASSAN, F. A.; YUSOF, B. N.; KHATI, A. Comparative evaluation of nutritional compositions, antioxidant capacities, and phenolic compounds of red and green sessile joyweed (*Alternanthera sessilis*). **Journal of Functional Foods**, v. 21, p. 263-271, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jff.2015.12.014>.

PASCHOALINOTTO, B. H. et al. Domestication of wild edible species: The response of *Scolymus hispanicus* plants to different fertigation regimes. **Horticulturae**, v. 9, p. 1-14, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/horticulturae9010103>.

PATHAK, I.; et al. Phytochemical screening, cytotoxic and antioxidant activity of *Alternanthera sessilis* and *Moringa oleifera*. **Amrit Research Journal**, p. 65-71, 2020. DOI: [10.3126/arj.v1i1.32456](https://doi.org/10.3126/arj.v1i1.32456).

PEISINO, M. C. et al. Health promoting properties of Brazilian unconventional food plants. **Waste and Biomass Valorization**, v. 11, p. 4691-4700, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12649-019-00792-w>.

PETROPOULOS, S.; KARKANIS, A.; MARTINS, N.; FERREIRA, I. Edible halophytes of the Mediterranean basin: Potential candidates for novel food products. **Trends in Food Science & Technology**, v. 74, p. 69-84, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.02.006>.

PIRES, T. C. et al. Edible flowers as sources of phenolic compounds with bioactive potential. **Food Research International**, v. 105, p. 580-588, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.11.014>.

POLYZOS, N. et al. Fertilization of pot-grown *Cichorium spinosum* L.: How it can affect plant growth, chemical profile, and bioactivities of edible parts? **Horticulturae**, v. 8, p. 890, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/horticulturae8100890>.

RASBOLD, J. C. et al. Eficiência de fertilizantes formulados mineral e organomineral no fornecimento de nutrientes para o milho primeira safra em Toledo - PR. **Revista Cultivando o Saber**, v. 13, p. 49-59, 2020.

ROBERTS, J. L.; MOREAU, R. Functional properties of spinach (*Spinacia oleracea* L.) phytochemicals and bioactives. **Food & Function**, p. 3337-3353, 2016. DOI: [10.1039/C6FO00051G](https://doi.org/10.1039/C6FO00051G).

SAENGHA, W. et al. Antioxidant properties and cytotoxic effects of *Alternanthera sessilis* and *Alternanthera bettzickiana* extracts against cancer cells. **Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca**, v. 50, p. 1-17, 2022. DOI: 10.15835/nbha50312776.

SALEH, A. M. et al. CO₂ enrichment can enhance the nutritional and health benefits of parsley (*Petroselinum crispum* L.) and dill (*Anethum graveolens* L.). **Food Chemistry**, v. 269, p. 519-526, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.07.046>.

SARKER, U. O. Nutraceuticals, antioxidant pigments, and phytochemicals in the leaves of *Amaranthus spinosus* and *Amaranthus viridis* weedy species. **Scientific Reports**, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-019-50977-5>.

SILVA, L. A. et al. Cereal bar fortified development with the addiction vegetables: carrot (*Daucus carota* L.) and beet (*Beta vulgaris* L.). **Research, Society and Development**, v. 8, p. e2681598, 2019. DOI: 10.33448/rsd-v8i1.598.

SPRÉA, R. M. et al. Chemical and bioactive characterization of the aromatic plant *Levisticum officinale* W.D.J. Koch: a comprehensive study. **Food Function**, p. 1292-1303, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1039/C9FO02841B>.

SRIDHAR, R.; LAKSHMINARAYANA, G. Lipid classes, fatty acids, and tocopherols of leaves of six edible plant species. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 41, p. 61-63, 1993. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf00025a013>.

SULISTIANI, L. et al. The effects of shading and organic domestic waste on Brazilian spinach growth. **Journal of Suboptimal Lands**, v. 12, p. 52-61, 2023. DOI: 10.36706/JLSO.12.1.2023.623.

SUNMATHI, D.; SIVAKUMAR, D. R. *In vitro* cytotoxicity of ethanolic leaf extract of *Alternanthera sessilis* (L.) R.Br. ex DC and *Alternanthera philoxeroides* (Mart.) Griseb against human osteosarcoma cell line MG-63. **European Journal of Biomedical and Pharmaceutical Sciences**, v. 3, p. 416-420, 2016.

UMATE, S.; MARATHE, V. Proximate and phytochemical screening of *Alternanthera sessilis* (L.) R. Br. ex DC. (*Amaranthaceae*) – an underutilized leafy vegetable. **International Journal of Life Sciences**, v. 5, p. 703-705, 2017.

UMATE, S.; MARATHE, V. Elemental analysis of *Alternanthera sessilis* (L.) DC. leaf by ICP-AES technique. **The Pharma Innovation Journal**, v. 7, p. 218-220, 2018.