



WELLINGTON FERREIRA MISSASSE

**COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO ÓLEO ESSENCIAL E
MINERAL DE FOLHAS DE (*Arracacia xanthorrhiza* Brancroft)**

**LAVRAS-MG
2024**

WELLINGTON FERREIRA MISSASSE

COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO ÓLEO ESSENCIAL E MINERAL DE FOLHAS DE
(*Arracacia xanthorrhiza* Brancroft)

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Plantas Medicinais, Aromáticas e Condimentares, para obtenção do título de Mestre.

Profa. Dra. Luciane Vilela Resende
Orientadora

Prof. Dr. Wilson Magela Gonçalves
Coorientador

Prof. Dr. Wanderley José Mantovani Bittencurt
Coorientador

LAVRAS-MG
2024

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Missasse, Wellington Ferreira.

Composição química do óleo essencial e mineral de folhas de
(*Arracasia xanthorrhiza* Brancoft / Wellington Ferreira Missasse. -
2024.

38 p. : il.

Orientador(a): Luciane Vilela Resende.

Coorientador(a): Wilson Magela Gonçalves, Wanderley José
Mantovani Bittencurt.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Lavras,
2024.

Bibliografia.

1. *Arracacia xanthorrhiza*. 2. Cromatografia. 3. Óleo
essencial. I. Resende, Luciane Vilela. II. Gonçalves, Wilson
Magela. III. Bittencurt, Wanderley José Mantovani. IV. Título.

WELLINGTON FERREIRA MISSASSE

**COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO ÓLEO ESSENCIAL E MINERAL DE FOLHAS DE
(*Arracacia xanthorrhiza* Brancroft)**

**CHEMICAL COMPOSITION OF ESSENTIAL OIL AND MINERAL FROM
LEAVES (*Arracacia xanthorrhiza* Brancroft)**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Plantas Medicinais, Aromáticas e Condimentares, para obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 20 de fevereiro de 2024.

Dra. Luciane Vilela Resende UFLA

Dr. Wilson Magela Gonçalves UFLA

Dr. Wanderley José Mantovani Bittencurt

Dra. Ana Izabella Freire UFV

Profa. Dra. Luciane Vilela Resende
Orientadora

Prof. Dr. Wilson Magela Gonçalves
Coorientador

Prof. Dr. Wanderley José Mantovani Bittencurt
Coorientador

**LAVRAS-MG
2024**

Para aqueles que plantam e trabalham com a terra.

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida, e por ter me abençoando com minha família e com grandes amizades, abrindo portas e me proporcionando oportunidades incríveis.

À minha família, em especial à minha esposa Deise, aos meus pais (José Missasse e Nilce), às minhas irmãs (Luana e Giovanna) e aos meus sobrinhos (João Lucas, Rafael e Maria Alice) pelo carinho, confiança e pelos incentivos.

Aos pesquisadores Fausto Francisco dos Santos, Aguinaldo Ferreira de Carvalho e Nuno Rodrigo Madeira, pela amizade e apoio.

Agradeço todos os professores, funcionários e técnicos da Universidade Federal de Lavras-MG, por viabilizarem minha Pós-Graduação. Com seu trabalho e dedicação tornaram possível a realização desse sonho.

Agradeço a todos os professores do Departamento de Agricultura e ao Programa de Pós Graduação em Plantas Medicinais Aromáticas e Condimentares, pela oportunidade de realização do mestrado.

À Professora Dra. Luciane Vilela Resende, pela orientação, pelo enorme incentivo, apoio, amizade e confiança na realização desta pesquisa.

À Professora Dra. Suzan Kelly Vilela Bertolucci do Laboratório de Fitoquímica do horto de plantas medicinais, pelas análises cromatográficas dos óleos essenciais e pelos ensinamentos.

À Professora Dra. Maria Ligia de Souza Silva e à sua equipe do Laboratório de Nutrição Mineral de plantas, pelas análises minerais e apoio na realização dessa pesquisa.

Ao Professor Dr. Wilson Magela Gonçalves pela orientação, pelos ensinamentos pelos conhecimentos transmitidos. Ao Professor Dr. Manuel Gavilanes, por incentivar todos os seus alunos, com muita dedicação.

Ao professor Dr. Wanderley José Mantovani Bittencurt pelo apoio e pela orientação. Aos Doutores Vytória Cavalcante, Anna Izabella Freire e ao Orlando, pelo apoio e colaboração durante o desenvolvimento dessa pesquisa.

Aos Técnicos do setor de Olericultura e do Horto de Plantas Medicinais da UFPA, Stéfany Martins, Valdeci, Leandro (Dico) e Giulia Duarte, pelo auxílio em todo o projeto. À Técnica em Bioquímica do Laboratório do Horto de Plantas Medicinais, Anete Boari durante a extração dos óleos essenciais.

A todos os colegas, da Pós-Graduação do PPMAC, pelos bons momentos, pela amizade e que de alguma forma contribuíram para realização desta pesquisa.

Aos colegas Marcelo Mendes, Glycia, Paula Costa, Janet Neiva, Nayara e Anderson, pelo imenso apoio durante este período.

A todos que de alguma forma ajudaram, torceram e contribuíram para a realização deste sonho, eu agradeço.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) (Financiador da bolsa de estudo), à Pró-Reitoria de Assuntos Estudantis e Comunitários (PRAEC), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES), pela concessão de bolsas de estudos e/ou infraestrutura para a realização dos trabalhos.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Muito obrigado!

“Comece fazendo o que é necessário, depois o que é possível, em breve estarás fazendo o impossível.” (São Francisco)

RESUMO

A mandioquinha-salsa (*Arracacia Xanthorrhiza Bancroft*) é uma hortaliça rizomatosa perene pertencente à família Apiacea, originária dos países andinos. A boa tuberização depende de condições climáticas específicas, o que determina períodos de safra e entressafra. Estudos têm sugerido o uso desta espécie como planta medicinal. Como hortaliça faz parte do grupo de alimentos energéticos por ser rica em carboidratos. Destaca-se como fornecedora de vitaminas do complexo B e A, sendo também boa fonte de cálcio, fósforo, ferro, vitamina C e fibras. Possui alta digestibilidade e propriedades diuréticas, podendo ser caracterizada como um alimento nutracêutico. A exploração do potencial medicinal de plantas cultivadas exclusivamente como alimentos, pode agregar valor à cultura melhorando a renda, sobretudo de pequenos produtores, aliado à importância fundamental das plantas medicinais nos sistemas de atenção à saúde. O objetivo deste estudo foi verificar o potencial de folhas de *A. xanthorrhiza* para produção de óleo essencial e avaliar a composição mineral de clones experimentais. A extração dos óleos essenciais foi realizada utilizando um aparelho modificado de clewenger. Foram avaliados os teores de macro e micronutrientes das folhas secas. A composição química dos óleos foi determinada por cromatografia gasosa acoplada a um espectrômetro de massa (CG/MS). As análises minerais foram realizadas por digestão via solução nitro perclórica (HNO₃ e HClO₄ (2:1), cuja solução foi medida por plasma por acoplamento Indutivo (ICP). A análise da composição química do óleo essencial extraído das folhas secas para ambos os clones apresentou a mesma composição química. Foram identificados 15 compostos, representando 98,47% do total obtido, sendo o limoneno (71,56%) o composto majoritário, seguido pelo mirceno (11,36%). Os compostos identificados são predominantemente monoterpenos hidrocarbonetos (86,98%), seguido dos sesquiterpenos hidrocarbonetos (6,97%), dos aldeídos saturados + poliacetilenos (3,65%), dos monoterpenos oxigenados totais (0,20) e outros (0,67%). A análise mineral da matéria seca das folhas dos clones Amarelo e Creme está além dos macros e micronutrientes, também foram detectados alguns metais pesados. Não se observou variação no teor de minerais entre os dois clones, exceto para Nitrogênio e Bário. A nutrição tem um importante papel na síntese de óleo essencial, aumentando efetivamente a quantidade e a qualidade.

Palavras-chave: *Arracacia Xanthorrhiza*; CG-MS; compostos bioativos; mandioquinha-salsa; minerais.

ABSTRACT

Parsley cassava (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft) is a perennial rhizomatous vegetable that belongs to the Apiaceae family, originating in the Andean countries. The tuberization process is highly dependent on specific climatic conditions that determine harvest and off-season periods. Scientific research has indicated potential medicinal benefits of this plant. As a vegetable, it falls within the energy food group due to its high carbohydrate content. It is also an excellent source of B and A complex vitamins, as well as calcium, phosphorus, iron, vitamin C, and fiber. Noteworthy for its high digestibility and diuretic properties, it can be classified as a nutraceutical food. Exploring the medicinal potential of plants primarily cultivated as food can enhance the crop's value and contribute to improved income, especially for small-scale producers, in addition to the pivotal role of medicinal plants in healthcare systems. The objective of this study was to assess the potential of *Arracacia xanthorrhiza* leaves for essential oil production and to evaluate the mineral composition of experimental clones. The essential oil extraction was performed using a modified Clevenger apparatus, while the macro and micronutrient contents of the dried leaves were analyzed. The chemical composition of the oils was determined using gas chromatography coupled with a mass spectrometer (GC/MS). Mineral analyses were conducted via digestion using nitro perchloric solution (HNO₃ and HClO₄ (2:1)), and the solution was measured using Inductive Coupled Plasma (ICP). The chemical composition of the essential oil extracted from the dried leaves of both clones exhibited the same chemical makeup, identifying 15 compounds representing a total of 98.47%, with limonene (71,56%) and myrcene (11,36%) being the predominant compounds. The identified compounds are mainly monoterpene hydrocarbons (86,98%), followed by sesquiterpene hydrocarbons (6,97%), saturated aldehydes + polyacetylenes (3,65%), total oxygenated monoterpenes (0,20%), and others (0,67%). In addition to macro and micronutrients, some heavy metals were also detected in the mineral content of the dry matter of the leaves of the Yellow and Cream clones. Although no variation was observed in the mineral content between the two clones, except for Nitrogen and Barium, it is crucial to note that nutrition plays a substantial role in essential oil synthesis, effectively augmenting both quantity and quality.

Keywords: *Arracacia xanthorrhiza*, GC-MS, bioactive compounds, parsley cassava, minerals.

INDICADORES DE IMPACTOS

A mandioquinha-salsa (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft) é uma hortaliça rizomatosa perene. Faz parte do grupo de alimentos energéticos, por ser rica em carboidratos. Destaca-se como fornecedora de vitaminas do complexo B e A, sendo também boa fonte de cálcio, fósforo, ferro, vitamina C e fibras. Possui alta digestibilidade e propriedades diuréticas, podendo ser caracterizada como um alimento nutracêutico, indicado para crianças, idosos, convalescentes e atletas. Estas propriedades são socialmente importantes sanando questões de desnutrição da população. Economicamente, a exploração do potencial medicinal de plantas cultivadas exclusivamente como alimentos, pode agregar valor à cultura melhorando a renda, sobretudo de pequenos produtores, aliado à importância fundamental das plantas medicinais nos sistemas de atenção à saúde. Os impactos podem ser classificados em diversas áreas temáticas da Política Nacional de Extensão Rural, como Meio Ambiente (por promover a biodiversidade e a sustentabilidade), Saúde (exploração do potencial medicinal), Tecnologia e Produção (identificando novas fontes de compostos bioativos) e Trabalho (criando oportunidades econômicas e valorizando o conhecimento tradicional). Os impactos da pesquisa estão alinhados com diversos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) das Nações Unidas por estar associado à segurança alimentar, saúde e bem-estar, trabalho digno e crescimento econômico, por meio da criação de oportunidades econômicas, e ação climática (ODS 13) ao valorizar a biodiversidade e práticas agrícolas sustentáveis.

IMPACT INDICATORS

Arracacia xanthorrhiza Bancroft is a perennial rhizomatous vegetable. It is part of the group of energy foods, as it is rich in carbohydrates. It stands out as a supplier of B and A complex vitamins, and is also a good source of calcium, phosphorus, iron, vitamin C and fiber. It has high digestibility and diuretic properties, and can be characterized as a nutraceutical food, suitable for children, the elderly, convalescents, and athletes. These properties are socially important in solving issues of malnutrition in the population. Economically, exploring the medicinal potential of plants grown exclusively as food can add value to the crop by improving income, especially for small producers, combined with the fundamental importance of medicinal plants in health care systems. The impacts can be classified into several thematic areas of the National Rural Extension Policy, such as Environment (by promoting biodiversity and sustainability), Health (exploitation of medicinal potential), Technology and Production (identifying new sources of bioactive compounds) and Labor (creating economic opportunities and valuing traditional knowledge). The impacts of the research are aligned with several United Nations Sustainable Development Goals (SDGs) as they are associated with food security, health and well-being, decent work and economic growth, through the creation of economic opportunities, and climate action (SDG 13) by valuing biodiversity and sustainable agricultural

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Dados climatológicos da estação meteorológica da Universidade Federal de Lavras, entre os meses de junho 2022 a maio de 2023.....20
- Figura 2 - A) Clones de mandioquinha - salsa germinadas a partir de sementes botânicas oriundas de campo de policruzamento. B) Implantação do Experimento na horta experimental da Universidade Federal de Lavras (UFLA).....21
- Figura 3 - Análise de Componentes Principais (PCA) da composição do óleo essencial e de elementos minerais das folhas de Arracacia Xanthorrhiza, Clones Creme e Amarelo.32

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 - Composição química do óleo essencial das folhas de Arracacia Xanthorrhiza. Clone creme e amarelo.26
- Tabela 2 - Teor de macronutrientes (g/Kg), micronutrientes (mg/Kg) e metais pesados (mg/Kg) na massa seca de folhas Xanthorrhiza arracacha, clones Amarelo e Creme. 31

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	OBJETIVOS	16
1.1.1	Objetivo geral	16
1.1.2	Objetivos específicos.....	16
2	REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1	O Estado da arte em <i>Arracacia xanthorrhiza</i>	17
3	MATERIAL E MÉTODOS	20
3.1	Local do experimento, material vegetal e delineamento experimental	20
3.2	Condução do experimento	21
3.3	Matéria fresca e seca	22
3.4	Análise mineral	22
3.6	Preparação dos extratos de folhas	23
3.7	Determinação do teor e do rendimento dos óleos essenciais	23
3.8	Análises químicas do óleo essencial	24
3.9	Análise estatística	25
3.10	Rendimento e composição química do óleo essencial.....	25
4	CONCLUSÕES	33
	REFERÊNCIAS	34

1 INTRODUÇÃO

A mandioquinha-salsa (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft) é uma hortaliça rizomatosa perene, que raramente atinge a fase reprodutiva, visto que a colheita é realizada ao final do estágio vegetativo, antes do florescimento. O ciclo de produção é longo, variando de 7 a 11 meses, o que onera o custo de produção. Além disso a boa tuberização depende de condições climáticas específicas, o que determina períodos de safra e entressafra. Estudos têm sugerido o uso desta espécie como planta medicinal. Alguns desses estudos abrem perspectivas para que a planta seja mais bem aproveitada, gerando mais renda aos pequenos produtores que cultivam a espécie.

Como hortaliça, faz parte do grupo de alimentos energéticos, por ser rica em carboidratos. Destaca-se como fornecedora de vitaminas do complexo B e A, sendo também boa fonte de cálcio, fósforo, ferro, vitamina C e fibras. Possui alta digestibilidade e propriedades diuréticas, podendo ser caracterizada como um alimento nutracêutico, indicado para crianças, idosos, convalescentes e atletas (Santos, 1998). No entanto é uma planta pouco estudada quando comparada a outras, sendo encontrados apenas 213 documentos nas bases Scopus, Web of Science, Scielo, Pubmed e Google Acadêmico. A grande maioria desses estudos se referem aos aspectos agrônômicos e ciências dos alimentos. Os poucos estudos são explicados em função das características de ciclo/preço da cultura, bem como a substituição de plantas ‘locais’ por plantas ‘universais’. Esta espécie pertence à família Apiaceae que compreende diversas hortaliças e algumas espécies são utilizadas como plantas medicinais ou condimentos.

Na medicina popular há relatos do uso de folhas de *A. xanthorrhiza* em banhos para doenças femininas na América do Sul. De Feo e Soria (2012) realizaram uma ampla investigação etnobotânica na província de Paruro, Peru, com o objetivo de produzir um censo de plantas medicinais utilizadas em práticas médicas tradicionais e dentre elas estava a *A. xanthorrhiza*.

Quincho Tambaico e Oré Vásquez (2015) utilizaram o tipo amarelo para preparar um extrato etanólico de folhas com alto teor de polifenóis e administraram via cânula em um modelo da doença dos ovários policísticos, caracterizada por diminuição do estradiol e aumento do FSH semelhante a um estado de menopausa. Com o tratamento observaram uma queda significativa nos níveis de testosterona, semelhante ao grupo tratado com metformina (tratamento convencional de ovário policístico).

Outros relatos mencionam o uso desta espécie em pacientes com fenilcetonúria (PKU) (Scortegagna *et al.*, 2019), o efeito galactoforo e como antídoto da inflamação provocada pela planta venenosa chamada manzanillo (*Toxicodendron striatum*) (Infantes Ortega, 2021), atividade cicatrizante em ratos albinos (Holtzmann) (Zegarra Alarcon e Aguila Serna, 2021; Naveda Ysla e Sánchez Fernández, 2022).

Espécies da família Apiaceae apresentam canais oleíferos e, conseqüentemente, alguns óleos essenciais em suas folhas. Estes últimos estão presentes em diferentes partes das plantas, tanto nas folhas, como nos frutos, raízes e flores. O óleo essencial de folhas de *A. xanthorrhiza* cultivada na Colômbia, apresentou em sua composição hidrocarbonetos monoterpênicos (82,4%), monoterpênicos oxigenados (1,6%), hidrocarbonetos sesquiterpênicos (7,3%), sesquiterpênicos oxigenados (1,1%), compostos alifáticos (1,9%), compostos aromáticos (0,1%) e outros (5,1%). Os principais constituintes foram limoneno (54,4%) e mirceno (21,4%) (Quijano-Celis; Piedrahita; Pino, 2016).

A exploração do potencial medicinal de plantas cultivadas exclusivamente para alimento, pode agregar valor à cultura melhorando a renda, sobretudo de pequenos produtores, aliada à importância fundamental das plantas medicinais nos sistemas de atenção à saúde. O profundo conhecimento sobre propriedades curativas das espécies vegetais pode, potencialmente, constituir uma fonte de novos fármacos.

A relevância dos estudos sobre plantas medicinais, inclusive este, está em sintonia com o objetivo geral do documento - Política e Programa Nacional de Plantas Medicinais e Fitoterápicos - que é: “Garantir à população brasileira o acesso seguro e o uso racional de plantas medicinais e fitoterápicos, promovendo o uso sustentável da biodiversidade, o desenvolvimento da cadeia produtiva e da indústria nacional.” E, conseqüentemente, com o objetivo específico que é: “Ampliar as opções terapêuticas aos usuários, com garantia de acesso a plantas medicinais, fitoterápicos e serviços relacionados à fitoterapia, com segurança, eficácia e qualidade, na perspectiva da integralidade da atenção à saúde, considerando o conhecimento tradicional sobre plantas medicinais”. Esses conhecimentos são, de fato, um dos maiores ativos do país, imprescindíveis para promover o uso sustentável de nossos recursos naturais, em especial de nossas espécies vegetais com potencial medicinal, aromático, cosmético e alimentar” (Fiocruz, 2021).

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

O objetivo deste estudo foi verificar o potencial de folhas de *A. xanthorrhiza* para produção de óleo essencial e avaliar a composição mineral de clones experimentais.

1.1.2 Objetivos específicos

- i. Avaliar o rendimento do óleo essencial em clones de cor Creme e Amarelo;
- ii. Determinar a composição química do óleo essencial de folhas por cromatografia;
- iii. Determinar a composição mineral da massa seca de folhas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 O Estado da arte em *Arracacia xanthorrhiza*

Existem poucos estudos sobre *Arracacia xanthorrhiza* nas bases de dados bibliográficas. O número de artigos presentes nas principais bases bibliográficas correlacionadas com o objeto de estudo desta dissertação, após a eliminação de duplicatas, é 148. A distribuição é: SCOPUS(97), WEB OF SCIENCE(47) e PUBMED(4), sendo que a grande maioria se referem às áreas de agronomia (fitopatologia/vírus) e ciências dos alimentos (pós-colheita, qualidade de amidos etc).

O uso medicinal desta planta é relatado em poucos artigos, um exemplo é um trabalho que teve como objetivo avaliar o efeito do estrato etanólico de folhas da *Arracacia xanthorrhiza* em modelos de ovários policísticos. O estrato diminuiu de forma significativa os níveis de testosterona no grupo tratado com metformina (tratamento convencional da doença dos ovários policísticos), obtendo também, os valores mais baixos de testosterona (Quincho Tambranco; Oré Vásquez, 2015).

Em outro estudo investigou-se o efeito da *Arracacia xanthorrhiza* Bancr, variantes branca (WAXB) e vermelha (RAXB) (compostos ricos em polifenóis) nas concentrações de β -actina, óxido nítrico e HIF-1 em cultura de células Hela, para descobrir possíveis efeitos antineoplásicos. Os resultados sugerem um efeito antineoplásico dos extratos vegetais estudados e destacam a possibilidade de sua utilização na tratamento de neoplasias (Carrero; Moya; Mosquera-Sulbarán, 2022).

A vasta literatura sobre a produção de diferentes compostos fitoquímicos em plantas medicinais, mostra que as mesmas estão sujeitas a uma variedade de estresses ambientais durante seu crescimento e desenvolvimento. Diferentes fatores ecologicamente limitantes, incluindo temperatura, dióxido de carbono, iluminação, ozônio, água do solo, salinidade e fertilidade do solo têm impacto significativo sobre respostas fisiológicas e bioquímicas das plantas medicinais, bem como o processo metabólico secundário.

Pant, Pandey e Dall'acqua (2021), em uma revisão com artigos de 12 países, analisaram os impactos das mudanças climáticas nos metabólitos secundários das plantas medicinais e identificaram que os principais parâmetros ambientais que impactam na produção foram: temperatura (n=6), dióxido de carbono (n=9), ozônio (n=5), intensidade luminosa (n=11) e solo (n=17). Neste trabalho, os métodos e instrumentos de análise utilizados na determinação do

metabólitos foram HPLC, GC/MS, e RMN. Folhas (51%), plantas inteiras (17%) e raízes (13%) foram os órgãos mais comumente usados para avaliar os efeitos climáticos. Embora a percentagem seja bastante baixa, alguns investigadores também utilizaram caule, broto, semente, flor e frutos.

Além dos parâmetros ambientais naturais, outros fatores como o método de cultivo, adubação, irrigação, data de colheita da planta ou de partes dela, podem modificar significativamente o conteúdo e a composição do óleo essencial. Nurzynska-Wierdak (2013) sinaliza que nutrientes aplicados na forma de fertilização mineral e orgânica são fornecidos às plantas pela raiz e aplicação foliar. A aplicação foliar de nitrogênio aumenta o teor de óleo essencial em algumas plantas e afeta a composição do óleo essencial. Além disso, o teor e o rendimento do óleo essencial são modificados pela taxa de nitrogênio aplicado. Uma maior aplicação de nitrogênio aumenta a concentração de metil chavicol e diminui a porcentagem de linalol no óleo volátil de algumas espécies de plantas aromáticas.

No cultivo de algumas plantas aromáticas, maior quantidade de potássio contribui para um aumento no teor de óleo essencial e na porcentagem de 1,8-cineol, linalol, eugenol e γ -cadineno no óleo. Outros nutrientes disponíveis no ambiente nutricional das plantas também são capazes de alterar o rendimento do óleo essencial e composição. Da mesma forma que a biofertilização, a fertilização mineral equilibrada de plantas aromáticas é um importante fator de cultivo que determina a quantidade e a qualidade do óleo essencial.

Em *Arracacia xanthorrhiza*, nenhum trabalho relata os efeitos mencionados acima, apenas as respostas de aplicação ou supressão de nutrientes e seus efeitos em aspectos produtivos e fisiológicos das plantas. No primeiro (Magolbo *et al.*, 2015), analisaram o acúmulo de matéria seca e nutrição mineral da *arracacia* em resposta à fertilização com nitrogênio. A adubação nitrogenada aumentou significativamente a proporção de N e S acumulados nos caules e de Ca, Mg, Fe e Mn nas folhas. A oferta de N aumentou a distribuição de Zn para caules e folhas, enquanto altas doses de N aumentaram a alocação de Cu para os caules. Altas doses de N aumentam a produção de matéria seca (MS) das plantas e a absorção e remoção de nutrientes, mas não resultam em maior produtividade devido ao maior desenvolvimento de folhas e caules e à menor alocação de MS nas raízes de armazenamento.

Verificando a omissão de macronutrientes (N, Ca e S) em parâmetros morfológicos, crescimento e produtividade em *arracacia xanthorrhiza* (Villamil Carvajal *et al.*, 2023) constataram que a omissão gerou os sintomas mais graves, afetando drasticamente a altura das plantas, largura das folhas, número de folhas e acúmulo de massa vegetal. No caso de P, as

folhas tornaram-se pequenas e de cor verde intenso com margem violeta. O Mg e o K geraram folhas com clorose internerval e marginal. As plantas com omissão de macronutrientes alocaram massa seca na seguinte ordem: caule, raízes de armazenamento, propágulos e folhas.

No entanto, em outras apiáceas existem diversos trabalhos que abordam a relação entre o desenvolvimento das plantas e a composição dos óleos essenciais em função de nutrição mineral e orgânica. Khalid (2012), ao analisar o efeito do NP e da pulverização foliar no crescimento e na composição química de algumas plantas medicinais *apiaceae*s verificou que os maiores valores dos caracteres de crescimento vegetativo foram 83,0, 69,3, 9,8, 29,0, 34,0, 17,5 e 14,4, respectivamente para coentro. Assim como os N3P3 x elementos traços levaram a conteúdos bioquímicos mais elevados que o controle. Os aumentos foram de 0,9, 0,3 e 0,9% em óleo essencial; 5,4, 4,4 e 3,7% em óleo fixo, 9, 7,9 e 8,2% em carboidratos totais; 2,4, 2,8 e 1,6% em açúcares solúveis; 5,0, 7,5 e 14,4% em proteína bruta; 0,8, 2,0 e 2,3% em nitrogênio; 1,5, 0,6 e 0,4% em fósforo; 1,3, 1,2 e 1,7% em potássio para erva-doce, coentro e erva-doce, respectivamente.

Na mesma linha, comparando fertilizações minerais e orgânicas, muitos estudos foram realizados (Aćimović *et al.*, 2015, Badran *et al.*, 2018, Özyazici; 2021, Rodrigues *et al.*; 2021).

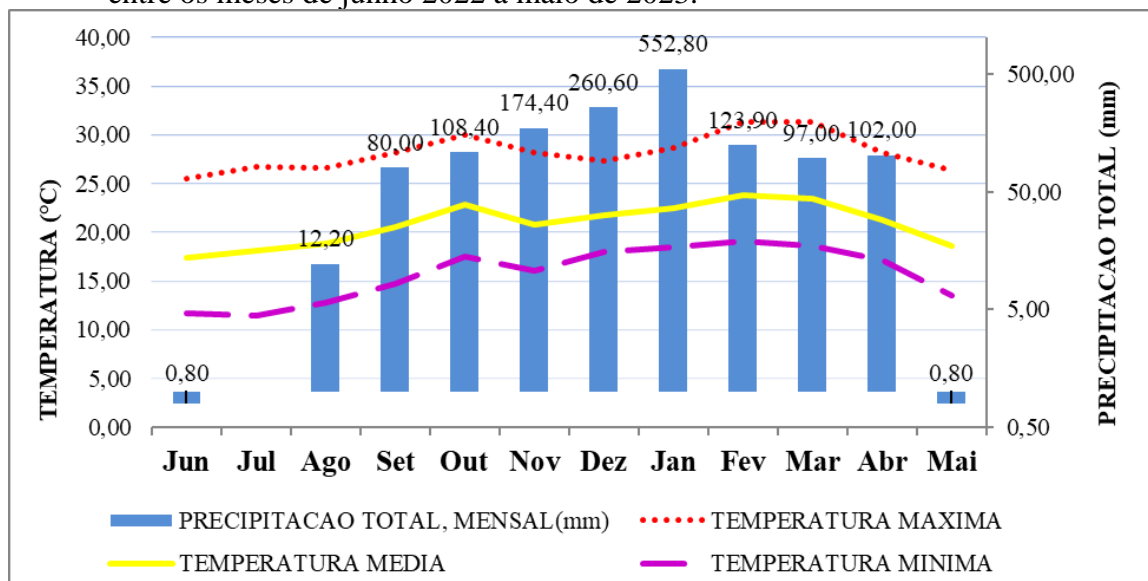
3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local do experimento, material vegetal e delineamento experimental

O experimento foi desenvolvido na horta experimental da Universidade Federal de Lavras (UFLA), situada no município de Lavras, região Sul do estado de Minas Gerais, a 918,87 metros de altitude média, latitude de 21°14'S e longitude de 45°00'W GRW. De acordo com a classificação climática de Köppen, o clima regional é do tipo Cwa, mas apresenta características de Cwb, com duas estações bem definidas, uma fria e seca, de abril a setembro e outra quente e úmida, de outubro a março (Brasil, 1992). Foi realizado na horta experimental do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras (UFLA), na cidade de Lavras, com latitude 21°14' S, longitude 45°00' W e altitude de 918,8 m. De acordo com a classificação climática de Köppen, o clima da região é considerado clima subtropical das terras altas, com inverno seco e verão chuvoso. A pluviosidade média na região é de 1.034 mm anuais, onde a temperatura média anual é de 19,3 °C e a umidade relativa média de 76% (Alvares *et al.*, 2013).

Durante o período de realização do experimento em campo, a temperatura média do ar foi de 20,81 °C, as médias máximas e mínimas foram de 28,5 °C e 15,75 °C, respectivamente, e o total de precipitação pluvial foi de 1512,9 mm, conforme Figura 1.

Figura 1 - Dados climatológicos da estação meteorológica da Universidade Federal de Lavras, entre os meses de junho 2022 a maio de 2023.



Fonte: Adaptado do INMET (2024).

Foram utilizadas mudas da cultivar comercial de mandioquinha-salsa, Amarela de Carandaí, e seis clones experimentais provenientes de campos de policruzamento. O delineamento experimental foi o em blocos casualizados (DBC), com 3 repetições em parcelas. Cada parcela composta por 20 plantas. Esses foram obtidos no Sítio São José situado município de Cambuí, Minas Gerais, latitude 22°36'47,43" sul e longitude 46°08'42,21" oeste, com altitude de 1.400.

As análises cromatográficas foram realizadas no Laboratório do Centro avançado em plantas medicinais. As análises de minerais foram realizadas no laboratório de nutrição mineral de plantas, ambos pertencentes a UFLA (Figura 2A e B).

Figura 2 - A) Clones de mandioquinha - salsa germinadas a partir de sementes botânicas oriundas de campo de policruzamento. B) Implantação do Experimento na horta experimental da Universidade Federal de Lavras (UFLA).



Fonte: Missasse (2023).

3.2 Condução do experimento

Na desinfecção, as mudas foram imersas em água clorada a 10% por 10 minutos. Em seguida foram colocadas em pé, em recipientes plásticos de 250 ml com água para pré-brotação. O transplante ocorreu 6 dias após o início da pré-brotação.

As mudas foram cultivadas em leiras, sem nenhuma aplicação de agroquímico. O solo foi preparado com aração e os canteiros foram levantados com encanteiradora, formando canteiros de 1,2 metros de largura. Esses foram divididos manualmente com enxada, formando duas leiras em cada canteiro. Um dia antes do plantio o solo foi irrigado. Para o plantio foi utilizada uma estaca de madeira para fazer covas com 20 centímetros (cm) de profundidade e 5 (cm) de diâmetro.

O solo da área experimental é classificado como textura argilosa contendo 40% de argila, 9% silte, 51% areia, com as características químicas na camada de 0 a 20 cm, com pH de 5,8 em água; 1,7% de matéria orgânica; 29,13 mg dm⁻³ P; 164,07 mg dm⁻³ K; 3,57 cmolc

dm^{-3} Ca; 1,21 cmolc dm^{-3} Mg; 3,40,0 mg dm^{-3} Zn; 87,00 mg dm^{-3} Fe; 35,00 mg dm^{-3} Mn; 0,51 mg dm^{-3} Cu; 0,18 mg dm^{-3} Bo; 7,10 mg dm^{-3} S; V= 67,44%.

Na adubação de plantio foi utilizado termofosfato magnésiano (Yoorin®), com teor de 16% de P_2O_5 na dose de 52 gramas (g) por cova. O experimento foi irrigado por gotejamento durante todo o ciclo. Os tratos culturais foram realizados com ferramentas manuais, conforme a necessidade do manejo da cultura.

Para a extração do óleo essencial, as folhas foram colhidas aos 210 dias após o plantio. Já para a análise química, raízes, cascas, rebentos e as folhas colhidas aos 270 dias após o plantio.

3.3 Matéria fresca e seca

Após serem colhidas, as plantas foram separadas em raiz, casca, rebentos e folhas. Obteve-se amostras frescas de cada parte e essas foram pesadas em balança analítica. Em seguida, colocadas em estufa de circulação com ar forçado a 40 °C, até atingirem peso constante. Após permanecerem no dessecador, foram novamente pesadas. Sendo assim, mediante a relação entre o peso de matéria seca e fresca (tomada no dia zero), foram obtidos os teores de matéria seca, expresso em percentagem (%).

3.4 Análise mineral

Foram avaliados os teores de macro e micronutrientes das raízes, cascas, rebentos e folhas dos clones e da cultivar. Amostras de cada uma das partes separadas foram secas em estufa ventilada a 40° até o peso constante. Logo após foram moídas em moinho e enviadas para o laboratório de nutrição mineral de plantas da UFLA.

As amostras foram analisadas por digestão via solução nitro perclórica (HNO_3 e HClO_4 (2:1), cuja solução foi medida por Plasma por Acoplamento Indutivo (ICP).

3.5 Extração dos óleos essenciais

A extração do óleo essencial das folhas foi realizada no Laboratório de Fitoquímica, no Horto de Plantas Medicinais (DAG/ESAL) da UFLA. Utilizou-se o aparelho modificado de Clevenger. As folhas foram colocadas em balão volumétrico de 2000 ml, contendo 1000 ml de

água destilada, o tempo de extração foi de 180 minutos, considerado a partir do início da fervura. Foram utilizadas 210 g de folhas secas do clone amarelo e do creme.

Realizou-se a partição líquido-líquido, em funil de separação. Para a purificação do óleo essencial, as frações orgânicas foram reunidas e congeladas para separação do óleo da água. O óleo essencial foi pesado e armazenado em frasco âmbar hermeticamente fechado e mantido em geladeira a 4 °C até as análises químicas e biológicas. O teor de óleo essencial foi expresso em $\text{g} \cdot 100^{-1}$ de matéria seca das folhas e o rendimento em $\text{g} \cdot \text{planta}^{-1}$

3.6 Preparação dos extratos de folhas

As folhas foram coletadas e secas em estufa a 40 °C até peso constante. As amostras foram armazenadas à temperatura ambiente, no escuro, antes da preparação dos extratos. Os extratos dos 7 clones de *A. xanthorrhiza* foram preparados por percolação exaustiva com etanol 92 INPM em temperatura ambiente dissolvendo 100 g de folhas em 1L de etanol (92%) INP à temperatura ambiente por 7 dias. O etanol foi removido sob vácuo em evaporador rotatório a 40 °C para produção do extrato bruto.

3.7 Determinação do teor e do rendimento dos óleos essenciais

O teor de óleo essencial produzido foi calculado relacionando a massa de óleo essencial extraído da amostra e a massa da amostra expresso em porcentagem (%), por meio da seguinte fórmula (Santos *et al.*, 2004).

$$TO = \frac{Vo}{\left[Bm - \left(Bm * \frac{U}{100} \right) \right]} * 100 \quad (1)$$

onde: TO = teor de óleo (mL ou mg de óleo essencial em 100 mg de biomassa seca) ou rendimento de extração (%).

Vo = volume (ml) de óleo extraído ou massa de óleo essencial extraído (g)

Bm = biomassa aérea vegetal (g) = quantidade de umidade ou água presente na biomassa.

$[Bm - (Bm * U/100)]$ = quantidade de biomassa seca, isenta de água ou livre de umidade.

$$\left[Bm - \left(Bm * \frac{U}{100} \right) \right] = \text{quantidade de umidade ou água presente na biomassa} \quad (2)$$

100 = fator de conversão para porcentagem.

O rendimento foi calculado em função do teor de óleo essencial obtido e da massa seca da planta da qual a amostra foi retirada, expressa em g/planta, seguindo a seguinte fórmula (Santos *et al.*, 2004).

$$R = \frac{T}{BP} \quad (3)$$

onde: R = rendimento (g/planta)

T = teor de óleo essencial (%)

BP = biomassa da planta seca

3.8 Análises químicas do óleo essencial

As análises químicas quantitativas dos óleos voláteis foram realizadas em triplicatas, empregando sistema de Cromatografia em Fase Gasosa (CG) Agilent® 7890^a. As amostras foram preparadas acrescentando-se 10 µL de solução estoque do padrão interno às massas conhecidas do óleo essencial e diluindo com 1 mL de acetato de etila. O volume de injeção foi de 1,0 µL, no modo split a uma razão de injeção de 50:1. Foi empregada coluna capilar de sílica fundida HP-5MS (30 m de comprimento x 250 µm de diâmetro interno x 0,25 µm de espessura do filme) (Califórnia, EUA). O gás Hélio foi utilizado como gás de arraste com fluxo de 1,0 mL/min; as temperaturas do injetor e do detector foram mantidas em 240 °C e 300 °C, respectivamente. A condição de análise foi de rampa de aquecimento de 60 a 240°C, com taxa de aquecimento de 3 °C/min, seguida por outra rampa de 10 °C/min até 280 °C. As análises foram realizadas em triplicata (n=3) e as concentrações dos analitos foram expressas em mg/mL ± o desvio padrão. As concentrações dos analitos foram determinadas empregando-se o método do padrão interno, usando fator de resposta relativo de acordo com IOFI *Working Group on Methods of Analysis* (IOFI, 2011).

Os constituintes químicos foram identificados por comparação dos seus índices de retenção relativos à coinjeção de uma solução padrão de n-alcenos (C8-C20) e/ou por comparação dos espectros de massas do banco de dados da biblioteca NIST/EPA/NHI (NIST, 2008) e de literatura (Adams, 2018). Os índices de retenção foram calculados usando a equação de Van de Dool e Kratz (1963) e para as atribuições foram consultados índices de retenção descritos em literatura (Adams; Boonham; Jones, 2018).

3.9 Análise estatística

O teste de Shapiro-Wilk foi utilizado para determinar a normalidade dos dados e o teste de Levene foi realizado para avaliar a homogeneidade da variância. Em seguida, os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias de cada variável (macronutrientes, micronutrientes e metais pesados) foram comparadas pelo teste t de Student ($p < 0,05$). A análise de componentes principais foi realizada para caracterizar as relações entre os clones e as variáveis analisadas (macronutrientes, micronutrientes, metais pesados e constituintes majoritários do óleo essencial). Todas as análises foram realizadas utilizando o software R versão 4.3.2 (R Core Team, 2019).

3.10 Rendimento e composição química do óleo essencial

O rendimento do óleo essencial das folhas secas do clone creme e amarelo foram 0,14% respectivamente. Quijano-Celis *et al.* (2016) extraíndo óleo essencial por Clevinger, de folhas de *Arrcacia Xanthorrhiza*, obtiveram um rendimento de 0,66% de óleo essencial. Fatores como método de cultivo, fertilização, irrigação e data de colheita do material vegetal podem modificar significativamente o conteúdo e a composição do óleo essencial, o que justifica a diferença entre os resultados deste trabalho e a literatura.

A composição química do óleo essencial extraído das folhas secas dos clones amarelo e branco de mandioquinha-salsa está descrita na Tabela 1. Ambos os clones apresentaram a mesma composição química. Foi identificado 15 compostos, representando 98,47% do total obtido, sendo o limoneno (71,56%) o composto majoritário, seguido pelo mirceno (11,36%).

Os compostos identificados são predominantemente monoterpenos hidrocarbonetos (86,98%), seguido dos sesquiterpenos hidrocarbonetos (6,97%), dos aldeídos saturados + poliacetilenos (3,65%), dos monoterpenos oxigenados totais (0,20) e outros (0,67%). No óleo essencial extraído das folhas de *A. xanthorrhiza* na Colômbia. Quijano-Celis *et al.* (2016) identificaram e quantificaram noventa e quatro compostos no óleo essencial, representando a composição total do óleo essencial. Neste estudo, os compostos majoritários também formam o limoneno (54,4%) e o mirceno (21,4%). A distribuição das famílias foi: hidrocarbonetos monoterpênicos (82,4%), monoterpenos oxigenados (1,6%), hidrocarbonetos sesquiterpênicos (7,3%), sesquiterpenos oxigenados (1,1%), compostos alifáticos (1,9%), compostos aromáticos

(0,1%). %) e outros (5,1%). Os principais constituintes foram limoneno (54,4%) e mirceno (21,4%) (Tabela 1).

Tabela 1 - Composição química do óleo essencial das folhas de *Arracacia Xanthorrhiza*. Clone creme e amarelo.

Pico	Constituinte químico	IR _C	IR _L	Área (%)	
				Fiuza amarela	Fiuza creme
1	α -Pino	931	932	0,57	0,56
2	Sabineno	971	969	0,94	0,94
3	β -Pino	975	974	1,67	1,65
4	Mirceno	991	990	11,36	11,25
5	n-Octanal	1003	998	0,30	0,30
6	<i>p</i> -Cimeno	1022	1020	0,31	0,31
7	Limoneno	1029	1029	71,58	71,03
8	(Z)- β -Ocimeno	1035	1037	0,30	0,30
9	(E)- β -Ocimeno	1045	1044	0,25	0,25
10	Terpinen-4-ol	1174	1174	0,20	0,20
11	(E)-Cariofileno	1413	1408	0,25	0,26
12	β -Bisaboleno	1506	1505	0,72	0,75
13	β -Sesquifelandreno	1522	1522	6,00	6,32
14	ni	1839	-	0,67	0,71
15	Falcarinol	2032	2036	3,35	3,79
Monoterpenos hidrocarbonetos totais				86,98	86,29
Monoterpenos oxigenados totais				0,20	0,20
Sesquiterpenos hidrocarbonetos totais				6,97	7,33
Aldeído saturado + poliacetileno				3,65	4,09
Não identificado (ni)				0,67	0,71
TOTAL DE CONSTITUINTES IDENTIFICADOS				98,47	98,62

IR_C: Índice de retenção calculado relativo à série *n*-alcanos (C₈-C₂₀) em coluna HP-5MS na ordem de eluição. IR_L: Índice de retenção relatado na literatura (ADAMS, 2017). ni: não identificado.

Fonte: Missasse (2024).

O clone amarelo e creme apresentaram valores próximos para os compostos analisados; as três amostras apresentaram o limoneno e o mirceno como compostos majoritários, sendo que nos clones experimentais apresentaram valores maiores para o limoneno e valores menores para o mirceno em relação ao material colombiano. O *p*-Cimeno e o (Z)- β -Ocimeno apresentou valor acima do citado; o (E)- β -Ocimeno apresentou valores menores do que o citado, os demais

compostos tiveram resultados com valores próximos. As quantidades dos componentes do óleo essencial de mandioquinha-salsa e das plantas em geral podem variar conforme a variação genética, época de colheita, solo, clima, método de extração dentre outros fatores.

São poucos estudos que relatam a composição química do óleo essencial *A. xanthorrhiza*, com vistas à exploração do seu potencial farmacológico. No entanto, a família Apiacea apresenta canais oleíferos e, conseqüentemente, alguns óleos essenciais presentes em diferentes partes das plantas, tanto nas folhas, como nos frutos, raízes e flores (Reis; Nascimento, 2011). Os compostos mais comumente encontrados nestes óleos são o limoneno e linalol (Hadaruga *et al.*, 2005); monoterpenos e cumarinas (Ribeiro; Kaplan, 2002; Razavi *et al.*, 2008).

Vasconcelos Santos (2017), extraíndo óleo essencial de semente do coentro *Coriandrum sativum*, planta da família apiacea extraído por hidrodestilação, usando um aparelho do tipo Clevenger, obtiveram um rendimento de 0,15% e através de CG-EM e CG-FID, respectivamente, foi identificado e quantificado os constituintes químicos majoritários: linalol (64,4%), 2-dodecanal (5,5%), ácido hexadecanóico (5,3%) e geraniol (5,1%).

A literatura cita um único artigo sobre a composição química do óleo essencial de *A. xanthorrhiza*. No entanto, existem alguns estudos que comprovam o potencial do extrato de suas folhas no tratamento para ovários policísticos. Quincho Tambranco e Oré Vásquez (2015) utilizaram o tipo amarelo para preparar um extrato etanólico de folhas com alto teor de polifenóis e administraram, via cânula, em um modelo da doença dos ovários policísticos, caracterizada por diminuição do estradiol e aumento do FSH semelhante a um estado de menopausa. Com o tratamento observaram uma queda significativa nos níveis de testosterona semelhante ao grupo tratado com metformina (tratamento convencional de ovário policístico).

Zegarra Alarcon e Aguila Serna (2021) utilizaram um creme contendo extrato hidroalcoólico de folhas de *A. Xanthorrhiza*, para avaliar sua atividade cicatrizante em ratos albinos (Holtzmann), comparando com um creme comercial e concluíram que o creme do extrato hidroalcoólico das folhas de *A. xanthorrhiza*, por meio dos taninos e flavonóides foram responsáveis pela atividade cicatrizante nos ratos albinos.

Com o objetivo de determinar o efeito dos extratos de folhas de *A. xanthorrhiza* Bancr, variantes branca (WAXB) e vermelha (RAXB) (compostos ricos em em polifenóis) nas concentrações de β -actina, NO• e HIF-1 em culturas de células Hela, Carrero *et al.* (2022) concluíram que ambos os extratos reduziram as concentrações de β -actina, NO• e HIF-1 ($p < 0,001$), semelhante ao efeito do medicamento metotrexato. Esses resultados sugerem um

efeito antineoplásico dos extratos vegetais estudados e destacam a possibilidade de sua utilização no tratamento de neoplasias.

Muitos estudos com o objetivo de investigar a atividade antitumoral dos monoterpenos foram realizados em óleos essenciais extraídos de diversas plantas, e não em seus componentes individuais. A vantagem específica dos óleos essenciais reside nos efeitos sinérgicos exercidos pelos seus componentes, em comparação com os efeitos somatórios das substâncias individuais (Baptista-Silva *et al.* 2020). Com o objetivo de avaliar a atividade do óleo essencial (OE), extratos hexânico (EHE) e hidroalcoólico (EHA) de folhas de *C. sativum* frente as diferentes espécies de *Cândida* e identificar seus principais constituintes, Beganine (2008) obteve como resultados, forte inibição do óleo essencial frente as diferentes espécies de *Candida* com MICs de 125 a 500 Yg/mL, enquanto os EHE e EHA inibiram apenas *C. parapsilosis* com MIC de 250 Yg/mL. As frações 4, 5 e 6 do OE enriquecidas em álcoois apresentaram forte inibição e amplo espectro antimicrobiano, com MICs de 7 a 250 Yg/mL, evidenciando que esses compostos são responsáveis pela atividade antimicrobiana frente as diferentes espécies de *Candida*, enquanto as frações FOE 1 a 3 ricas em aldeídos, com MICs de 31 a 1000 Yg/mL, apresentaram atividade antimicrobiana moderada. Esses resultados demonstraram o potencial uso de *C. sativum* no combate a leveduras do gênero *Cândida*.

Pedrosa *et al.* (2014), com o objetivo de avaliar o efeito do óleo essencial de *C. sativum* e seus fitoconstituintes majoritários contra cepas de *E. coli* ESBL, obtiveram resultados que sugerem que o óleo essencial de *C. sativum* pode suprimir o crescimento de espécies de *E. coli* ESBL e que seu constituinte majoritário, apesar de ter atividade antibacteriana fraca, pode modular a ação de alguns antibióticos.

Recentemente, o uso de agentes quimiopreventivos e quimioterápicos à base de plantas para prevenir e tratar o câncer está atraindo atenção considerável (Anandakumar; Kamaraj Vanitha, 2021). É relatado que os monoterpenos apresentam propriedades anticancerígenas promissoras (Pereira *et al.*, 2019). A propriedade antitumorígenica do D-limoneno é avaliada em vários tipos de câncer, como pulmão (Yu *et al.*, 2018), mama (Crowell; Ayoubi; Burke, 1996), gástrico (Lu *et al.*, 2004), próstata (Rabi; Bishayee, 2009), bexiga (Ye *et al.*, 2020), cólon (Jia *et al.*, 2013) dentre outros. A propriedade anticancerígena do D-limoneno pode ser devido a sua capacidade de desencadear apoptose e regular o ciclo celular. Ivashkin *et al.* (2022) avaliaram a eficácia e segurança de um suplemento alimentar contendo mentol padronizado, limoneno e gingerol em participantes humanos com SII (Síndrome do Intestino Irritável e Dispepsia Funcional (DF) em um ensaio duplo-cego, randomizado e controlado por placebo. O

suplemento alimentar com conteúdo padronizado de mentol, limoneno e gingerol aumentou a eficácia da terapia padrão em pacientes com SII e DF. O uso do suplemento não causou efeitos colaterais óbvios. O mirceno é um monoterpeneo que apresenta fórmula molecular $C_{10}H_{16}$ e possui descritores sensoriais de bálsamo e especiarias (Baser; Buchbauer 2009), (Simas *et al.* 2017). O mirceno, assim como o linalol, quando presente em óleo essenciais de citros aumenta o valor agregado do óleo essencial, pois pode ser utilizado como matéria-prima para síntese química de obtenção de álcoois terpênicos, como o linalol e até mesmo para a síntese das vitaminas A e E. Além disso, pode ser utilizado no processo de manufatura da borracha sintética (Kolichski, 2006).

Pincigher e Valenti (2023), pesquisando a eficácia biológica de γ -terpineno, α -terpineno, p-cimeno e mirceno, testando em linhagens celulares humanas (HeLa, SH-SY5Y e HDFa). Ensaios de citotoxicidade, proliferação celular, migração celular e morfologia foram realizados para obter informações detalhadas sobre as propriedades anticancerígenas. Nesse estudo, os resultados mostram que o mirceno possui potencial atividade biológica, especialmente em células HeLa. Nesta linhagem celular, leva à interrupção da proliferação, diminuição da motilidade e alterações morfológicas com perda de esfericidade e espessura, e danos ao DNA. Além disso, a interação de γ -terpineno, α -terpineno, p-terpineno e mirceno com DNA de timo de bezerro (ct-DNA) foi estudada por espectrofotometria UV-visível. Experimentos de ligação ao DNA mostram que apenas o mirceno pode interagir com o DNA com uma constante de dissociação aparente (K_d) de 29×10^{-6} M.

Mirceno também ocorre naturalmente em plantas como lúpulo, cannabis, capim-limão e verbena, e é usado como agente aromatizante na fabricação de alimentos e bebidas, enquanto na fabricação de cerveja é um dos componentes de sabor aromático mais potentes. Vários estudos demonstraram que o mirceno tem potencial anticancerígeno em modelos *in vitro* (Pincigher; Valenti 2023). O efeito citotóxico do mirceno foi encontrado contra uma ampla gama de células cancerosas, como câncer de mama MCF-7 (Chaouki, 2009), adenocarcinoma de cólon HT-29 e células de leucemia P388 (Surendran *et al.*, 2021), células de câncer de pulmão (Bai; Tang, 2020) e outras células tumorais (Ferraz, 2013).

A análise mineral da matéria seca das folhas dos clones Amarelo e Creme está na Tabela 2. Além dos macros e micronutrientes, também foram detectados alguns metais pesados. Não foi observada variação no teor de minerais entre os dois clones, exceto para Nitrogênio e Bário. A nutrição tem um importante papel na síntese de óleo essencial, aumentando efetivamente a quantidade e a qualidade (Nurzyńska-Wierdak, 2013). Sharafzadeh e Alizadeh (2011) e

Boroomand *et al.* (2018) relatam o papel de minerais como fósforo, cálcio, magnésio, enxofre, bem como micronutrientes, incluindo metais pesados, no desenvolvimento de plantas produtoras de óleo essencial e na biossíntese de óleo essencial.

O nitrogênio, participa da composição de muitos compostos orgânicos: aminoácidos, proteínas, enzimas e ácidos nucleicos. Aminoácidos e enzimas desempenham um papel fundamental na biossíntese de numerosos compostos que são constituintes do óleo essencial (Koeduka *et al.*, 2006). O Clone Amarelo apresentou maior conteúdo de N na matéria seca. No entanto, essa diferença não refletiu na composição e rendimento dos óleos essenciais, já que ambos os teores de elementos minerais na matéria seca apresentaram a mesma composição e rendimento. No entanto, na análise de componentes principais foi observada uma estreita correlação entre o teor de N e o limoneno (Figura 3).

O potássio apresentou o maior teor entre os macronutrientes e o Cobre entre os micronutrientes. A presença de metais pesados é comumente detectado em plantas medicinais (Hussain *et al.*, 2013; Boroomand *et al.*, 2018; Galvan *et al.*, 2022).

Tabela 2 - Teor de macronutrientes (g/Kg), micronutrientes (mg/Kg) e metais pesados (mg/Kg) na massa seca de folhas Xanthorrhiza arracacha, clones Amarelo e Creme.

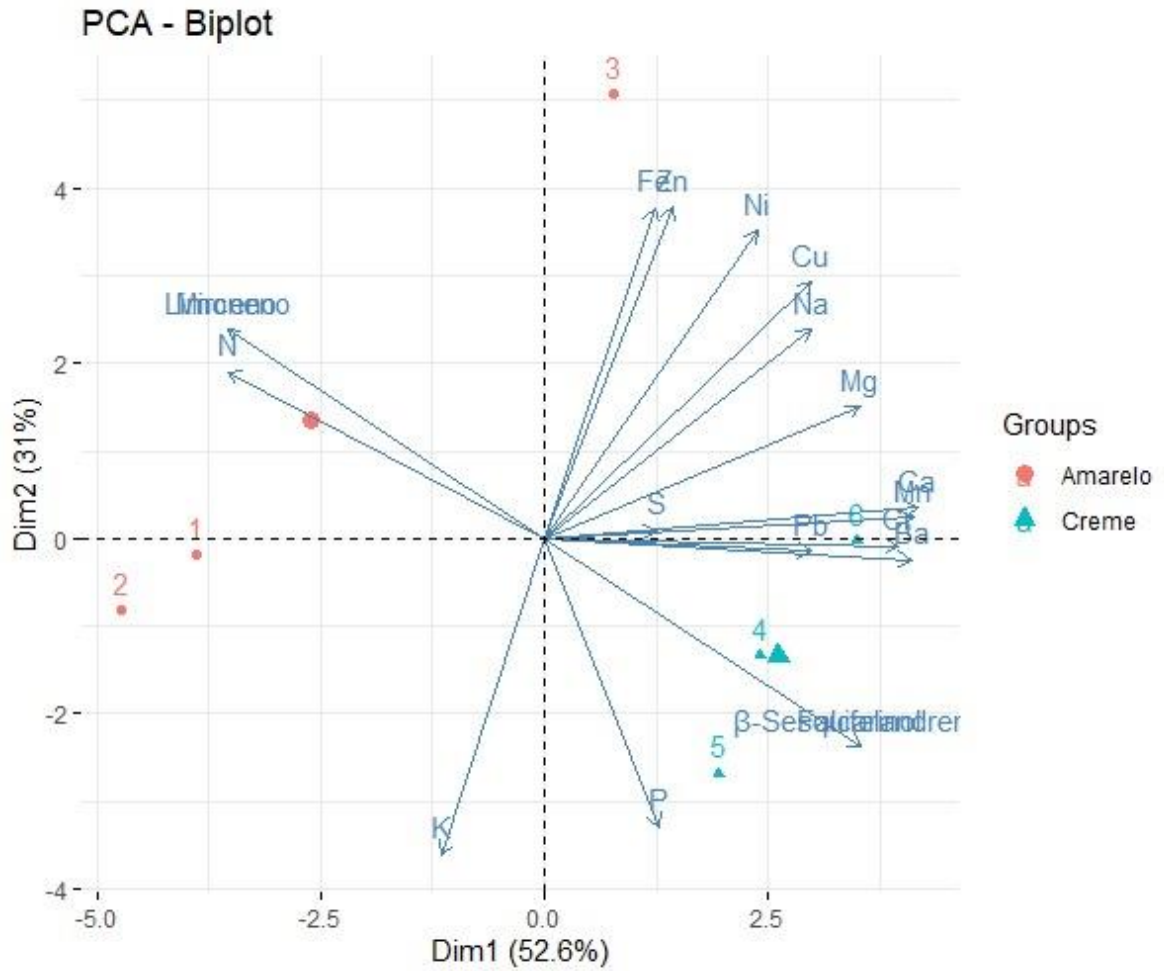
Clones					Clones				
Amarelo		Creme			Amarelo		Creme		
Minerais	Média	SD	Média	SD	Minerais	Média	SD	Média	SD
N	24,97b	+1,419	29,7a	1,179	Fe	133,21 a	26,293	144,55 a	32,612
P	5,68 a	0,601	5,05 a	0,249	Mn	66,28a	7,293	30,86 a	24,605
K	26,737a	0,323	25,41 a	4,33	Zn	29,16 a	2,808	31,593 a	8,317
Ca	14,1 a	1,185	10,9 a	1,899	Na	65,27a	3,88	62,957 a	6,325
Mg	3,84 a	0,115	3,2 a	1,019	Pb	1,41 a	0,515	0,917 a	0,093
S	2,60 a	0,283	2,54 a	0,172	Cr	2,10 a	0,117	1,85a	0,091
Cu	6,68 a	0,129	6,54a	0,613	Ni	1,09 a	0,195	1,09 a	0,556
					Ba	22,57 a	2,684	9,89b	7,063

Médias com letras iguais não diferem entre si pelo teste T ($p < 0,05$). SD = desvio padrão

Fonte: Missasse (2024).

Com o intuito de se analisar a correlação entre as variáveis, os dados foram submetidos a uma análise de componentes principais (PCA). As duas primeiras componentes principais explicaram 83,6% da variação dos dados. A variabilidade no perfil químico dos teores dos óleos essenciais dos macros e microelementos e dos metais pesados analisados nas folhas observadas nos clones amarelo e creme foi confirmada pela Análise de Componentes principais (PCA). A análise, da variância total tem baixa carga positiva ($< 0,3$) para o Nitrogênio e cargas negativas baixas ($< - 0,3$) para o fósforo e o bário (Figura 3).

Figura 3 - Análise de Componentes Principais (PCA) da composição do óleo essencial e de elementos minerais das folhas de *Arracacia Xanthorrhiza*, Clones Creme e Amarelo.



Fonte: Missasse (2024).

4 CONCLUSÕES

O óleo essencial dos clones Creme e Amarelo apresentam a mesma composição química. O Limoneno é o composto majoritário.

O rendimento do óleo essencial é semelhante ao encontrado em outras espécies da família Apiaceae, o que demonstra o potencial da espécie para produção de óleo essencial, o que pode agregar valor à cadeia produtiva da espécie devido a possibilidade de aproveitamento das suas folhas, normalmente descartadas. Ambos os clones apresentam a mesma composição mineral. O nitrogênio se correlaciona positivamente com o limoneno, na análise de PCA.

REFERÊNCIAS

- AĆIMOVIĆ, M. G.; DOLIJANOVIĆ, Ž. K.; OLJAČA, S. I.; KOVAČEVIĆ, D. D.; OLJAČA, M. V. "Effect of organic and mineral fertilizers on essential oil content in caraway, anise and coriander fruits." **Acta Scientiarum Polonorum. Hortorum Cultus**, [s.l.], v. 14, n. 1, 95-103, 2015.
- ADAMS, I. P.; BOONHAM, N.; JONES, R. A. C. "Full-genome sequencing of a virus from a 33-year-old sample demonstrates that Arracacha mottle virus is synonymous with Arracacha virus Y." **Microbiology Resource Announcements**, [s.l.], v. 7, n. 21, 2018.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, [s.l.], v. 22, n. 6, p. 711-728, dez. 2013.
- ANANDAKUMAR, P.; KAMARAJ, S.; VANITHA, M. K. "D-limonene: A multifunctional compound with potent therapeutic effects." **J Food Biochem**, [s.l.], v. 45, n. 1, p. e13566, 2021.
- BADRAN, F.; EL-SAYED, A.; HASSAN, E.; REKABY, A. "Effect of mineral NPK and organic fertilization on growth, yield, essential oil and chemical composition of coriander plants." **Scientific Journal of Flowers and Ornamental Plants**, [s.l.], v. 5, n. 2, p. 161-170, 2018.
- BAI, X.; TANG J. "Myrcene exhibits antitumor activity against lung cancer cells by inducing oxidative stress and apoptosis mechanisms." **Natural Product Communications**, [s.l.], v. 15, n. 9, p. 1934578, 2020.
- BAPTISTA-SILVA, S.; BORGES, S.; RAMO, S. O. L.; PINTADO, SARMENTO M. B. "The progress of essential oils as potential therapeutic agents: a review." **Journal of Essential Oil Research**, [s.l.], v. 32, n. 4, p. 279-295, 2020.
- BASER, K. H. C.; BUCHBAUER, G. Handbook of essential oils: science, technology, and applications. New York: Ed. Boca Raton, 2009.
- BOROOMAND, N.; SADAT-HOSSEINI, M.; MOGHBELI, M.; FARAJPOUR, M. Phytochemical components, total phenol and mineral contents and antioxidant activity of six major medicinal plants from Rayen, Iran. **Natural Product Research**, [s.l.], v. 32, n. 5, p. 564-567, 2018.
- BOROOMAND, N.; SADAT-HOSSEINI, M.; MOGHBELI, M.; FARAJPOUR, M. Phytochemical components, total phenol and mineral contents and antioxidant activity of six major medicinal plants from Rayen, Iran. **Natural Product Research**, [s.l.], v. 32, n. 5, p. 564-567, 2018.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Normas climatológicas de 1961-1990**. Brasília, 1992. 84 p.

- CARRERO, Y.; J. MOYA, M.; ACOSTA, J.; MOSQUERA-SULBARÁN. "Arracacia xanthorrhiza Bancr compounds decrease β -actin, hypoxia-inducible factor-1 and nitric oxide production in HeLa cells." **Investigacion Clinica**, Venezuela, v. 63, n. 1, p. 7-18, 2022.
- CHAOUKI, W.; LEGER, D. Y.; LIAGRE, B.; BENEYTOUT, J. L.; HMAMOUCHE M. "Citral inhibits cell proliferation and induces apoptosis and cell cycle arrest in MCF-7 cells." **Fundamental & Clinical Pharmacology**, [s.l.], v. 23, n. 5, p. 549-556, 2009.
- CROWELL, P. L.; AYOUBI, A. S.; BURKE, Y. D. Amer Inst Canc Antitumorigenic effects of limonene and perillyl alcohol against pancreatic and breast cancer. **Dietary Phytochemicals in Cancer Prevention and Treatment**, [s.l.], v. 401, p. 131-136, 1996.
- DE FEO, V.; R. SORIA, M. U. "Medicinal plants and phytotherapy in traditional medicine of Paruro Province, Cusco Department, Peru." **Pharmacology Online** v. 1, p. 154-219, 2012.
- FERRAZ, R. P.; , D. S.; CARVALHO, N. C.; SOARES, M. B.; DA SILVA, T. B.; MACHADO, W. J.; PRATA, A. P.; COSTA, E. V.; MORAES, V. R.; NOGUEIRA, P. C.; BEZERRA, D. P. "Cytotoxic effect of leaf essential oil of *Lippia gracilis* Schauer (Verbenaceae)." **Phytomedicine** [s.l.], v. 20, n. 7, p. 615-621, 2013.
- GALVAN, N. S.; CAMPOS, M. L.; MIQUELLUTI, D. J.; ESTEVES, M. E. S. Plantas medicinais e metais pesados: uma revisão bibliométrica. **Research, Society and Development**, [s.l.], v. 11, n. 9, p. e57911932338, 2022.
- HUSSAIN, J.; REHMAN, N. U.; AL-HARRASI, A.; ALI, L.; KHAN, A. L.; ALBROUMI, M.A. Essential oil composition and nutrient analysis of selected medicinal plants in Sultanate of Oman. **Asian Pacific Journal of Tropical Disease**, [s.l.], v. 3, n. 6, p. 421-425, 2013.
- INFANTES ORTEGA, B. E. "Estudio etnobotánico de 31 especies en la comunidad de Cohechan, Amazonas, y revisión de efectos biológicos y/o fisicoquímicos en la literatura científica que sugieren alternativas de uso." 2021. 81 p. Trabajo de Suficiencia Profesional. (Licenciatura em Biologia) - Universidad Peruana Cayetano Heredia, Peru, 2021.
- INSTITUTO NATURAL DE METEOROLOGIA. **Mapa de estações**. Disponível em: <https://bdmep.inmet.gov.br/>. Acesso 15 dez. 2023.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION OF THE FLAVOR INDUSTRY. Analysis, I. W. G. o. M. o. "Guidelines for the quantitative gas chromatography of volatile flavouring substances, from the Working Group on Methods of Analysis of the." **Flavour and Fragrance Journal**, [s.l.], v. 26, n. 5, p. 297-299, 2011.
- IVASHKIN, V. T.; KUDRYAVTSEVA, A. V.; KRASNOV, G. S.; POLUEKTOV, Y. M. "Efficacy and safety of a food supplement with standardized menthol, limonene, and gingerol content in patients with irritable bowel syndrome: A double-blind, randomized, placebo-controlled trial." **PLOS ONE**, [s.l.], v. 17, n. 6, p. e0263880, 2022.
- JIA, S. S.; XI, G. P.; ZHANG, M.; CHEN, Y. B.; LEI, B.; DONG, X. S.; YANG, Y. M. "Induction of apoptosis by D-limonene is mediated by inactivation of Akt in LS174T human colon cancer cells." **Oncol Rep**, [s.l.], v. 29, n.1, p. 349-354, 2013

KHALID, K. A. "Effect of NP and foliar spray on growth and chemical compositions of some medicinal Apiaceae plants grow in arid regions in Egypt." **Journal of soil science and plant nutrition**, [s.l.], v. 12, n. 3, p. 581-596, 2012.

KOEDUKA, T.; FRIDMAN, E.; GANG, D. R.; VASSÃO, D. G.; JACKSON, B. L. C.; KISH, M.; ORLOVA, I.; SPASSOVA, S. M.; LEWIS, N. G.; NOEL, J. P. "Eugenol and isoeugenol, characteristic aromatic constituents of spices, are biosynthesized via reduction of a coniferyl alcohol ester." **Proceedings of the National Academy of Sciences**, [s.l.], v. 103, n. 26, p. 10128-10133, 2006.

KOLICHESKI, M. B. **Síntese do mirceno a partir da isomerização térmica do B-pineno**. 2006. 121 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Processos Térmicos e Químicos) Universidade Federal do Paraná, 2006.

LU, X-G. *et al.* "Inhibition of growth and metastasis of human gastric cancer implanted in nude mice by d-limonene." **World Journal of Gastroenterology**, [s.l.], v. 10, n. 14, p. 2140, 2004.

MAGOLBO, L. A.; DO CARMO, E. L.; GARCIA, E. L.; FERNANDES, A. M.; LEONEL, M. "Dry matter accumulation and mineral nutrition of arracacha in response to nitrogen fertilization." **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, [s.l.], v. 50, n. 8, p. 669-680, 2015.

NATIONAL INSTITUTE OF STANDARDS AND TECHNOLOGY. **PC version 2.0 of the NIST/EPA/NIH Mass Spectral Library**. Gaithersburg: NIST, 2008.

NAVEDA YSLA, D. N.; SÁNCHEZ FERNÁNDEZ L. R. "**Actividad Antiinflamatoria del gel a base del Extracto Hidroalcohólico de las Hojas de Arracacia xanthorrhiza (Arracacha) por inducción experimental en Ratas Albinas (Holtzman)**." 2022. 66 p. Tesis (Químico Farmacêutico) – Universidad María Auxiliadora, Lima, Peru, 2022.

NURZYNSKA-WIERDAK, R. "Does mineral fertilization modify essential oil content and chemical composition in medicinal plants?" **Acta Scientiarum Polonorum. Hortorum Cultus**, [s.l.], v. 12, n. 5, 2013.

ÖZYAZICI, G. "Influence of organic and inorganic fertilizers on coriander (*Coriandrum sativum* L.) agronomic traits, essential oil and components under semi-arid climate." **Agronomy**, [s.l.], v. 11, n. 7, p. 1427, 2021.

PANT, P.; PANDEY, S.; DALL'ACQUA, S. "The influence of environmental conditions on secondary metabolites in medicinal plants: A literature review." **Chemistry & Biodiversity**, [s.l.], v. 18, n. 11, p. e2100345, 2021.

PEDROSA, Z. V. "Atividade do *Coriandrum sativum* L. sobre cepas de *Escherichia coli* produtoras de β -lactamases de espectro estendido." 2014. 101 p. Tese (Doutorado em Produtos Naturais Sintéticos e Bioativos) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, PB, 2014.

PEREIRA, C. V.; SILVA J. M.; RODRIGUES, L.. "Unveil the Anticancer Potential of Limomene Based Therapeutic Deep Eutectic Solvents." **Scientific Reports**, [s.l.], v. 9, n. 1, p. 14926, 2019.

PINCIGHER, L.; VALENTI, F. "Myrcene: A Natural Compound Showing Anticancer Activity in HeLa Cells." **Molecules** [s.l.], v. 28, n. 18, p. 6728, 2023.

QUIJANO-CELIS, C. E.; D. PIEDRAHITA; PINO, J. A. "Essential Oil of *Arracacia xanthorrhiza* Bancr. Leaves from Colombia." **Journal of Essential Oil Bearing Plants**, [s.l.], v. 19, n. 5, p. 1296-1299, 2016.

QUINCHO TAMBRAICO, E. R.; ORÉ VÁSQUEZ, F. V. "Effect of arracacha (*Arracacia xanthorrhiza* B.) in an experimental model of ovarian polycystosis." **Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica**, [s.l.], v. 32, n. 2, p. 399-400, 2015.

REIS, A.; NASCIMENTO, W. M. "New apiaceous hosts of *Sclerotinia sclerotiorum* in the Cerrado region of Brazil." **Horticultura Brasileira**, [s.l.], v. 29, n. 1, p. 122-124, 2011.

RIBEIRO, C. V. C.; KAPLAN M. A. C. "Tendências evolutivas de famílias produtoras de cumarinas em Angiospermae." *Química Nova*, [s.l.], v. 25, p. 533-538, 2002.

SHARAFZADEH, S.; ALIZADEH, O.. "German and Roman chamomile." **Journal of Applied Pharmaceutical Science**, [s.l.], p. 01-05, 2011.

RODRIGUES, T. L. M.; CASTRO, G. L. S.; VIANA, R. G.; GURGEL, E. S. C.; SILVA, S. G.; DE OLIVEIRA, M. S.; ANDRADE, E. H. D. A. "Physiological performance and chemical compositions of the *Eryngium foetidum* L.(Apiaceae) essential oil cultivated with different fertilizer sources." **Natural Product Research**, [s.l.], v. 35, n. 23, p. 5544-5548, 2021.

SANTOS, F. F. **Mandioquinha-Salsa: Manejo Cultural**. [s.l.]: Embrapa-SPI/Embrapa-CNPH, 1998. 79 p; il.

SCORTEGAGNA, M. L.; DE OLIVEIRA, V. R.; PASINI, I.; SILVA, M.; RIOS, A. D.; DONEDA, D. "Low phenylalanine breads as an alternative for patients with phenylketonuria." **British Food Journal**, [s.l.], v. 122, n. 1, p. 26-35, 2019.

SIMAS, D. L.; DE AMORIM, S. H. B. M.; DE OLIVEIRA, J. M.; ALVIANO, D. S.; DA SILVA, A. J. R. "Caracterização dos óleos essenciais de frutas cítricas." **Citrus Research & Technology**, [s.l.], v. 36, n. 1, p. 15-26, 2017.

SURENDRAN, S.; QASSADI, F.; SURENDRAN, G.; LILLEY, D.; HEINRICH, M.. "Myrcene—what are the potential health benefits of this flavouring and aroma agent?" **Frontiers in Nutrition**, [s.d.], v. 8, p. 699666, 2021.

VASCONCELOS SANTOS, M.D. *et al.* Rendimento e composição química do óleo essencial da semente de coentro (*coriandrum sativum* l.) cultivado em Murupu-Rr. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE QUÍMICA, 57., Gramado. **Anais** [...]. Gramado, RS, 2017.

VILLAMIL CARVAJAL, J. E.; GARNICA MONTAÑA, J. P.; PINZÓN SANDOVAL, E. H.; ALMANZA MERCHÁN, P. J.; ATENCIO SOLANO, L. M. "Macronutrient omission influences morphological parameters, growth, and yield in *Arracacia xanthorrhiza* Bancroft." **Heliyon**, [s.l.], v. 9, n. 2, 2023.

YE, Z.; LIANG, Z.; MI, Q.; GUO, Y. "Limonene terpenoid obstructs human bladder cancer cell (T24 cell line) growth by inducing cellular apoptosis, caspase activation, G2/M phase cell cycle arrest and stops cancer metastasis." **J. Buon./Off. J. Balk. Union. Oncol**, [s.l.], v. 25, p. 280-285, 2020.

YU, X.; LIN, H.; WANG, Y.; LV, W.; ZHANG, S.; QIAN, Y.; DENG, X.; FENG, N.; YU, H.; QIAN, B. "d-limonene exhibits antitumor activity by inducing autophagy and apoptosis in lung cancer." **Onco Targets Ther**, [s.l.], v. 11, p. 1833-1847, 2018.