

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**ASPECTOS AGRONÔMICOS E PRODUÇÃO DE ÓLEO ESSENCIAL
DE *Pelargonium graveolens* CULTIVADO EM SISTEMA
AGROFLORESTAL**

VITÓRIA CRISTIANE DE SOUSA SANTOS

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM AGRONOMIA

BRASÍLIA/DF

JUNHO DE 2024



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**ASPECTOS AGRONÔMICOS E PRODUÇÃO DE ÓLEO ESSENCIAL
DE *Pelargonium graveolens* CULTIVADO EM SISTEMA
AGROFLORESTAL**

VITÓRIA CRISTIANE DE SOUSA SANTOS

ORIENTADORA: ANA MARIA RESENDE JUNQUEIRA

COORIENTADORA: PAULA MELO MARTINS

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM AGRONOMIA

PUBLICAÇÃO: NÚMERO DA DISSERTAÇÃO _____ 2024

BRASÍLIA/DF

JUNHO/ 2024



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

VITÓRIA CRISTIANE DE SOUSA SANTOS

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA AO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
AGRONOMIA, COMO PARTE DOS REQUISITOS
NECESSÁRIOS À OBTENÇÃO DO GRAU DE
MESTRE EM AGRONOMIA.**

Aprovada por:

**Prof.^a Dr.^a Ana Maria Resende Junqueira, Universidade de Brasília/
(Orientadora)**

**Prof. Dr. Jean Kleber de Abreu Mattos, Universidade de Brasília
(Examinador Interno)**

**Prof.^a Dr.^a Juliana Martins de Mesquita Matos, Faculdade CNA
(Examinadora Externa)**

Brasília-DF, 05 de junho de 2024.

**Ficha catalográfica elaborada automaticamente,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).**

da de Sousa Santos, Vitória Cristiane
Aspectos agronômicos e produção de óleo essencial de
Pelargonium graveolens cultivado em sistema agroflorestal. /
Vitória Cristiane de Sousa Santos; orientador Ana Maria
Resende Junqueira; co-orientador Paula Melo Martins. --
Brasília, 2024.
125 p.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) -- Universidade de
Brasília, 2024.

1. Plantas medicinais e aromáticas. 2. Sistemas
Agroflorestais. 3. Óleos essenciais. 4. (*Pelargonium
graveolens*). 5. Cromatografia gasosa (CG/MS). I. Resende
Junqueira, Ana Maria , orient. II. Melo Martins, Paula ,
co-orient. III. Título.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

DE SOUSA SANTOS, Vitória Cristiane. **Aspectos agronômicos e produção de óleo essencial de *Pelargonium graveolens* cultivado em sistema agroflorestal.** Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2024, xxxp. Dissertação de Mestrado

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DA AUTORA: Vitória Cristiane de Sousa Santos

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Aspectos agronômicos e produção de óleo essencial de *Pelargonium graveolens* cultivado em sistema agroflorestal.

GRAU: Mestre ANO: 2024

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado para única e exclusivamente propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva para si os outros direitos autorais, de publicação. Nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor. Citações são estimuladas, desde que citada à fonte.

VITÓRIA CRISTIANE DE SOUSA SANTOS

E-mail: agroflorestartamentacional@gmail.com

Agradecimentos

Sou grata a Deus e a força superior divina que me guiaram e orientaram, permitindo que eu me mantivesse firme ao longo de toda a trajetória acadêmica.

À minha mãe, Nelmira de Sousa Santos, que, mesmo sem concluir seus estudos, me transmitiu conhecimentos que nenhuma instituição acadêmica poderia oferecer. Seu suporte foi fundamental para que eu me tornasse a primeira de nossa linhagem a avançar para chegarmos até aqui.

Agradeço à Profa. Ana Maria Resende Junqueira, minha orientadora, tutora, supervisora, por ter me dado a oportunidade de desenvolvimento desta e de outras pesquisas ao longo de minha trajetória acadêmica, com dedicação e carinho, apontando caminhos e orientando como superar os desafios enfrentados na condução dos trabalhos, garantindo as condições para a conclusão com êxito das atividades planejadas.

Agradeço à Profa. Paula Melo Martins, minha coorientadora, pela orientação e apoio inestimáveis. Sua colaboração não apenas viabilizou uma parceria com a Farmácia, ampliando significativamente o alcance desta pesquisa, como fortaleceu a capacidade da universidade em promover a construção do conhecimento e a formação profissional de forma interdisciplinar.

À Nathalia Muguet, por abrir as portas do Sítio Semente para a realização desta pesquisa e por compartilhar conhecimentos valiosos sobre o cultivo orgânico e agroflorestal de plantas medicinais.

Ao Prof. Maurício Rossato e orientandos, por todo suporte e viabilização das análises fitopatológicas em um momento crucial desta pesquisa.

Aos amigos que me apoiaram de forma direta ou indireta ao longo da realização desta pesquisa, em especial para Juliane Pereira e João Gonçalves, cuja contribuição na coleta de dados foi realmente inestimável.

À Universidade de Brasília (UnB), ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia (PPGA), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), por disponibilizarem os recursos e ambientes necessários para a condução deste estudo.

“Onde você só vê mato

A raizeira vê cura

Onde tudo parece capim

O raizeiro procura

A erva certa, na lua certa

A raiz macerada, fervura, cozimento

Produção carregada de sentimento

Intenção de ajudar

Salvação da comunidade

Medicina sem venenos

A serviço da verdade

Assim são eles e elas

Raizeiras e raizeiros

Seres cheios de luz

Curadores verdadeiros”

(Ivan Anjo Diniz)

SUMÁRIO

1. RESUMO GERAL.....	10
2. ABSTRACT.....	11
3. INTRODUÇÃO GERAL	13
3.1. Problemática e relevância	15
3.2. Hipóteses.....	16
3.3. Objetivo geral.....	16
3.4. Objetivos específicos	16
3.5. Estrutura do trabalho	16
4. REFERENCIAL TEÓRICO	18
4.1. Agricultura Orgânica e Agroecologia.....	18
4.1.1. Sistemas Agroflorestais Sucessionais	20
4.2. Plantas Medicinais.....	25
4.2.1. Importância Econômica e Social	27
4.2.2. Cultivo orgânico e matéria-prima de qualidade	31
4.3. Metabólitos Secundários	33
4.3.1. Óleos Essenciais	35
4.3.2. Método de extração de OE - <i>Clevenger</i>	38
4.3.3. Cromatografia Gasosa	39
4.4. Caracterização da cultura.....	41
4.4.1. Características botânicas do <i>Pelargonium graveolens</i>	41
4.4.2. Aspectos agronômicos da cultura.....	43
4.4.3. Aspectos fitoquímicos e farmacológicos da cultura.....	44
4.4.4. Potencial econômico da cultura.....	46
5. MATERIAL E MÉTODOS	50
5.1. Área de estudos	50
5.2. Análises agronômicas	53

3.3. Análises químicas.....	56
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	58
7. AVALIAÇÃO DE CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS EM <i>Pelargonium graveolens</i> CULTIVADO EM SISTEMA AGROFLORESTAL SUCESSIONAL NO DISTRITO FEDERAL.....	13
RESUMO.....	14
ABSTRACT.....	15
7.1. INTRODUÇÃO	16
7.2. MATERIAL E MÉTODOS	19
7.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
7.4. CONSIDERAÇÕES FINAS	30
7.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	31
8. AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO ÓLEO ESSENCIAL DE <i>Pelargonium graveolens</i> CULTIVADO EM SISTEMA AGROFLORESTAL NO DISTRITO FEDERAL.....	34
RESUMO.....	73
ABSTRACT.....	74
8.1. INTRODUÇÃO	75
8.2. MATERIAL E MÉTODOS	77
8.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	82
8.4. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	89
8.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	90
9. DOENÇA BACTERIANA EM <i>Pelargonium graveolens</i> CULTIVADO EM SISTEMA AGROFLORESTAL NO DISTRITO FEDERAL	94
RESUMO.....	115
ABSTRACT.....	116
9.1. INTRODUÇÃO	117
9.2. MATERIAL E MÉTODOS	119

9.2.1. Inoculação de bactéria via Pulverização.....	120
9.2.2. Inoculação de bactéria via Penetração no caule	120
9.2.3. Inoculação de bactéria via Infiltração celular.....	121
9.2.4. Inoculação de bactéria via Mergulho de tesoura no inóculo	121
9.2.5. Confirmação de fitopatogenicidade da bactéria	121
9.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	122
9.4. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	127
10. CONCLUSÃO GERAL.....	128
11. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	129

1. RESUMO GERAL

A pesquisa apresenta estudos relacionados ao cultivo agroflorestal, à qualidade do óleo essencial e na busca da identificação da doença bacteriana em *Pelargonium graveolens*, espécie conhecida como gerânio, uma planta medicinal aromática originária da África do Sul. O estudo traz o referencial teórico, onde são levantadas informações sobre o estado da arte da pesquisa, abordando temas como agricultura orgânica, aspectos econômicos e sociais, óleos essenciais e a caracterização botânica, fitoquímica e farmacológica do *Pelargonium graveolens*. Além disso, compreende a avaliação do desenvolvimento de características agronômicas do gerânio, como altura da planta, diâmetro da copa, número de folhas, massa fresca e seca, em sistema agroflorestal. Os resultados indicaram que a primeira colheita apresentou melhores índices para a maioria das características avaliadas, em comparação com a segunda colheita. O cultivo de gerânio no Distrito Federal em sistema agroflorestal mostrou-se favorável pelas condições edafoclimáticas. Quanto a qualidade do óleo essencial de gerânio agroflorestal este foi avaliada, com base na presença e concentração de compostos majoritários, como citronelóides e linalol em comparação com a norma ISO 4731. Na primeira colheita, os principais compostos foram geraniol, linalol e citronelol. Na segunda colheita, houve diminuição do geraniol, mas aumento do citronelol e linalol. Referente a identificação de fitopatógeno em gerânio o estudo buscou identificar o microrganismo que atacou severamente o *Pelargonium graveolens* cultivado no Distrito Federal, apesar dos métodos de inoculação não terem reproduzido os sintomas observados em campo, foi possível observar que as características apresentadas pela bactéria inoculada reproduziram características de uma bactéria fitopatogênica através do teste de hipersensibilidade em tabaco e tomate, demonstrando grande potencial para estudos aprofundados para a comprovação entre inóculo e ataque severo apresentado em campo.

Palavras-chave: Plantas medicinais e aromáticas, sistemas agroflorestais, óleos essenciais *Pelargonium graveolens*, cromatografia gasosa (CG/MS).

2. ABSTRACT

The research presents studies related to agroforestry cultivation, the quality of essential oil and the search for the identification of bacterial disease in *Pelargonium graveolens*, a species known as geranium, an aromatic medicinal plant originating in South Africa. The study brings the theoretical framework, where information was collected on the state of the art of research, covering topics such as organic agriculture, economic and social aspects, essential oils and the botanical, phytochemical and pharmacological characterization of *Pelargonium graveolens*. Furthermore, it comprises the evaluation of the development of agronomic characteristics of geranium, such as plant height, crown diameter, number of leaves, fresh and dry mass, in an agroforestry system. The results indicated that the first harvest presented better indexes for most of the characteristics evaluated, compared to the second harvest. The cultivation of geranium in the Federal District in an agroforestry system proved to be favorable due to the soil and climate conditions. The quality of agroforestry geranium essential oil was evaluated based on the presence and concentration of major compounds, such as citronelloids and linalool in comparison with the ISO 4731 standard. In the first harvest, the main compounds were geraniol, linalool and citronellol. In the second harvest, there was a decrease in geraniol, but an increase in citronellol and linalool. Regarding the identification of phytopathogens in geranium, the study sought to identify the microorganism that severely attacked *Pelargonium graveolens* cultivated in the Federal District, although the inoculation methods did not reproduce the symptoms observed in the field, it was possible to observe that the characteristics presented by the inoculated bacteria reproduced characteristics of a phytopathogenic bacterium through the hypersensitivity test on tobacco and tomatoes, demonstrating great potential for in-depth studies to prove the difference between inoculum and severe attack presented in the field.

KEYWORDS: Medicinal and aromatic plants, Agroforestry systems, *Pelargonium graveolens* essential oils, Gas chromatography (GC/MS).

3. INTRODUÇÃO GERAL

Plantas medicinais aromáticas são aquelas que produzem óleos essenciais (OEs) empregados em diferentes segmentos industriais tais como, farmacêutico, agrônômico, alimentícia, cosmética e perfumaria. O *Pelargonium graveolens* L. pertence à família *Geraniaceae*. É um arbusto medicinal e aromático, considerado importante devido sua riqueza em terpenoides, compostos terapêuticos constituintes nos óleos essenciais. O OE de gerânio é comercializado com alto valor e está entre os 20 principais OEs do mundo, extraído das partes aéreas, através de hidrodestilação ou arraste a vapor (MAZEED et al., 2022); (VERMA et al., 2013). A composição do óleo essencial do *P. graveolens* determina sua qualidade e é comumente verificada de acordo com a relação de citroneolides (geraniol/citronelol), compostos esses que lhe conferem o aroma adocicado de rosas, os quais consequentemente determina seu valor (FEKRI et al., 2021).

O Brasil ocupa lugar de destaque na produção e comercialização de alguns OEs, situando-se entre os cinco maiores do mundo, com uma exportação de aproximadamente 36 mil toneladas, principalmente do OE de laranja, o qual ocupa o ranking do maior produtor e exportador mundial (BIZZO; REZENDE, 2022). Quanto ao mercado de OE de gerânio, os líderes globais de exportação são a Índia, França e China, e os principais importadores são a Índia, EUA e a Indonésia (VOLZA, 2022). O Brasil participou do cenário de exportação de forma praticamente inexpressiva. No entanto, para importação contribuiu com uma demanda de pelo menos 38 toneladas de OE de gerânio (BIESKI et al., 2022).

A região do Centro-Oeste apresenta condições de solo e clima favoráveis ao cultivo de diferentes espécies de plantas que produzem óleos essenciais, como o *Pelargonium graveolens*, característica resultante de suas diversas hibridizações (GELALETI et al., 2019). Esta espécie se apresenta como uma excelente alternativa de renda para a agricultura familiar, pois é uma espécie com a possibilidade de extração de OE de alto valor. Além disso, possui a vantagem de fácil manejo e permite até quatro colheitas por ano, podendo ser consorciadas com outras culturas aromáticas e alimentos (ELISA et al., 2014). Além disso, ao longo de sua cadeia de produção pode envolver muitas pessoas, gerando emprego e renda (IFEAT, 2017).

Considerando os grandes desafios das crises ambientais da atualidade, um dos caminhos viáveis para enfrentamento é através da agricultura familiar, visto que representam uma parcela importante (80%) dos estabelecimentos rurais no Brasil (GLIESSMAN, 2020; IBGE, 2017). A

forma de produção praticada pelos agricultores familiares, geralmente é mais sustentável, através de manejos e cultivos que conciliam a produção de alimentos com o uso racional dos recursos naturais de forma alinhada com aspectos da produção orgânica e agroecológica, contribuindo para as esferas econômicas e socioambientais (WEBER; NUNES DA SILVA, 2021; MACIEL; TROIAN, 2022).

Nesse viés, o cultivo em sistemas agroflorestais, onde as plantas aromáticas e medicinais podem ser inseridas, torna-se um alicerce importante para esses agricultores, pois viabilizam maior renda, autonomia aos agroecossistemas, reduz os impactos ecológicos, promove a agrobiodiversidade, e ainda fornecem plantas com qualidade e segurança com maior valor agregado (DIEDRICH; BIONDO; MURADAS BULHÕES, 2021; FREDERICO; MORAL, 2022).

Embora experimentos tenham verificado vantagens econômicas e ambientais de sistemas agroflorestais, (por exemplo, BARAZETTI et al., 2022; FREDERICO; MORAL, 2022; TELES ARANTES FELIPE et al., 2023), até o presente momento, nenhuma pesquisa descreveu o perfil fitoquímico e o rendimento do óleo essencial de *Pelargonium graveolens* cultivado em Sistema Agroflorestal. A otimização e melhorias na sua produção são necessárias, devido a importância desta planta para o mercado, com o aumento da demanda dos consumidores por produtos naturais refletindo na elevação do preço do óleo essencial.

Assim, é preciso melhor compreensão sobre o manejo agrícola do *P. graveolens* e principalmente sobre como inseri-lo aos sistemas agroflorestais para obter matérias-primas de boa qualidade, com maior valor agregado, e promover serviços ecossistêmicos almejados. Ou seja, uma forma de produção de OEs agroflorestais orgânicos, com a preservação e regeneração ambiental, para fortalecer a sua cadeia produtiva.

Assim, o presente estudo tem por objetivo analisar características agrônômicas, o rendimento e a qualidade do óleo essencial do gerânio, e ainda ser utilizada como base para novas pesquisas nas áreas farmacêutica e agrícola, entre outras possibilidades.

3.1. Problemática e relevância

O Brasil, um grande detentor da biodiversidade, possui diversas espécies de plantas com potencial medicinal. A utilização dessas espécies que dispõem de substâncias naturais desde muito tempo esteve presente e exerce ainda hoje papel fundamental para o desenvolvimento de fármacos, cosméticos, fragrâncias, aromas, agricultura natural e outras grandes possibilidades. Entretanto, o país ainda não usufrui de sua riqueza biológica da melhor maneira e eficácia (BOLZANI, 2016).

A atividade agrícola convencional, uma das principais atividades econômicas do país, tem devastado os biomas brasileiros de forma desenfreada para cultivo de monoculturas para exportação. Dentre os prejuízos ambientais (degradação dos solos, emissão de gases de efeito estufa, mudanças climáticas, perda no fluxo de águas), tem-se também a perda da biodiversidade (SALMONA et al., 2023).

Ao integrar a importância econômica das plantas medicinais ao cultivo em sistemas agroflorestais biodiversos, tem-se impacto direto nas principais atividades econômicas do país. Pois esses sistemas proporcionam melhoria nos atributos de solo, recuperação e manutenção da fertilidade e se tornam como instrumentos estratégicos e auspiciosos no processo de uso e conservação sustentável da diversidade biológica. Associando-se, ainda a isso, a melhoria da qualidade de vida dos agricultores familiares (BARAZETTI et al., 2022; BOLZANI, 2016; DA SILVA et al., 2022; REBELLO, 2021).

Nesse sentido, este estudo vai ao encontro da necessidade de manejar a riqueza biológica brasileira com responsabilidade e sabedoria, visando a ampliação da pesquisa para amparar a agricultura e o desenvolvimento com o uso sustentável dos recursos naturais.

3.2. Hipóteses

- O gerânio produzido em sistema agroflorestal possui produtividade igual ou superior ao gerânio cultivado em sistema convencional.
- O óleo essencial do gerânio cultivado em sistema agroflorestal apresenta qualidade quanto aos fitocomplexos representativos para a cultura.

3.3. Objetivo geral

Analisar as características agronômicas, a qualidade do Óleo Essencial (OE) da planta medicinal *Pelargonium graveolens* cultivado em Sistema Agroflorestal Sucessional.

3.4. Objetivos específicos

- Avaliar biomassa (massa fresca e matéria seca);
- Avaliar altura; diâmetro da copa e número de folhas; e
- Avaliar a qualidade do Óleo Essencial.

3.5. Estrutura do trabalho

Inicialmente, o trabalho apresenta a introdução geral, onde será discorrida uma breve contextualização dos assuntos envolvidos, bem como a formulação da problemática e relevância da pesquisa, os objetivos gerais e os objetivos específicos. Posteriormente é apresentado o referencial teórico, onde são levantadas informações sobre o estado da arte da pesquisa, abordando temas como agricultura orgânica, sistemas agroflorestais, plantas medicinais e seus aspectos econômicos e sociais, óleos essenciais e suas formas de extrações, e a caracterização botânica, fitoquímica, farmacológica e econômica do *Pelargonium graveolens*. Logo após, a terceira parte traz a descrição da metodologia utilizada para a formação e realização desta pesquisa. Em seguida, a partir da quinta parte, são abordados os resultados encontrados na pesquisa, dividida em três capítulos completos com discussão,

considerações finais, bem como as limitações e sugestões para pesquisas futuras, respectivas a cada capítulo. Por fim, são apresentadas a conclusão geral e as referências utilizadas nesta pesquisa.

4. REFERENCIAL TEÓRICO

4.1. Agricultura Orgânica e Agroecologia

A agricultura orgânica surgiu no Brasil na década de 70 como alternativa frente a produção agropecuária convencional, com estratégias para um futuro sustentável, através de práticas ecológicas nos sistemas produtivos (BRANDENBURG, 2002). Instituída no país pela Lei nº 10.831, de dezembro de 2003 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA, e regulamentada pelo decreto nº 6.323/2007 (BRASIL, 2007).

Considera-se um sistema orgânico, todo aquele em que não se utiliza insumos sintéticos, agrotóxicos, organismos geneticamente modificados, fertilizantes de rápida disponibilização; pautam à integridade cultural das comunidades rurais, visando a maximização dos benefícios sociais, a diminuição da dependência de insumos externos e não renováveis; baseiam-se em práticas ecológicas em todas as fases dos processos, e inclusive aquelas que são praticadas na Agroecologia (SOARES, *et al.* 2020).

Dentre os movimentos alternativos que surgiram, a agroecologia aflora como um caminho mais abrangente, e como ciência humana, disponibilizando bases científicas para apoiar a transição da agricultura convencional em direção ao desenvolvimento rural ancorado, não somente em práticas sustentáveis e substituição de insumos convencionais por bioinsumos, mas também como visão sistêmica e integral dos sistemas agroalimentares, abrangendo mudanças transformadoras em todas as dimensões de forma interdisciplinar e transdisciplinar desse setor, englobando os componentes sociais, ambientais, culturais e econômicos (CAPORAL, 2009; GLIESSMAN, 2020; KOCHHAN DE FRAGA *et al.*, 2022; LAIS; BATISTA; STOFFEL, 2022).

A Política Nacional de Agroecologia e Produção Orgânica (PNAPO), é um instrumento fundamental para dar suporte na trajetória de produção agrária alternativa, a qual objetiva:

(...) integrar, articular e adequar políticas, programas e ações indutoras da transição agroecológica e da produção orgânica e de base agroecológica, contribuindo para o desenvolvimento sustentável e a qualidade de vida da população, por meio do uso sustentável dos recursos naturais e da oferta e consumo de alimentos saudáveis (BRASIL, 2012).

Quando se parte de uma abordagem agroecológica, os sistemas agroflorestais (SAFs) são uma das formas de se cultivar a terra para a produção de alimentos. Estes atualmente contam inclusive com incentivo de linhas de créditos ligadas ao setor produtivo, como o Plano Setorial para Adaptação às Mudanças do Clima e Baixa Emissão de Carbono na Agropecuária com vistas ao Desenvolvimento Sustentável (Plano ABC+). Estes sistemas possuem múltiplas funções, visto que contribuem para um sistema dinâmico e biodiverso, com o manejo responsável dos recursos naturais e favoráveis às cadeias alimentares e produtivas, tanto para o meio urbano, como para povos e comunidades tradicionais, e agricultores familiares. Assim disponibiliza-se alimentos diversos em abundância, através da regeneração dos solos, promoção de impactos positivos às mudanças climáticas, e contribuindo para o alcance de várias metas da Agenda 2030 e seus Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) (TELES ARANTES FELIPE et al., 2023).

Um dos grandes desafios ambientais na atualidade se refere às mudanças climáticas, ao aquecimento global e aos prejuízos como o aumento de eventos climáticos extremos, derretimento das geleiras, secas prolongadas, chuvas torrenciais e invernos atípicos. Estes eventos alteram, ainda, o regime das chuvas, e conseqüentemente, dos recursos hídricos; desertificam os solos em algumas regiões; alteram os ecossistemas; provocam a perda da biodiversidade e a produção de alimentos, ou seja, interferem nos recursos fundamentais para a existência da humanidade e qualidade de vida (ALPINO et al., 2022; ANDERSON et al., 2023). Além do mais, esses fatores afetam principalmente a população que se encontra em vulnerabilidade socioeconômica, o que agrava ainda mais a situação dessa população (FAO, 2022).

As atividades econômicas ligadas ao setor agrícola convencional têm contribuído para esses desequilíbrios ambientais. Os impactos decorrentes da expansão agropecuária convencional têm se mostrado como uma das principais emissoras de gases de efeito estufa no país (46%). Sem mudanças de hábitos e culturas, as previsões para um cenário futuro no Cerrado, berço das águas, é de piora. Estima-se uma perda média de 33,9% no fluxo das águas até o ano de 2050. Destes a maior parte (23,4%) seriam causados por expansão do uso e cobertura da terra, principalmente a agricultura, e 12,8% devido às mudanças climáticas (SALMONA et al., 2023).

A necessidade de reconstruir novas formas de cultivo da terra e repensar as práticas desenvolvidas no setor agrícola, tem se mostrado imprescindíveis para atingir as expectativas

de reverter essas situações críticas, promover atividades agropecuárias sustentáveis e que gerem alimentação saudável e nutritiva, para que supram as carências da insegurança alimentar (KOCHHAN DE FRAGA et al., 2022).

Essas transformações têm sido discutidas e incentivadas na agenda de desenvolvimento sustentável. A Agenda 2030 trata sobre os objetivos do desenvolvimento sustentável (ODS). Dentre seus objetivos estão

[...] garantir sistemas sustentáveis de produção de alimentos e implementar práticas agrícolas resilientes, que aumentem a produtividade e a produção, que ajudem a manter os ecossistemas, que fortaleçam a capacidade de adaptação às mudanças climáticas, às condições meteorológicas extremas, secas, inundações e outros desastres, e que melhorem progressivamente a qualidade da terra e do solo (ONU, 2022).

Diante dos desafios expostos, as estratégias para responder às mudanças climáticas e promover a transformação dos sistemas agroalimentares são urgentes e necessárias para mitigar as crises socioambientais, econômicas e políticas. Ainda, garantir uma produtividade direcionada para a sustentabilidade, com práticas de cultivo que tenham impacto positivo na redução das emissões de gases de efeito estufa (GEEs); favorecer práticas que contribuam para a fixação de carbono; proporcionar a regeneração dos ecossistemas; ampliar a adoção de tecnologias agrícolas e linhas de créditos de carbono; promover relações que envolvam a parte ambiental, social e governamental, para que se tenha o compromisso com a sustentabilidade e o futuro do meio ambiente (ALPINO et al., 2022; PEREIRA; FRANCESCHINI; PRIORE, 2020).

4.1.1. Sistemas Agroflorestais Sucessionais

Os sistemas agroflorestais (SAFs) podem ser definidos como consórcios de espécies arbóreas (madeireiras e/ou frutíferas) com espécies herbáceas (culturas agrícolas ou pastagem), e tem sido desenvolvido no Brasil de diferentes formas. De maneira geral, pode-se dizer que os SAFs se dividem em duas principais linhas: uma linha convencional com poucas espécies, comumente utilizados em grandes propriedades, financiados, geralmente pelos que cultivam *commodities*. E a linha dos SAFs agroecológicos, dentre eles o conhecido como SAF sucessional, ou ainda Agricultura Sintrópica, que são desenvolvidos com alta biodiversidade,

organizados no espaço e no tempo, considerando uma sucessão vegetal natural das espécies, o qual foi sistematizado pelo pesquisador Ernst Götsch (MILLER, 2009).

Outra forma de distinguir as duas linhas de SAFs é quanto a metodologia de extensão, pois os **SAFs convencionais** parte de um modelo criado e transferido ao agricultor, sem levar em consideração as particularidades intrínsecas do local, os conhecimentos dos atores participantes, e os benefícios ecológicos e sociais, ou seja, baseiam-se apenas em não mais cultivar em sistema de monocultura, inserindo duas ou mais espécies vegetais com a inserção ou não de animais. A metodologia do **SAFs agroecológicos** é construída de forma participativa, levando em conta os saberes dos agricultores, estes geralmente são construídos de forma coletiva através de trocas de experiências práticas e vivências com outros agricultores, visando uma solução de problemas intrínsecos, resultando no fortalecimento social e econômico. Além de realizar o plantio em harmonia com o ecossistema pré-existente, consorciando espécies-chave para que cada planta se desenvolva bem e contribua para o seu papel fundamental de acordo com o planejamento realizado (FREDERICO; MORAL, 2022).

Para Götsch (1995),

“(…) os sistemas agroflorestais, conduzidos sob o fundamento agroecológico, transcendem qualquer modelo pronto e sugerem sustentabilidade por partir de conceitos básicos fundamentais, aproveitando os conhecimentos locais e desenhando sistemas adaptados para o potencial natural do lugar”.

No que tange ao Sistema Agroflorestal Sucessional, este foi sistematizado no Brasil, na década de 80, pelo agricultor e pesquisador Ernst Götsch natural da Suíça, quando chegou ao país e iniciou a construção de sua trajetória com diversos experimentos em SAFs, cultivando ervas, grãos e árvores de forma consorciada, em sua fazenda de 480 hectares profundamente degradada na Bahia, no município de Pirai do Norte. Através dos consórcios biodiversos, o que foi posteriormente denominado de Agricultura Sintrópica, Ernst recuperou cerca de 14 nascentes na propriedade, e atualmente a propriedade se encontra totalmente regenerada com florestas superprodutivas (GREGIO, 2020).

Desde então, vem aperfeiçoando, criando e sistematizando técnicas e princípios que integram a produção de alimentos à dinâmica de regeneração natural dos ecossistemas através da inclusão de plantas, geralmente, não utilizadas e consideradas como obstáculos (invasoras),

em grandes aliadas, espécies rústicas fornecedoras de matéria orgânica (ANDRADE; PASINI, 2014).

Essa forma de uso da terra gera uma produção baseada na sustentabilidade, aumenta a biodiversidade, melhora de forma natural a fertilidade e a estrutura dos solos, criando condições favoráveis para que as plantas se desenvolvam melhor, e conseqüentemente recuperem áreas degradadas ao mesmo tempo em que se produz toneladas de alimentos saudáveis, se restabelecem essas áreas, contribuindo inclusive para um ambiente mais agradável para o produtor rural trabalhar. Daí a importância de um sistema como esse nas práticas agrícolas (REBELLO, 2021).

De acordo com a Agenda Götsch, site oficial da Agricultura Sintrópica de Ernst Götsch, esta é definida como,

“(…) um conjunto teórico e prático de modelo de agricultura, no qual os processos naturais são traduzidos para as práticas agrícolas tanto em sua forma, quanto em sua função e dinâmica. Assim podemos falar em regeneração pelo uso, uma vez que o estabelecimento de áreas agrícolas altamente produtivas, e que tendem à independência de insumos e irrigação, tem como consequência a oferta de serviços ecossistêmicos, com especial destaque para a formação de solo, a regulação do microclima e o favorecimento do ciclo da água. Ou seja, o plantio agrícola é concomitantemente à regeneração de ecossistemas”.

A agricultura orgânica ou convencional geralmente trabalha considerando apenas duas dimensões: comprimento e largura, ou seja, um espaço bidimensional para os cultivos. Já na agricultura sintrópica, Ernst percebeu que para um bom funcionamento e otimização dos espaços dos sistemas agrícolas, seria necessário trabalhar com quatro dimensões: largura, comprimento, altura (estrato ou andar) e tempo, para poder gerar um sistema autodinâmico, superprodutivo, que gere recursos para propiciar saldo energeticamente positivo em quantidade e qualidade, na área de implementação e ainda de forma mais abrangente, ao macroorganismo Terra (REBELLO, 2021).

De acordo com Götsch (1997) e Rebello (2021), as dimensões que norteiam os SAFs sucessionais são propostas para serem trabalhadas considerando algumas estratégias e/ou princípios, os quais são:

- Fotossíntese – Quanto mais fotossíntese, mais acelera o crescimento como um todo, e mais vigoroso será o sistema. A maximização da fotossíntese por meio do plantio

adensado e em estratos permite tornar o sistema verde escuro e mais frio. Aplicando-se esse princípio com assertividade, é possível construir belas e produtivas agroflorestas.

- **Estratificação e Sucessão** – De forma bem simples, estratificação se refere ao “espaço”, e sucessão ao “tempo”. O estrato de uma planta é o andar que sua copa ocupa em seu ecossistema de origem, quando o ecossistema atinge a fase sucessional a que ela pertence. A estratificação acontece desde o início da agrofloresta, quando se utiliza plantas de ciclos curtos, como as hortaliças e/ou ervas medicinais. As plantas utilizadas nesse período são consideradas como placenta do sistema, ou seja, protegem e criam o embrião (floresta do futuro). A sucessão de cada espécie está relacionada com o ciclo de vida/produção. Compreendendo esses dois princípios é possível plantar agrofloresta em qualquer região/clima.
- **Cobertura do solo** – É um princípio fundamental para a proteção dos solos contra a exposição solar, os impactos da chuva e a incidência dos ventos. Pode-se realizar essa prática através da cobertura por material vivo (cultivo de plantas) ou por material morto (palha, podas e restos culturais), e trazem uma série de benefícios aos sistemas como: aumento da capacidade de retenção de água no solo; diminuição da necessidade de capina, pois muitas das sementes precisam de luz para germinar; fornecimento de alimento para os microrganismos do solo, e com isso ativa a parte biológica; e a melhora da estrutura do solo, a partir do processo de agregação realizado pelos microrganismos. Quando a cobertura é realizada com o cultivo de plantas (material vivo), obtém-se o efeito de sinergia entre as raízes devido a liberação de exsudatos.
- **Capina Seletiva** – Para otimizar e facilitar o processo de sucessão ecológica, o primeiro passo, na implantação, é, em geral, a capina seletiva. A capina seletiva difere da capina convencional para limpeza da área, pois elimina somente as plantas que já cumpriram seu papel na sucessão e precisam dar lugar a outras, e não todas as plantas da área. Caso a implantação seja realizada em uma área em estágio bem inicial de sucessão, como, por exemplo, uma área coberta por braquiária ou outras gramíneas, a capina seletiva pode ter um elevado custo. Nestes casos, pode ser preferível iniciar com o plantio direto de leguminosas, ou concentrar a implantação agroflorestal em núcleos menores.

- Podas e concentração de energia – As espécies consorciadas, em estágio de maturidade, são rejuvenescidas pela poda, e através da rebrota as plantas se estimulam e crescem mais aceleradas. Algumas espécies que já cumpriram sua função de melhoria do solo e foram substituídas por outras plantas do consócio sucessor são cortadas. No entanto, todas as plantas do sistema podem ser podadas, para se estimularem e controlarem, individualmente, o acesso à luz e ao espaço. Através dessa estratégia, permite-se a entrada de luz, conseqüentemente possibilita que as plantas brotem; aumenta-se a produção de matéria orgânica que será incorporada ao solo; possibilita-se moldar a altura e forma das copas das árvores para estimular a frutificação, aumentar o tamanho dos frutos, retirar galhos improdutivos, manter o consócio corretamente estratificado.

Nos SAFs, o intuito não é artificializar as condições do sistema produtivo com uso de insumos agroquímicos e fertilizantes de rápida disponibilização para o estabelecimento das espécies de interesse, mas sim de potencializar os processos naturais para a otimização da produção, tanto das espécies de interesse quanto da biodiversidade como um todo. Como resultado, os produtores ficam menos dependentes de insumos externos, o que também reflete na diminuição das despesas (MICCOLIS ET AL. 2019; OLLINAHO e KROGER, 2021).

A diversificação da produção nos SAFs sucessionais é outro aspecto importante a ser considerado e mencionado para a autonomia dos agricultores, pois através da inserção de espécies de árvores e plantas diferentes, com ciclo de vida distintos, melhora a produtividade, diversifica as colheitas, diminui as instabilidades produtivas, proporciona maior rendimento devido ao uso mais eficiente dos recursos bióticos e abióticos, aumenta a resiliência dos sistemas de produção e a capacidade de reagir às mudanças climáticas (ARTAXO, 2020; S.ANTORO et al., 2020).

Dentre as espécies que podem compor a diversidade dos SAFs estão as plantas medicinais como forma de complementar esses sistemas, aliando a produção de alimentos e simultaneamente cultivar plantas aromáticas, produtoras de óleos essenciais com propriedades farmacêuticas, incrementando a diversidade de produtos a serem comercializados, ou seja, um cultivo que gera renda, produção de alimentos, conservação da biodiversidade, e uma gama de serviços ecossistêmicos (BARAZETTI et al., 2022; LEGESSE; NEGASH, 2021; VERMA; KUMAR; SARESH, 2021).

Além disso, o cultivo de plantas medicinais em sistemas biodiversos, possibilita a obtenção de produtos de excelente qualidade e segurança, conservando ao máximo os princípios

ativos, sem a aplicação de agrotóxicos, resultando em plantas saudáveis e ricas em compostos químicos terapêuticos (AZEVEDO, 2002).

4.2. Plantas Medicinais

Plantas medicinais são aquelas que possuem moléculas bioativas com potencial terapêutico de alto valor. Dentre as mais importantes, estão os óleos essenciais e os diferentes efeitos como, expectorante, bactericida, fungicida, analgésico, vermífugo, antioxidante, entre outros. Exemplos de compostos com potencial medicinal são: Timol no Tomilho, Pineno no Alecrim, Geraniol no Gerânio, além de diversos outros compostos presentes nos óleos essenciais nas mais diversas ervas e temperos.

Essas moléculas são consideradas importantes devido a esses compostos bioativos para a fabricação de medicamentos, cosméticos, perfumes, suplementos alimentares e, além disso, aplicados na agroindústria com diversas funções como repelente, inseticida e outros (DA SILVA et al., 2022).

De acordo com a RDC N° 26/2014, as plantas medicinais constituem-se em,

(...) espécies vegetais dotadas de potencial para serem utilizadas com finalidades terapêuticas, devido a suas propriedades; enquanto os medicamentos fitoterápicos são produtos com fins profiláticos, curativos ou paliativos, advindos de matérias-primas ativas vegetais, sem a utilização de substâncias isoladas, podendo ser simples ou composto, a depender da quantidade de espécies vegetais das quais são provenientes (BRASIL, 2014).

Essas espécies medicinais e aromáticas têm sido manejadas e cultivadas desde os primórdios da existência humana e da prática da agricultura para alimentação e medicina devido ao seu valor nutricional e terapêutico, assim como na busca de matéria prima para vestimentas e ferramentas, ou seja, extraindo esses recursos naturais como fonte de sobrevivência (AWOTEDU *et al.*, 2020; OLIVEIRA, 2017).

No Brasil, um dos primeiros registros sobre o uso de espécies vegetais com propriedades medicinais foi feita por Gabriel Soares de Souza, autor do Tratado Descritivo do Brasil, de 1587. A obra descreve sobre a flora medicinal utilizada pelos povos originários e a nomeou de “as árvores e ervas da virtude”. Os primeiros europeus que chegaram ao Brasil se encantaram

com a grande riqueza de plantas medicinais em uso pelos indígenas e perceberam a importância dessas espécies utilizadas como medicamento (ARGENTA et al., 2001; LORENZI; MATOS, 2002; VEIGA, 2002).

Desde então, as populações do mundo têm utilizado essas espécies para alívio de dores, cura de doenças, controle de pragas, até as mais sofisticadas inovações com tecnologias industriais, sendo manipuladas nas agroindústrias, indústrias farmacêuticas, e outras aplicações utilizadas pelo homem contemporâneo (VEIGA, 2002).

Embora a medicina moderna já se apresente bem desenvolvida, atualmente a população tem demonstrado maior interesse no uso de plantas medicinais, em detrimento de medicamentos sintéticos, devido ao potencial de compostos naturais e que muitas vezes não provocam efeitos colaterais, além de serem obtidas a menor custo. Outro fator que tem despertado a atenção para essas espécies é a preocupação com a biodiversidade e com o desenvolvimento sustentável. Através do incentivo para o cultivo de plantas medicinais, contribui-se para a diversidade de recursos genéticos, além de possibilitar a preservação de espécies que possam estar ameaçadas de extinção (AL-MIJALLI et al., 2022; LORENZI; MATOS, 2002).

Estratégias para promover a conscientização a respeito da importância do cultivo de plantas medicinais e extrativismo com responsabilidade devem estar associadas aos incentivos de uso racional de moléculas bioativas, pois ao utilizar de forma indiscriminada pode trazer desafios para a conservação dessas espécies, provocando o risco de extinção no local (DA SILVA et al., 2019).

No Brasil, existe marco legal que regulamenta e incentiva o uso de plantas medicinais. O marco regulatório se deu pelo Programa Nacional de Plantas Medicinais e Fitoterápicos (2006), um importante instrumento para o setor, juntamente com a Política Nacional de Plantas Medicinais e Fitoterápicos, aprovada por meio do Decreto nº 5.813 de 2006, que estabelece diretrizes e objetivos prioritários para o desenvolvimento de ações. Visa à garantia do acesso seguro e uso racional dessas espécies e fitoterápicos, preconizando o resgate da prática de povos tradicionais aliados à comprovação científica dessas potencialidades no país (BRASIL, 2016).

Outro passo importante no país com vistas a valorizar e promover maior utilização de plantas medicinais foi a criação da Farmácia Viva no âmbito do Sistema Único de Saúde (SUS), instituída através da Política Nacional de Práticas Integrativas e Complementares (PNPIC), pela Portaria nº 886 de 2010. A Farmácia Viva é o primeiro programa de assistência social

farmacêutica baseado em comprovações científicas de plantas medicinais. Além disso, envolvem o cultivo, coleta, processamento, armazenamento, manipulação e dispensação de preparações de plantas medicinais e fitoterápicos. Dessa forma, garantem o acesso a medicamentos fitoterápicos produzidos a partir de plantas medicinais, de forma mais natural possível, visando a promoção da saúde com qualidade (BRASIL, 2010). Vale ressaltar que os medicamentos fitoterápicos possuem valores agregados mais acessíveis quando comparados aos convencionais, o que garante maior acessibilidade ao público (BRANDÃO et al., 2006).

Esses amparos legais desenvolvidos no Brasil e a tendência de aumento do mercado nesse setor são importantes aspectos para se incentivar o cultivo de plantas medicinais e aromáticas no país, tendo em vista que estas espécies são fontes ricas de compostos bioativos com propriedades terapêuticas importantes para saúde e para economia brasileira com mercado em ascensão (AWOTEDU *et al.*, 2020; BIESKI et al., 2022).

Outro nicho importante a mencionar é que as plantas medicinais aromáticas podem contribuir com benefícios ao meio ambiente em relação a poluição por metais pesados. Essa forma de contaminação tem sido relatada como uma grave preocupação tanto ambiental como agrícola. A fitoremediação com planta medicinal de solos contaminados com metais pesados tem sido estudada, e através do cultivo do *Pelargonium hortum* verificou-se excelente desempenho na absorção do Chumbo (ARSHAD et al., 2020). Além disso, dentre as plantas aromáticas mais promissoras para fitoremediação sustentável relatadas na literatura estão Geraniaceae, Poaceae, Lamiaceae e Asteraceae (MISHRA; CHANDRA, 2022). Ademais, o uso de produtos naturais, elaborados a partir de plantas medicinais, é considerado seguro e eficaz (JAVED AHAMAD; SUBASINI UTHIRAPATHY, 2021).

4.2.1. Importância Econômica e Social

As matérias-primas vegetais medicinais e aromáticas podem ser utilizadas de diversas formas. A demanda crescente por ingredientes naturais à base dessas plantas tem se manifestado de forma expansiva mundialmente devido ao potencial desses compostos bioativos serem utilizados como precursores na síntese de produtos nos mais diversos segmentos (DA SILVA et al., 2022). Os dados do mercado global no segmento de fitoterápicos prevê a movimentação de bilhões de dólares até o ano de 2026 (Figura 1).

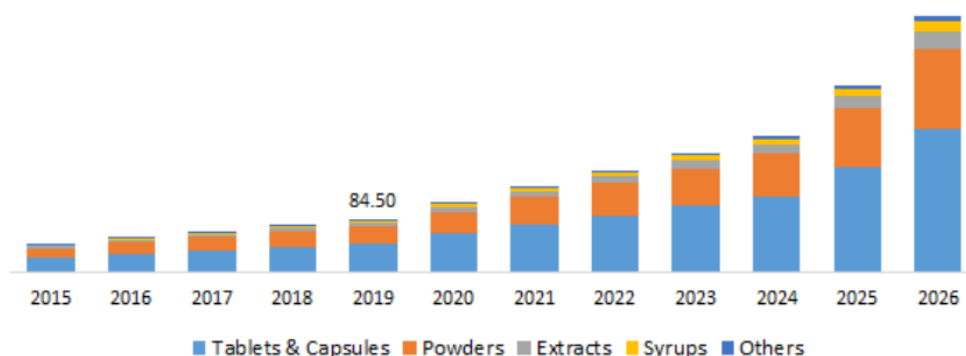


Figura 1. Estimativa do mercado global de fitoterápicos, entre os anos de 2015 e 2026 (USD bilhões).

Fonte: Polaris Pesquisa e Consultoria de Mercado, 2020.

Dados divulgados estimam que para este setor a projeção de crescimento é de US\$ 165,66 bilhões de dólares no ano de 2022 para US\$ 347,50 bilhões até o ano de 2029, com taxa de crescimento anual composto (CAGR) de 11,2% para o período analisado (FORTUNE BUSINESS INSIGHTS, 2022).

Além de servirem como matérias-primas valiosas para síntese de produtos industriais, as plantas medicinais podem ser vendidas *in natura*, ou beneficiadas agregando alto valor. Além de aumentar o tempo de armazenamento, como no caso dos óleos essenciais.

O segmento de OE também tem se mostrado promissor, a expectativa de crescimento mundial para este setor é de US\$ 9,62 bilhões de dólares no ano de 2021, para US\$ 18,25 bilhões em 2028, apresentando taxa de crescimento anual composto (CAGR) de 9,57% (FORTUNE BUSINESS INSIGHTS, 2022). A tendência de aumento na procura por OEs tem sido impulsionada pelo aumento da procura das indústrias de alimentos e bebidas, apresentando a substituição dos aditivos sintéticos por moléculas naturais (BIZZO; REZENDE, 2022). Esse cenário pode corroborar com a avaliação da Food and Drug Administration (FDA), a qual aponta que as novas entidades moleculares (NMEs) são constituídas por mais de um terço de componentes naturais, sendo que dessas os fitocomplexos representam mais de um quarto delas (JARADAT et al., 2022).

Os países que se destacam na exportação de OE são: Índia, os Estados Unidos, França, China e o Brasil (Figura 2). O hemisfério Norte tem se mostrado mais expressivo nesse segmento.

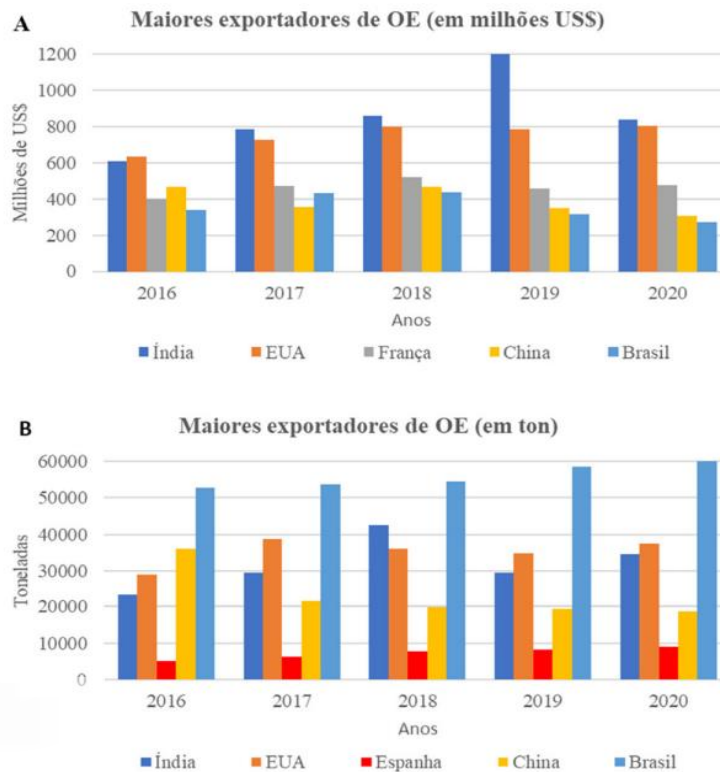


Figura 2. Maiores exportadores de OEs em milhões (A) e toneladas (B).

Fonte: Bizzo; Rezende, 2022.

O cenário do mercado de fitoterápicos para o Brasil mostra-se promissor. No entanto, ainda incipiente quando comparado ao montante de outros países. Com um giro em torno de US\$ 400 milhões em 2014, com uma taxa de crescimento anual composto (CAGR) de 12%. Enquanto o setor farmacêutico total chegou a US\$ 343,7 milhões de dólares com (CAGR de 5%). Sendo que no mesmo ano nos EUA, a arrecadação chegou a US\$ 6,441 bilhões, demonstrando a possibilidade que há de crescimento para este setor no país (CARVALHO et al., 2018).

O Paraná é o estado do Brasil que mais se destaca na produção de plantas medicinais, aromáticas e condimentares. Além disso, o estado possui uma enorme tradição na produção de fitoterápicos no país. A área destinada ao cultivo dessas espécies chega ser cerca de 6 mil hectares, propiciando uma produção anual em média de 19 mil toneladas, rendendo uma receita em torno de R\$ 88,5 milhões. São, em média, 154 municípios do estado envolvidos nessa cadeia de produção (BRASIL, 2021).

Outro segmento que estimula a possibilidade de expansão do Brasil no mercado de plantas medicinais é no setor da indústria de cosméticos. A Euromonitor International (2020) apontou que as tendências globais para as preferências dos consumidores desse segmento é de que optem por produtos com ingredientes orgânicos e naturais. Além de posicionamentos éticos e entre outros aspectos discutidos na atualidade referente ao desenvolvimento sustentável. Visto que o país ocupa o quarto maior lugar desse mercado (beleza e cuidados pessoais) do mundo, perdendo apenas para os EUA, China e Japão, solidifica a grande oportunidade de desenvolvimento do mercado interno. Ainda, vale ressaltar que na categoria de fragrâncias, outra possibilidade de aplicação das plantas aromáticas, o Brasil se destaca ainda mais, ocupando o segundo lugar, atrás apenas dos EUA (FORBES, 2020).

Partindo do cenário que corrobora para a expansão do mercado de plantas medicinais e a tendência de consumidores mais exigentes e conscientes. Optando por produtos naturais, concomitantemente à uma busca por alimentação mais saudável, a inclusão e participação dos agricultores familiares nos arranjos produtivos dessa cadeia de plantas medicinais, aromáticas e condimentares tornam-se estratégias fundamentais para atingir as expectativas das indústrias e consumidores (BRASIL, 2006). Visto que, a agricultura familiar se evidencia em um protagonismo alicerçado nos cultivos orgânicos e/ou agroecológicos (DIEDRICH; BIONDO; MURADAS BULHÕES, 2021).

A forma de cultivar a terra que os agricultores familiares desenvolvem, se apresentam como adequadas e vantajosas para o cultivo de plantas aromáticas, medicinais e condimentares. Visto que buscam uma agricultura alternativa e sustentável, com uso de técnicas de manejo e conservação da biodiversidade. Além disso, a detenção de conhecimentos tradicionais desses agricultores, experiências acumuladas e transferidas através das gerações sobre os usos dessas ervas e práticas agroecológicas auxiliam na conservação das diversidades bioculturais (DIEDRICH; BIONDO; MURADAS BULHÕES, 2021).

De acordo com o Censo Agropecuário de 2017 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), cerca de 77% dos estabelecimentos rurais no Brasil são classificados como agricultura familiar, o que equivale, em média, a 3,9 milhões de estabelecimentos. Deste total, representam uma área de 89 milhões de hectares aproximadamente, ou ainda, 23% do total da área ocupada por propriedades rurais no país. Representando uma concentração de 67% do pessoal empregado na agropecuária, os quais são responsáveis pela maior parte dos alimentos no Brasil, produzindo cerca de 70% do total no país (EBC, 2021; IBGE, 2017).

Ao envolver a agricultura familiar nessa cadeia de produção, ocorrerão impactos diretos nas principais atividades econômicas do país. Possibilitando o envolvimento deles no desenvolvimento da Política Nacional de Plantas Medicinais e Fitoterápicos – PNPMF. A qual considera uma das prioridades do governo federal incluir os agricultores na cadeia de produção dessas plantas (BRASIL, 2016).

Visto que os agricultores familiares representam a maior parte dos estabelecimentos rurais e possuem uma área para produção extensa, em conjunto, o plantio de espécies vegetais com potenciais medicinais valiosos é uma excelente opção, pois são espécies geralmente pouco exigentes, se adaptam a solos degradados, apresentam fácil manejo e permitem várias colheitas por ano. Possuem alta rentabilidade por área, fomentando uma produção até dez vezes mais lucrativa do que os grãos. Além disso, esse cultivo requer grande quantidade de mão de obra que podem ser recrutadas e capacitadas para se inserir e dedicar ao plantio dessas espécies, gerando mais empregos (MACIEL; TROIAN, 2022).

Outro aspecto importante ao estimular o uso e a inclusão de espécies de plantas aromáticas e medicinais na produção dos agricultores familiares, é quanto à contribuição na melhora da qualidade de vida das mulheres agricultoras, as principais responsáveis pelo manejo desses espaços, pois com as vendas oferecem alternativas para incrementar a renda familiar. Elas sempre estiveram presentes e exerceram papel fundamental no que concerne o conhecimento dessas espécies, pois sempre estiveram à frente nos assuntos ligados à saúde e ao bem-estar da família (XAVIER; LIMA, 2020).

Ademais, as técnicas de cultivo orgânico, geralmente, praticadas pelos agricultores familiares, são as mais adequadas para a produção de plantas medicinais e aromáticas, pois permitem a obtenção de produtos de ótima qualidade, preservando, ao máximo, seus princípios ativos e aromáticos, sem utilização de agrotóxicos.

4.2.2. Cultivo orgânico e matéria-prima de qualidade

Na agricultura convencional, os cultivos são preconizados através da intensa aplicação de agrotóxicos e fertilizantes de rápida disponibilização, desde a década de 1960 (BRASIL, 2016).

De acordo com um estudo que é mencionado por D'isep, (2022), o Brasil está entre os maiores consumidores de agrotóxicos no mundo, responsável pelo consumo de pelo menos 20% de todo o agrotóxico comercializado globalmente. Anualmente o país consome mais de 300 mil toneladas de agrotóxicos (EMBRAPA, 2021). D'isep (2022) aborda sobre pesquisas feitas quanto aos malefícios que essas substâncias tóxicas geram como, a intoxicação de bebês e crianças, a correlação com suicídios, mortes por intoxicação, e outros grandes prejuízos.

Essa forma de produção é baseada no uso intensivo dos solos, visando o aumento de produção sem levar em conta os prejuízos decorrentes dessas práticas, como a degradação do meio ambiente e a contaminação generalizada da natureza, da população, da água e dos alimentos (ABRASCO, 2015).

Quando se trabalha com plantas aromáticas e medicinais, o valor comercial da colheita pode ser relativo ao potencial de cura da espécie que vem de suas substâncias químicas que constitui seus princípios ativos. Ou seja, é importante ter conhecimento sobre seus óleos essenciais e manejos adequados para a espécie foco, para que o cultivo, a colheita e a pós-colheita dessas espécies sejam conduzidas de maneira mais apropriada, garantindo a qualidade do produto com teores, rendimentos e características desejáveis dos óleos essenciais. A intenção neste caso, é para que se obtenha plantas saudáveis, com qualidade e segurança para a saúde.

Pesquisas tem sido desenvolvida a fim de se obter mais conhecimento sobre o cultivo dessas espécies e a produção orgânica tem se mostrado como alternativa promissora. Ali; Hassan; Elgimabi (2018) observaram que a aplicação de biofertilizante a base de extrato de folhas de moringa, apresentou aumentos significativos no crescimento, produção de biomassa e no teor de óleo essencial no gerânio.

Barazetti et al. (2022), observaram que o cultivo das espécies *M. laevigata*, *V. curassavica* e *F. chica* consorciados com *Hevea brasiliensis* e *Theobroma cacao* produzi, sob o cultivo em sistema agroflorestal e adubação orgânica, produziram mais biomassa seca e teor de óleo essencial. Resultados excelentes como exemplos de alternativas ecologicamente corretas para a produção orgânica dessas espécies.

É importante mencionar que o Brasil apresenta grande potencial para fornecimento de plantas medicinais, e conseqüentemente, matérias-primas para o mercado de fitoterápicos e indústria farmacêutica, pois abriga a maior biodiversidade do planeta. No entanto, o país fica prejudicado na oferta desses produtos, pois muitas vezes os produtores cultivam essas espécies

em monoculturas e/ou não se atentam aos padrões aceitáveis de qualidade, segurança e eficácia do setor, não cumprindo as boas práticas na produção de matéria-prima, forçando o país a importar a maioria da matéria prima utilizada (CARVALHO et al., 2018).

Ressalta-se a importância para que as plantas medicinais e aromáticas sejam produzidas de forma orgânica para preservar seus teores terapêuticos sem o perigo de possuírem resíduos de agrotóxicos. E assim, possibilitar a mitigação de um dos maiores entraves apontados pelo setor da fitoterapia, que é a falta de qualidade das plantas medicinais, o que dificulta a concorrência do país no mercado mundial (HASENCLEVER, 2017).

O Decreto nº 5.813, de 2006, que aprovou a Política Nacional de Plantas Medicinais e Fitoterápicos, estabeleceu algumas diretrizes importantes a serem observadas nesse setor como, o incentivo da inclusão da agricultura familiar nessa cadeia produtiva, e o estímulo do uso e o desenvolvimento de sistema de produção orgânica para essas espécies (BRASIL, 2006).

Nesse sentido, enfatiza-se o grande potencial dos agricultores familiares se desenvolverem bem nesse setor. Visto que cerca de 75% dos agricultores registrados no Cadastro Nacional de Produtores Orgânicos (CNPO) são agricultores familiares, que vislumbram a agroecologia e a produção orgânica como uma alternativa viável de agregar valor aos produtos e, ao mesmo tempo, possibilitar uma produção mais segura tanto para o agricultor quanto para o meio ambiente como um todo (FAO, 2017). E além do mais, ao fortalecer a agricultura familiar e os sistemas de produção alicerçado na agroecologia, estes também trazem elementos centrais para a construção da autonomia e emancipação da mulher rural, as principais protagonistas no resgate da cultura local de plantas aromáticas e medicinais. (AZEVEDO et al., 2006; MOURA et al., 2006; TEIXEIRA et al., 2006).

4.3. Metabólitos Secundários

As plantas através da fotossíntese sintetizam inúmeras substâncias bioativas. Essa aptidão extraordinária se dá devido a capacidade de realizarem dois tipos de metabolismo, o primário e o secundário (VERMA; KUMAR; SARESH, 2021b).

No metabolismo primário, consome-se a maior parte da energia produzida pelas plantas para gerar substâncias com funções estruturais, ou seja, vitais para seu desenvolvimento e

existência como, aminoácidos, proteínas, lipídeos, ácidos graxos, clorofila e outros (TAIZ e ZEIGER, 2009).

No metabolismo secundário (Figura 3), a partir dos metabólitos primários e pela influência de vários fatores bióticos e abióticos, as plantas elaboram compostos químicos como flavonoides para proteção solar, ceras e mucilagens para proteção contra dessecação; látex para proteção contra-ataques de animais; compostos voláteis para repelir ou atrair insetos e outras, com potencial de aplicações diversas (TAIZ e ZEIGER, 2009).

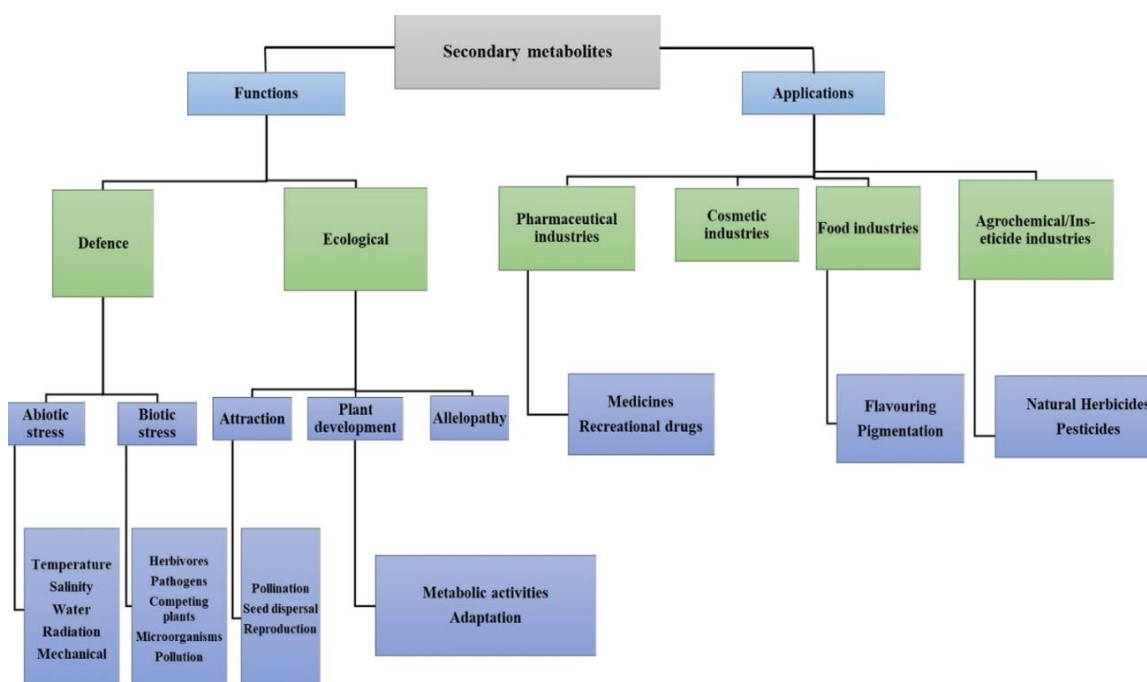


Figura 3. Metabólitos secundários.

Fonte: Verma; Kumar; Suresh (2021).

Os componentes derivados do metabolismo secundário são conhecidos como princípios ativos, os quais são elaborados numa escala bem menor do que o metabolismo primário e podem dar origem a substâncias que são peculiares para diferentes espécies de plantas e não são necessários para todas elas. De forma geral, esses compostos são produzidos para atender necessidades intrínsecas, ou seja, as plantas alteram sua química corporal para evitar danos e manipular o comportamento de insetos e/ou outras plantas (TAIZ e ZEIGER, 2009; VERMA; KUMAR; SARESH, 2021).

Os metabólitos secundários, de forma geral, podem ser separados em três grupos químicos distintos: em terpenos, compostos fenólicos e compostos nitrogenados. No que tange os terpenos, estes constituem a maior classe de produtos originados no metabolismo secundários das plantas. Suas funções variam, e podem estar ligados a: crescimento (giberelinas), hormônio vegetal derivado de triterpenos; esteróis que compõem as membranas celulares; carotenoides que pigmentam frutos; álcoois; compostos aromáticos voláteis e outras (TAIZ e ZEIGER, 2009).

Dentre as diferentes substâncias originadas dos terpenos, os óleos essenciais ou compostos aromáticos voláteis são de particular interesse e tem sido alvo de pesquisas devido aos seus diversos benefícios para saúde, usos como matérias-primas em várias indústrias e a possibilidade de aplicação como tecnologias sustentáveis (AL-MIJALLI et al., 2022; BEN ELHADJ ALI et al., 2020; CHO et al., 2016; JAVED AHAMAD; SUBASINI UTHIRAPATHY, 2021; MACHALOVA et al., 2015).

Ressalta-se que a Federal Drug Administration (FDA), categorizou os óleos essenciais como, componentes não tóxicos, e geralmente reconhecidos como seguros – GRAS, ou seja, um produto natural com potencial medicinal e seguro.

4.3.1. Óleos Essenciais

Os óleos essenciais (OEs), apesar de serem chamados de óleos, não são constituídos de glicerídeos. São substâncias líquidas hidrofóbicas e voláteis, extraídos de determinadas plantas, através de diferentes métodos. Eles são uma mistura rica de monoterpenos e sesquiterpenos voláteis, os quais conferem aromas característicos (MISHRA et al., 2020; TAIZ e ZEIGER, 2009).

A *International Organization for Standardization* (ISO) – norma 9235 definiu os OES como, “(...) produtos obtidos de matérias-primas naturais de origem vegetal, por destilação a vapor, por processos mecânicos a partir do epicarpo de frutos cítricos, ou por destilação a seco, após a separação da fase aquosa – se houver – por processos físicos”. Essa definição é amplamente aceita tanto em esfera nacional como internacional pelas indústrias, comunidades científicas e regulatórias desse segmento (BIZZO; REZENDE, 2022).

Esses compostos voláteis são constituídos de inúmeras substâncias, que podem variar de dezenas a centenas de compostos diferentes e com diferentes concentrações, mas de forma geral, os OEs possuem um perfil químico e compostos predominantes que definirão o seu uso e aplicação. Essa composição é altamente dependente de alguns fatores e dentre os principais (Figura 4) tem-se a sazonalidade, ritmo circadiano; fase fisiológica da planta; temperatura; disponibilidade hídrica; radiação ultravioleta; nutrientes; altitude; poluição atmosférica; indução por estímulos mecânicos ou ataque de patógenos (GOBBO-NETO; LOPES, 2007; LIMA; CARDOSO, 2007).

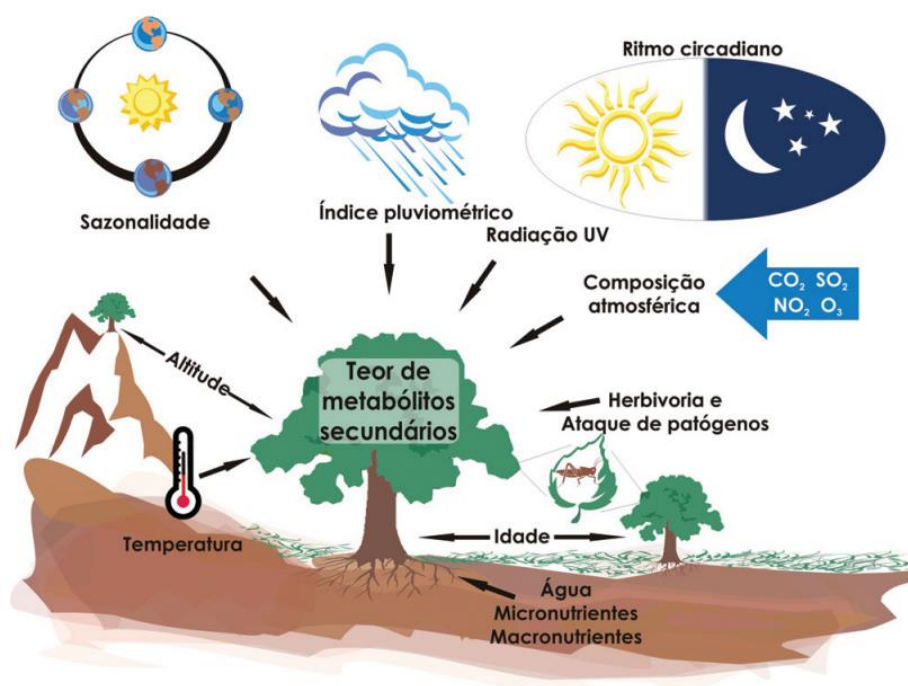


Figura 4. Principais fatores que podem influenciar na composição dos óleos essenciais.

Fonte: Gobbo; Lopes (2007).

Amostras de plantas colhidas em diferentes períodos do dia, épocas do ano e regiões geográficas, mostram uma variação na composição do óleo de gerânio (ALI; HASSAN; ELGIMABI, 2018; AL-MIJALLI et al., 2022; COELHO, 2022; MAZEED et al., 2022; PANDEY; PATRA, 2015).

A sintetização de OEs pode-se dar em diferentes partes das plantas como, flores, folhas, cascas, sementes, rizomas, frutos, raízes e são armazenados em estruturas secretoras

específicas, denominadas como tricomas glandulares (BIASI; DESCHAMPS, 2009). Sua extração dá-se de diferentes formas, as ditas como principais são: destilação por arraste à vapor, hidrodestilação, extração por solventes, por prensagem a frio e por fluido crítico (NAKATSU et al., 2000; AKTHAR et al., 2014). Em escala comercial o método mais utilizado nas indústrias do mundo todo é o da destilação por arraste a vapor (VAN DE BRAAK; LEIJTEN, 1999). Já para escala laboratorial, o método de destilação mais empregado é o por hidrodestilação através do sistema *Clevenger* (SANTOS, 2004).

Importante mencionar que a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) não possui norma nacional vigente para óleos essenciais. Na década de 70, foram estabelecidas algumas normas referentes à determinação do teor do OE; índice de peróxido; solubilidade; acidez; massa e densidade específica; amostragem e entre outras. No entanto, entre os anos de 2010 e 2011, todas foram canceladas. Em outros países existem normas vigentes para os OEs, que a depender da necessidade os produtores do Brasil podem se embasar para possibilitar o escoamento desses produtos (BIZZO; REZENDE, 2022).

Ressalta-se que, mesmo que não exista uma lei específica para os OE no Brasil, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA possui um escopo muito amplo e que regula todos os produtos que possam interferir com a saúde humana e traz várias definições e classes onde se pode regulamentar os OEs para ser exposto a venda no país (Figura 5). Considerando que os OEs possuem um amplo espectro de atividade e aplicações, a depender da classificação, forma e finalidade que o OE for comercializado, estes seguirão as normas da Lei de Produtos – L. 6.360/1976 a qual dispõe sobre a vigilância sanitária os “(...) Medicamentos, as Drogas, os Insumos Farmacêuticos e Correlatos, Cosméticos, Saneantes e Outros Produtos, e dá outras Providências” (BRASIL, 1976).

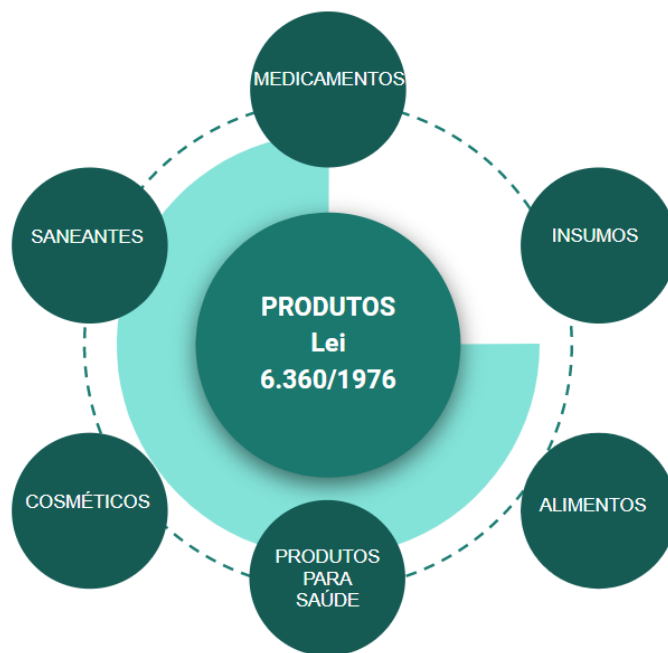


Figura 5. Possíveis produtos com óleos essenciais que seguem a normatização da ANVISA.

Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

Nesse sentido, caso o OE for indicado com finalidade terapêutica, ele deverá ser regulamentado como medicamento; se for utilizado em cosméticos e perfumes, a regulamentação será como cosméticos; se o OE for utilizado em desinfetante, este será regulamentado pela legislação de saneantes; se é um insumo/matéria-prima, estes serão submetidos a regulamentação de insumos; se o objetivo for utilizar o OE em alimentos, estes seguirão a regulamentação de alimentos (BRASIL, 1976).

4.3.2. Método de extração de OE - *Clevenger*

De início, a biomassa selecionada e higienizada é inserida no balão volumétrico com água destilada. A técnica (Figura 6) consiste em quando a mistura de água e biomassa entra em ebulição e rompem os vacúolos que contém os OEs, os vapores de água e os voláteis são conduzidos em direção ao condensador, onde é realizada a troca de calor, condensando os vapores aromáticos, fazendo com que tanto o óleo quanto a água retornem para o estado líquido (SANTOS, 2004).

Na última etapa, podem ser visualizadas duas fases no tubo separador do extrator, o óleo essencial permanece sobrenadante e água (hidrolato) devido a sua menor densidade se aloja no fundo do tubo separador com resquícios de moléculas de OE. A destilação atingirá o tempo determinado de extração mais indicado para cada espécie, geralmente, entre 2 a 5 horas. Afere-se o volume de OE extraído diretamente na escala volumétrica do tubo separador, e então realiza a coleta em frasco âmbar. O armazenamento deve-se ser feito em lugar fresco e sem a incidência direta de luz para preservar os componentes químicos (SANTOS, 2004).

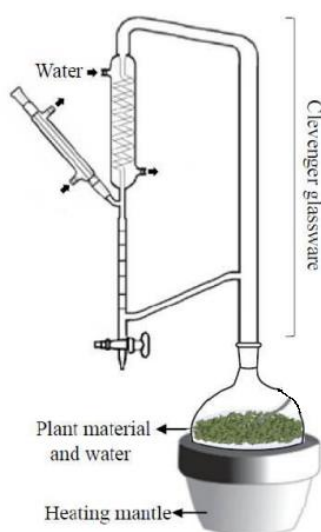


Figura 6. Aparelho tipo *Clevenger* acoplado ao balão com manta de aquecimento.

Fonte: Núcleo de Pesquisa de Plantas Medicinais, 2011.

Após a extração do óleo, é necessário verificar o seu grau de pureza, visto que é este o parâmetro que determinará o valor do óleo essencial e verificar possíveis adulterações. O método mais comum é a cromatografia gasosa, que tem o objetivo de identificar e quantificar os compostos presentes no óleo, resultando no perfil químico do óleo.

4.3.3. Cromatografia Gasosa

A Cromatografia Gasosa é um método de separação, identificação e quantificação de substâncias voláteis presentes no óleo essencial, que partir de um gás, conhecido como gás de arraste, os compostos serão “arrastados” e separados em compostos individuais dentro da

coluna do equipamento, com espectrômetro de massa acoplado, as moléculas serão mensuradas a partir da sua massa (SADGROVE et al., 2022; SANTOS, 2004).

No entanto, para a identificação correta dos componentes a análise cromatográfica acoplado ao espectro de massas para a comparação com a base de dados não é suficiente para a confirmação correta dos componentes presentes nos óleos essenciais, pois alguns componentes possuem a mesma massa e/ou são isômeros entre si, fator que pode acarretar a identificação incorreta dos compostos químicos (ERVATTI GAMA et al., 2017).

Existem padrões comerciais autênticos para a identificação de diversos compostos, mas não para todos os compostos existentes, e quando disponíveis esses padrões possuem valores elevados, restringindo o acesso a tais padrões (ERVATTI GAMA et al., 2017).

A fim de mitigar esses possíveis problemas e possibilitar a geração de dados satisfatórios na comparação de dados laboratoriais, nos anos 50, o professor Ervin Kováts desenvolveu os índices de retenção, que são calculados pela normalização dos tempos de retenção dos constituintes dos óleos essenciais em relação a uma série homóloga de n-alcenos (ERVATTI GAMA et al., 2017).

A normalização de Kováts, ou os índices de Kováts (IK ou apenas I), são calculados em uma escala logarítmica (equação 1). Uma limitação do método é que a temperatura do processo de separação, ou seja, da cromatografia, deve ser constante.

Os índices de Kováts são calculados em uma escala logarítmica (equação 1) (ERVATTI GAMA et al., 2017).

$$I_T^A = \frac{\log(t_r X) - \log(t_r N)}{\log(t_r N_{+1}) - \log(t_r N)} + 100.n$$

Onde:

I: índice de Kováts na temperatura T e fase estacionária A

$t_r X$: tempo de retenção do componente X

$t_r N$: tempo de retenção do alcano N com t_r anterior ao componente X

$t_r N_{+1}$: tempo de retenção do alcano N com t_r posterior ao componente X

n: número de átomos de carbono do alcano N

A temperatura do processo cromatográfico é uma variável importante no ajuste da separação dos componentes dos óleos essenciais, e para ser usada em condições de temperatura variável Van den Dool e Kratz (1963) propuseram uma equação linear para os ajustes necessários, e o resultado é chamado de índice de retenção linear - IRL, calculado conforme a equação 2, a seguir.

$$IRL = \frac{t_r X - t_r N}{t_r N_{+1} - t_r N} + 100.n$$

Onde:

IRL: índice de retenção linear

$t_r X$: tempo de retenção do componente X

$t_r N$: tempo de retenção do alcano N com t_r anterior ao componente X

$t_r N_{+1}$: tempo de retenção do alcano N com t_r posterior ao componente X

n: número de átomos de carbono do alcano N

A comparação de cada tempo de retenção dos componentes da amostra é realizado pico a pico, com seu respectivo intervalo de dados da série homóloga. Com os índices calculados é realizado a comparação com os dados disponíveis na biblioteca do cromatógrafo e na literatura. Os valores de similaridade são atribuídos em porcentagem, de acordo com o perfil de fragmentação.

4.4. Caracterização da cultura

4.4.1. Características botânicas do *Pelargonium graveolens*

O gerânio (*Pelargonium graveolens* L. – família Geraniaceae) é um arbusto herbáceo, perene, seu porte pode atingir 1,3 m de altura e 1 m de crescimento lateral devido suas ramificações (Sharopov et al., 2014). Planta aromática, folhas largamente pecioladas, com 5 a 7 lóbulos, com bordas dentadas, pilosas com a superfície revestida de tricomas (glândulas responsáveis pelo armazenamento dos óleos essenciais), com fragrância peculiar de rosas, devido altas concentrações dos compostos citronelol e geraniol (MISRA et al., 2005). Além disso, encontra-se óleo essencial nas células do caule e flores (Saxena et al., 2000; Lis-Balchin, 2002; Rana et al., 2003).

O gênero *Pelargonium* spp. é um dos mais amplos dentro da família Geraniaceae e abrange espécies herbáceas e arbustivas, apresentando cerca de 280 espécies, as quais algumas produzem óleo essencial. Dentre as espécies odoríferas, o *P. graveolens* com aroma doce rosado tem sido alvo de pesquisas devido os princípios ativos caracterizando-se como planta medicinal.

Na literatura, encontra-se como sinonímia botânica de *P. graveolens*: *Geranospermum terebintaceum* Kuntze; *Geranio asperum* Poir.; *Geranium graveolens* (L'Hér.) Thunb.; *Geranium terebinthinaceum* Cav.; *Hoarea intermixta* Doce; *Pelargonium intermedium* R. Knuth; *Pelargonium terebinthinaceum* Pequeno (WFO). Dentre as mais importantes, destaca-se *Pelargonium graveolens* L. (Rana et al., 2003).

Nativa da África do Sul (Russomanno et al., 2013), introduzida em outras regiões, esta espécie se adapta muito bem no Brasil, e é amplamente cultivada em vários países, principalmente na Rússia, Egito, Argélia, Marrocos, Congo, Japão e alguns continentes como América Central e Europa (Boukhris et al., 2013) visando principalmente a extração de óleo essencial. No entanto, a produção existente de óleo não supre a demanda industrial (Pandey e Patra, 2015).

Esta planta aromática também é conhecida no Brasil pelos nomes populares, malva-cheirosa, malva-rosa e outros. Devido seu óleo essencial ser rico em monoterpenos como geraniol, citronelol e seus ésteres, seu uso difundiu-se em diferentes setores, além de ser muito utilizada como ornamental, tornou-se importante nas indústrias de fragrâncias e aromatizantes (BERGMAN; BHARDWAJ; PHILLIPS, 2021), agronômicas, alimentícias (AL-MIJALLI et al., 2022), farmacêutica, e cosmética (JARADAT et al., 2022).

4.4.2. Aspectos agronômicos da cultura

A planta aromática *P. graveolens*. L, nativa do Sul da África, típica de clima temperado e subtropical, e devido à alta hibridação tornou-se bem adaptada a diversas condições agroclimáticas, sendo cultivada em climas tropicais, subtropicais e temperados (CÂNDIDA, 1964; GELALETI et al., 2019). São plantas sensíveis às chuvas torrenciais e se desenvolvem melhor em solos bem drenados e aerados, quando cultivadas de forma mais expostas à luminosidade favorece o florescimento. No entanto, possuem certa tolerância a temperaturas extremas e a seca intensas (SIMON et al., 1984). Esses fatores podem ser verificados quando conduzidas em períodos com excesso de água, alta temperatura, nos quais promovem a mortalidade das plantas quando comparados aos cultivos no período de clima ameno e baixa umidade (NILOFER et al., 2018).

Os estudos de Kumar et al. (2022) corroboram com as informações acima, onde foi observado que o gerânio apresenta maior crescimento durante as estações de inverno e verão. No entanto, as plantas apresentaram sintomas iniciais de senescência durante o início das chuvas, os quais se intensificaram até as plantas morrerem.

O *P. graveolens* é uma cultura de ciclo perene, possibilitando efetuar até quatro colheitas ao ano com altos rendimentos de biomassa vegetal, favorecendo a extração do óleo volátil de alto valor (FABRI e ANEFALOS, 2021). A propagação é realizada por via vegetativa ou cultura *in vitro*, devido ao seu grau elevado de esterilidade, dificultando a obtenção de sementes viáveis (CÂNDIDA, 1964).

Atualmente, os sistemas produtivos comerciais de gerânio no Brasil e nos diferentes países compreendem basicamente o cultivo convencional com aplicação de agroquímicos em campo aberto, o convencional protegido, o sistema orgânico em campo aberto ou protegido com a aplicação de fertilizantes orgânicos e bioestimulantes (ALI; HASSAN; ELGIMABI, 2018; ARIE F BLANK et al., 2012; HASSANVAND; REZAEI NEJAD; FANOURLAKIS, 2019; MAZEED et al., 2022; PANDEY; PATRA, 2015; YADAV et al., 2019).

De acordo com o Boletim Técnico do Instituto Agrônomo de Campinas (2014), os canteiros devem ser preparados com espaçamento (0,5 m x 0,8 m). A irrigação por gotejamento ou aspersão, deve ser frequente. As principais doenças no gerânio podem ser causadas por cercosporiose provocada por fungo *Cercospora brunckii*, e quanto a artrópodes, não há relatos.

Referente aos tratos culturais, pesquisas a respeito vêm sendo desenvolvidas a fim de otimizar o cultivo e colheita da planta medicinal *P. graveolens* e suprir a demanda da produção. Dentre o cerne dessas buscas estão o aumento da produtividade, baseados no rendimento de biomassa e a produção de óleo essencial (ALI; HASSAN; ELGIMABI, 2018; HASSANVAND; REZAEI NEJAD; FANOURAKIS, 2019; PANDEY; PATRA, 2015).

A aplicação de bioestimulante vegetal fornece uma diversidade de componentes bioativos que favorecem o desenvolvimento e produtividade de plantas, o extrato de folha de Moringa propiciou de forma significativa em diversos processos de desenvolvimento do gerânio, na altura da planta, no número de ramos, área foliar, teor de clorofila e carotenoides. Além disso, proporcionou aumento de rendimento e porcentagem de metabólitos secundários, elevou o teor de componentes do óleo volátil e nutrientes nas folhas de *P. graveolens* (ALI; HASSAN; ELGIMABI, 2018).

Compreender a resiliência das plantas aromáticas sob várias condições edafoclimáticas, diferentes formas de cultivos e manejo visando a maximização de produtividade é fundamental para melhor descrever as condições técnicas a serem adotadas de forma que garanta o plantio comercial, fortaleça a cadeia produtiva e possibilite o aumento de oferta de óleo essencial de gerânio de qualidade, produzido de forma que respeite os ciclos da natureza e preserve os valores terapêuticos (COELHO, 2022).

4.4.3. Aspectos fitoquímicos e farmacológicos da cultura

As análises fitoquímicas de plantas medicinais podem oferecer alternativas efetivas e economicamente viáveis para diversas aplicações, e a popularidade do *P. graveolens*, planta aromática medicinal presente entre as 20 (vinte) principais plantas produtoras de óleos essenciais do mundo (BEN ELHADJ ALI et al., 2020) pode-se ser atribuída à sua riqueza em compostos bioativos, principal característica que desperta o interesse e revela o motivo desta planta ser cultivada amplamente pelo mundo.

Estudos anteriores, abordaram sobre a composição fitoquímica presente no óleo essencial do *P. graveolens* e relataram variação no rendimento e nos componentes voláteis presentes, bem como as possíveis propriedades biológicas e farmacológicas (AL-MIJALLI et al., 2022; BEN ELHADJ ALI et al., 2020; BLEROT et al., 2018; FAYOUMI et al., 2022;

JARADAT et al., 2022; JAVED AHAMAD; SUBASINI UTHIRAPATHY, 2021; KARDAN-YAMCHI et al., 2019; NICULAU et al., 2020; OLIVEIRA, 2021; PANDEY; PATRA, 2015; WEI et al., 2022).

As variações dos compostos químicos podem estar atreladas a vários fatores como, a localização geográfica, fatores genéticos, fenológicos, ambientais, métodos de extração, formas de armazenamento pós-colheita, e entre outras interferências (AL-MIJALLI et al., 2022). No entanto, as plantas medicinais apresentam uma classe principal de componentes de bioativos, os quais podem ser definidos como os marcadores químicos da espécie.

De acordo com Haber (2013), dentre os componentes presentes no OE de gerânio (Figura 7) os tidos como principais são citronelol (33,6%), geraniol (26,8%), linalol (10,5%), formato de citronelila (9,7%) e p-mentona (6%).

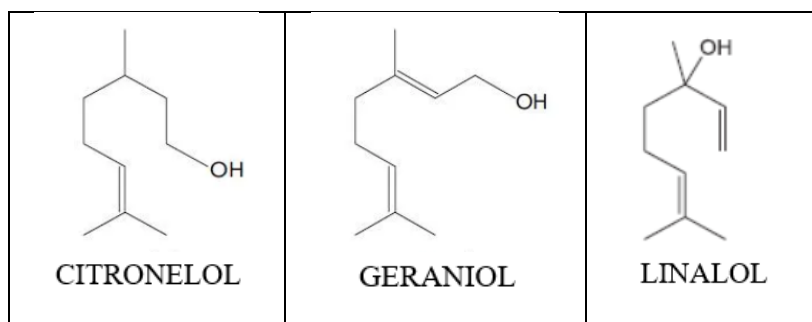


Figura 7. Compostos químicos presentes no *Pelargonium graveolens*.

Além disso, o perfil volátil de *P. graveolens* comumente relatado na literatura constituem-se nos compostos majoritários: sesquiterpenos, principalmente 10-epi- γ -eudesmol, os monoterpenos citroneloides (geraniol e citronelol), formato de citronelila, formato de geraniol e linalol, juntamente com demais produtos voláteis em menores teores (ALI; HASSAN; ELGIMABI, 2018; BEN ELHADJ ALI et al., 2020; BERGMAN et al., 2020; FAYOUMI et al., 2022; JARADAT et al., 2022). Os quais eventualmente apresentam-se em conformidade com a ISO 4731.

Ressalta-se que a International Organization for Standardization instituiu norma internacional (ISO 4731) que especifica certas características e indica a porcentagem mínima e máxima dos constituintes representativos do óleo de *Pelargonium X ssp.* proveniente de

diferentes espécies de *Pelargonium* a fim de facilitar a avaliação da sua qualidade (ISO 4731, 2006).

Nos últimos anos, pesquisas relataram que os princípios ativos constituintes nesta planta possuem ações farmacológicas de relevante interesse. Os compostos fenólicos e flavonoides extraídos de extratos por diferentes solventes, bem como os monoterpenos do óleo essencial, podem estar associados a ampla inibição da α -amilase e α -glucosidase, enzimas-chave para o controle do nível de glicose no sangue, auxiliando no tratamento de diabetes tipo 2 (BEN ELHADJ ALI et al., 2020; JAVED AHAMAD; SUBASINI UTHIRAPATHY, 2021).

Da mesma forma, propriedades biológicas presentes no óleo essencial dessa planta foram mencionadas como forte bactericida contra diversas cepas de bactérias (AL-MIJALLI et al., 2022). Essa atividade é bastante significativa pois, bactérias patogênicas têm provocado desafios na indústria farmacêutica devido a resistência gradativa desses microrganismos aos antibióticos (EL BAABOUA, AICHA et al., 2021).

A propriedade bactericida do *P. graveolens* pode estar associado aos componentes citronelol, geraniol, formato de citronelila e 10-epi- γ -eudesmol, pois óleos abundantes nesses constituintes e de seus derivados possuem amplo espectro antibacteriano (BEN ELHADJ ALI et al., 2020).

Os compostos oxigenados citronelol e geraniol são como agentes promotores fundamentais na atividade antioxidante propiciada por esta planta (WEI et al., 2022). Esta potencialidade antioxidante foi fortemente manifestada em outros estudos (AL-MIJALLI et al., 2022; FAYOUMI et al., 2022; JARADAT et al., 2022; PANDEY; PATRA, 2015; WEI et al., 2022).

Ressalta-se ainda a importância do conhecimento das propriedades desses compostos, pois o geraniol foi evidenciado em tratamento de variados tipos de câncer, englobando câncer de mama, pulmão, cólon, próstata, pâncreas e fígado devido a seu potencial sensibilizador de células tumorais aos agentes quimioterápicos, medicamentos utilizados nesses tratamentos (CHO et al., 2016).

4.4.4. Potencial econômico da cultura

O óleo essencial (OE) de *P. graveolens* possui uma grande importância devido a ampla gama de aplicabilidade de seu fitocomplexo nos segmentos de cosmetologia, perfumaria, aromaterapia, farmacológico, agrônomico, biotecnologia, indústria farmacêutica e outros (FAYOUMI et al., 2022).

Como resultado, esta espécie de gerânio é cultivada mundialmente em larga escala para a extração de óleo volátil com cheiro adocicado que remete ao aroma de rosas, configurando em um mercado robusto com cerca de 30% do comércio mundial, com potencialidade para um crescimento expressivo na indústria global, tendo a França e os Estados Unidos liderando o *ranking* dos principais importadores nesse cenário (PANDEY; PATRA, 2015; WEI et al., 2022).

O mercado mundial do OE de *P. graveolens* foi estimado no ano de 2020 em US\$73.835,10 e apresenta uma indicação de aumento para cerca de US\$136.595,10 até o ano de 2031, com evolução da Taxa de crescimento anual composta (CAGR) de 6% de 2022 a 2031 (PATIL; DESHMUKH, 2022). Essa evolução pode ser resultado de uma das maiores crises sanitárias do mundo, a pandemia COVID-19, que provocou a reflexão em muitas pessoas, proporcionando mudanças no estilo de vida, e o aumento por tratamentos ou prevenção de forma alternativa, favorecendo a fitoterapia, aromaterapia e outros cuidados com produtos naturais (SIMONETTI et al., 2021; WERNECK; CARVALHO, 2020).

Outro fator que pode estar associado a expansão da busca por OE's é a divulgação e comprovação dos benefícios destes como componentes naturais ao invés dos sintéticos (BIZZO; REZENDE, 2022) e a conscientização dos consumidores, os chamados “consumidores verdes”, que buscam saúde e bem-estar através de escolhas seguras, de qualidade e analisam todo o processo de desenvolvimento ao longo da cadeia de produção, desde o cultivo até a disposição final do produto (Torquato, 2023).

Plataformas internacionais de análises financeiras do mercado de OE de gerânio têm segmentado esse nicho em: **Natureza** (Convencional e Orgânico), **Aplicação** (Aromaterapia, Cosméticos e Cuidados Pessoais, Aromas e Fragrâncias, e Outros), **Canal de distribuição** (Vendas B2B, Hipermercados/Supermercados, Lojas Especializadas e Varejo Online), e **Países** (América do Norte: EUA, Canadá e México), (Europa: Alemanha, França, Reino Unido, Itália, Espanha, Holanda e demais da Europa), (Ásia-Pacífico: China, Japão, Austrália, Coreia do Sul, Índia e restante da Ásia-Pacífico) e os demais países (Brasil, Argentina, Egito, África do Sul, Emirados Árabes Unidos e outros) (PATIL; DESHMUKH, 2022).

No segmento de **natureza**, o mercado global de OE de gerânio apresenta indícios para atingir uma cota em torno de US\$120,2 milhões até o ano de 2028 (Figura 8), com uma previsão de CAGR de 9,4% para os OE's orgânicos, previsto para o período entre os anos de (2018 - 2028), um dos mais altos durante o período da análise (KBV, 2022).

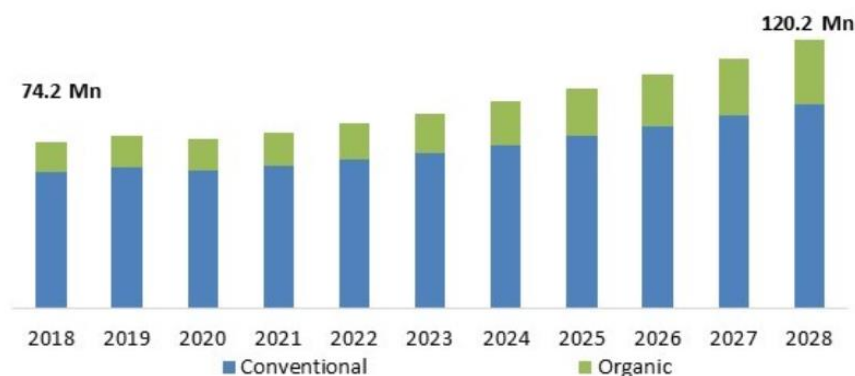


Figura 8. Mercado convencional e orgânico de óleo essencial de gerânio, entre os anos 2018 - 2028.

Fonte: KBV Research (2022).

A maior procura do consumidor pelo o óleo convencional pode estar associada pela diferença dos preços desses produtos, pois o OE orgânico apresenta um preço mais alto em comparação com o OE convencional, e visto que esta espécie apresenta uma produção de OE significativamente inferior quando comparado a outras plantas aromáticas, dispondo de um rendimento apenas cerca de (0,08 a 1%), um dos fatores determinantes para estipular o valor do produto e propiciar a esta planta um patamar de preço elevado no mercado, com o litro saindo a aproximadamente R\$ 2.000,00 (DO et al., 2015).

De acordo com Volza Grow Global (2022), os dados globais de importação e exportação apontam que, atualmente, os países que se destacam no fornecimento de OE de gerânio são Índia, França e China, e os principais importadores são, a Índia, EUA e Indonésia.

A IFEAT (2017) divulgou dados sobre a produção da China e Egito, os quais produziram cerca de 280 a 350 toneladas de gerânio, tornando-os como produtores dominantes em vista da produção mundial dos demais países que foi de aproximadamente 350 a 400 toneladas registrados na época da análise. Em decorrência disso, houve a geração de renda, onde foram empregadas cerca de 7.000 famílias e cerca de 30.000 pessoas envolvidas considerando toda a cadeia de OE, desde produção até a entrega final e exportação.

No Brasil, o mercado de OE de gerânio entre os anos de 1997 e 2020 exportou apenas 40 kg. No entanto, importou uma quantidade muito superior, cerca de 38 toneladas no período analisado, resultando na movimentação de US\$(FOB) 1.538 com a exportação e um dispêndio de US\$(FOB) 2 milhões com a importação (BIESKI et al., 2022).

Diante do exposto, nota-se que o Brasil possui enorme possibilidade de expandir a oferta desse valioso óleo essencial de *P. graveolens* tanto para exportação, como para suprir o mercado interno, visto que o país ocupa posição significativa no comércio de OE de outras espécies (BIESKI et al., 2022).

5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1. Área de estudos

O experimento foi implantado em julho de 2022 e foi conduzido até fevereiro de 2023, no Sítio Semente (Figura 9), propriedade de Agricultura Familiar, uma das maiores referências em Sistemas Agroflorestais Sintrópicos na região, e que vem difundindo o cultivo de plantas baseado na produção de base agroecológica.

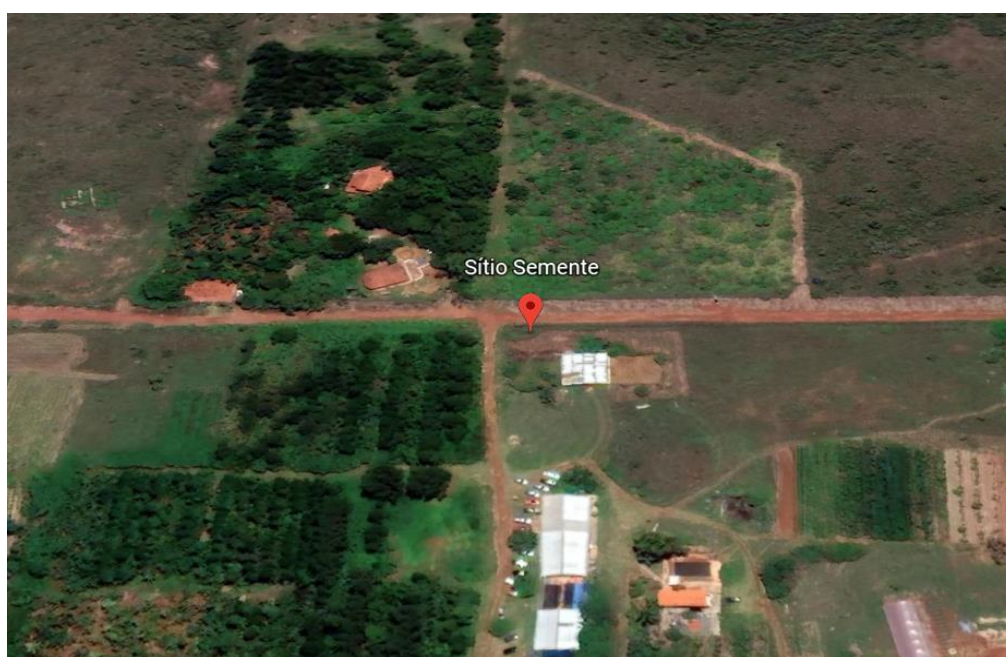


Figura 9. Localização do Sítio Semente.

Fonte: Google Earth, 2022.

Localizado no Núcleo Rural Lago Oeste – Distrito Federal, na região da Área de Preservação Ambiental (APA) da Cafuringa (Tabela 1). O solo presente na área de estudo é o latossolo vermelho argiloso. Segundo a classificação climática de Köppen, o clima da região é caracterizado como Aw, apresentando durante o ano duas estações bem definidas, período chuvoso entre outubro e abril e período seco de maio a setembro. Na região, a precipitação média anual dos últimos quarenta anos foi de 1.345,8 mm, com média superior geralmente de 120 mm em outubro quando se inicia, e com 93,9 mm no mês de abril, quando começa a estiagem (SILVA et al., 2015).

Tabela 1. Coordenadas geográficas da localidade do experimento.

Localidade	Latitude	Longitude
Sítio Semente	-15,5642282S	-48,0298433W

A área de implantação do experimento totaliza 140m². Foi realizada análise do solo, conforme resultado apresentado abaixo (**Tabela 2**). A coleta de solo foi realizada na profundidade de 20cm em pontos aleatórios abrangendo toda a área, resultando nas amostras de solo deformada.

Tabela 2. Resultado da análise de solo da área experimental, Brasília - DF.

COMPLEXO SORTIDO													
pH	P	Ca	Mg	K	Na	Al	Al+H	Soma de Bases	CTC a pH	V	m	C	Mo
mg/dm ³		cmol/dm ³					-----		----%---	---- g/Kg -			
7,5	1,4	3,0	1,4	0,21	0,05	0,1	3,0	4,7	7,7	61	2	32,2	55,4
MICRONUTRIENTES							COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA (g/Kg)						
B	Cu	Fe	Mn	Zn	S	Argila			375				
----- mg/dm ³ -----						Areia			550				
0,09	0,30	87,1	10,0	0,70	164,8	Silte			75				

O experimento foi conduzido em Sistema Agroflorestal Sintrópico, implantado em 20 de julho de 2022 e acompanhado até fevereiro de 2023. As mudas de gerânio foram plantadas juntamente com outras plantas companheiras listadas na (**Tabela 3**).

Tabela 3. Plantas medicinais consorciadas com *Pelargonium graveolens* em SAF sucessional.

Nome científico	Nome popular	Espaçamento (m)	Unidade
<i>Achillea millefolium</i> L.	Mil folhas	1,5 x 0,20	100
<i>Melaleuca alternifolia</i>	Melaleuca	1,5 x 1,5	50
<i>Salvia officinalis</i>	Sálvia	0,15 x 0,80	200
<i>Lavandula angustifolia</i>	Lavanda	1,5 x 0,30	100
<i>Baccharis dracunculifolia</i>	Alecrim-do-campo	1,5 x 1,5	18
<i>Musa</i> spp.	Banana	3,0 x 3,0	18
<i>Schinus terebinthifolia</i>	Aroeira pimenteira	3,0 x 3,0	18
	Rosa		

<i>Eucalyptus globulus</i>	Eucalipto globulus	0,75 x 0,75	36
<i>Corymbia citriodora</i>	Eucalipto citriodora	0,75 x 0,75	36
<i>Copaifera langsdorffii</i>	Copaíba (semente)	3,0 x 3,0	54

Durante o preparo do solo foram adicionados 200g/m² de calcário dolomítico, 200g/ m² de yoorin máster e 1,0kg/m² de esterco bovino em toda a área, além da cobertura vegetal morta, para favorecer o microclima do solo e contribuir para a qualidade da matéria orgânica.

A planta foco cultivada foi o gerânio (*Pelargonium graveolens*), respeitando o espaçamento de 1,5m x 1,5m entre plantas e entre linhas, totalizando 50 unidades de mudas.

A propagação vegetativa das mudas de gerânio foi através de estaquia. As estacas foram retiradas de plantas cultivadas no Sítio Semente e ficaram 45 dias no viveiro até atingirem boa condição para ir para o campo, com sistema radicular desenvolvido e produção de folhas considerável. O substrato utilizado para produção das mudas foi 2/3 de terra para 1/3 de areia.

O delineamento experimental foi em Blocos Casualizados – DBC com 4 tratamentos (colheita) e três repetições (blocos) de plantas medicinais com canteiros de árvores na bordadura. O experimento se encontra representado na Figura 10 com a distribuição do cultivo no campo onde são apresentados os três blocos de plantas medicinais/gerânio com 0,8m de largura e 25m de comprimento cada, e nas bordas tem-se canteiros de árvores de 0,8m de largura e 25m de comprimento, totalizando em 5 canteiros.

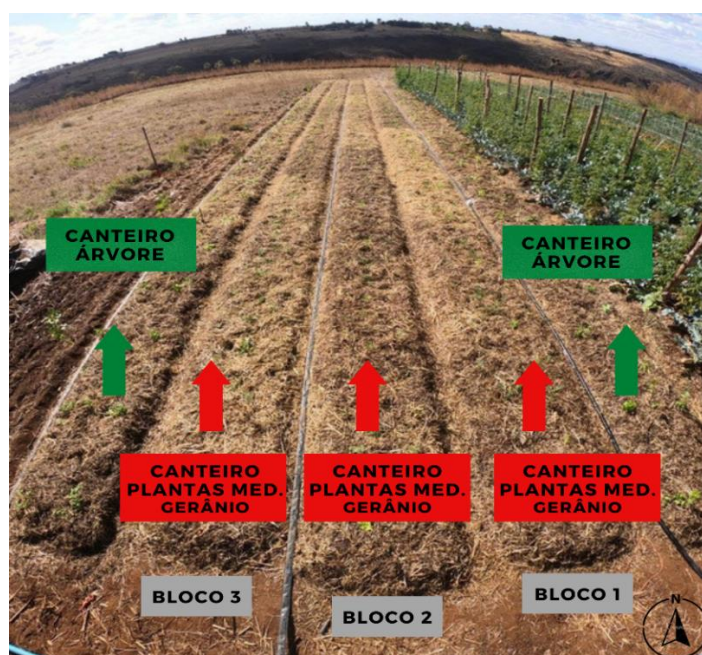


Figura 10. Área experimental - SAF sintrópico de plantas medicinais.

No que tange aos tratamentos, estes constituem-se em épocas distintas de colheitas de forma a abranger as estações do ano (primavera, verão, etc.), conforme disposto na Tabela 4.

Tabela 4. Tratamentos aplicados no experimento de plantas medicinais.

TRATAMENTO	COLHEITA (MÊS)	IDADE DA PLANTA
T1 (Primavera)	Novembro	4 meses
T2 (Verão)	Fevereiro	7 meses

O manejo realizado na área foi basicamente as colheitas e podas, quando necessário, para a cobertura e incorporação da matéria orgânica no solo.

Características avaliadas

A cada colheita foram avaliados os seguintes parâmetros:

5.2. Análises agronômicas

Altura da planta

A determinação da altura da planta (cm) foi mensurada com régua através da medição da base do gerânio até o ápice do maior ramo, como pode ser observado na Figura 11.



Figura 11. Mensuração da altura da planta.

Diâmetro da copa

O diâmetro da copa (cm) da planta será dimensionado com a medição do tamanho da copa, ponta a ponta com trena (Figura 12).



Figura 12. Aferição do diâmetro da copa.

Número de folhas

O número de folhas foi obtido contando-se uma a uma as folhas de oito plantas por repetição, totalizando 24 plantas.

Determinação da massa fresca

Determinou-se a produção de massa fresca (MF) através da colheita da parte aérea das plantas com os cortes realizados aproximadamente a 20 centímetros do solo (ARIE F BLANK et al., 2012). Após a colheita, pesou-se em balança digital a matéria fresca (g/planta) de cada planta (oito indivíduos) de cada bloco (B1, B2 e B3) separadamente.

Determinação da massa seca

A avaliação da massa seca foi aferida pesando-se 2g da biomassa da erva gerânio (**Figura 13– B**) em balança analítica da marca GEHAKA, modelo IV2000, onde as amostras (**Figura 13– A**) são submetidas à secagem por analisador de umidade por Infravermelho (XAVIER et al., 2021).

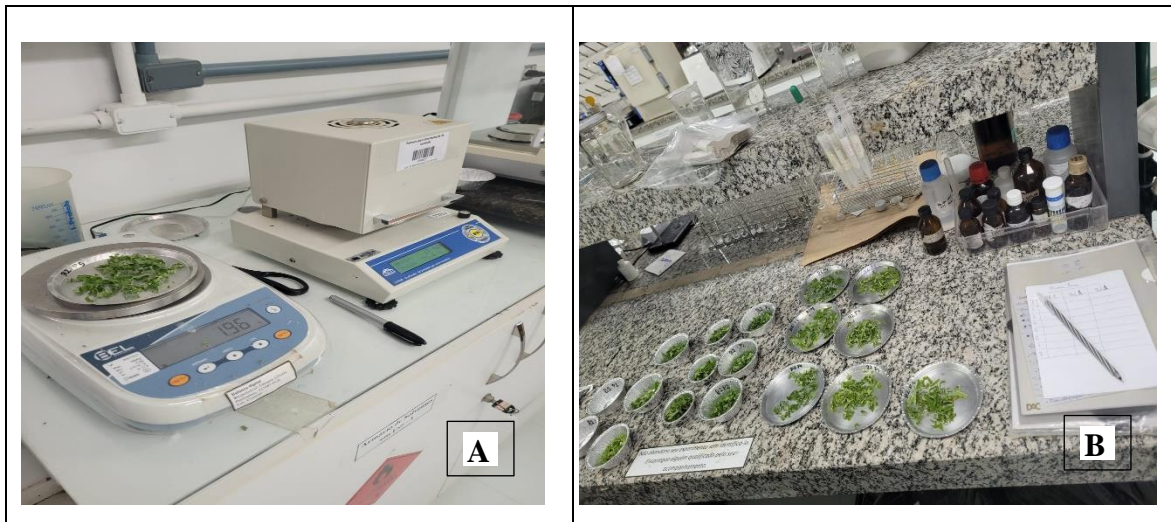


Figura 13. A – Balança analítica por infravermelho; B – Amostras de *Pelargonium graveolens*.

Obteve-se a umidade em base seca a partir da Equação 1, onde o valor final foi a massa seca.

$$\textit{Massa seca} = \textit{Massa inicial} - \textit{Massa final}$$

Em que:

Massa seca – Diferença entre massa inicial (g) e massa final (g);

Massa inicial – Biomassa fresca de *Pelargonium graveolens*; e

Massa final – Biomassa seca em balança analítica por infravermelho.

5.3. Análise Estatística

As variáveis analisadas no período de 7 meses foram: diâmetro de copa (cm), número de folhas (und), altura das plantas (cm), biomassa fresca e seca das plantas (g).

As médias das variáveis foram submetidas à análise de variância. No caso de análise de variância significativa, os dados foram submetidos ao teste de Tukey a 5% de probabilidade.

3.3. Análises químicas

Determinação do teor de óleo essencial (OE)

Os óleos essenciais de gerânio (*Pelargonium graveolens*) foram extraídos das folhas frescas (100g) em 600 ml de água destilada, em triplicata, através do método de hidrodestilação, em aparelho tipo *Clevenger* (Figura 14) por um período de 3 horas (ALI; HASSAN; ELGIMABI, 2018).

A coleta dos OEs foi realizada de forma manual e armazenado em frascos de vidro âmbar, devidamente identificados e mantidos no congelador até última colheita para a análise.



Figura 14. Aparelho tipo Clevenger modificado acoplado a um balão com manta de aquecimento.

Análise por Cromatografia Gasosa/Espectrometria de massa (CG/MS) de óleo essencial

Os compostos voláteis das folhas do gerânio foram analisados por Cromatógrafo a Gás acoplado a Espectrômetro de Massas da marca Agilent®, cromatógrafo 6890N Network GC System, analisador SIMDIS D7169 AC, Analytical Controls.

As condições submetidas para análise GC/MS (Figura 15) são: temperatura do forno da coluna a 40°C; temperatura de injeção 290 °C; modo de injeção split 50; tempo de espera de 1 minuto; modo linear de controle de fluxo de gás, pressão 12,435 psi; fluxo da coluna de 1,0 ml/min., purga a 3,0 ml/min., até atingir 310 °C, mantendo esta temperatura por 20 minutos. Tempo final de corrida é em média de 63 minutos. Faixa do detector de 50-500 (m/z).

A identificação dos constituintes dos compostos voláteis foi realizada comparando-se seus índices de retenção e espectros de massa com dados disponíveis na literatura (Adams, 2007) e comparados com os dados disponíveis na biblioteca AMDIS/NIST MS[®], 11^a edição. Os valores de similaridade são atribuídos em porcentagem (%), de acordo com o perfil de fragmentação.

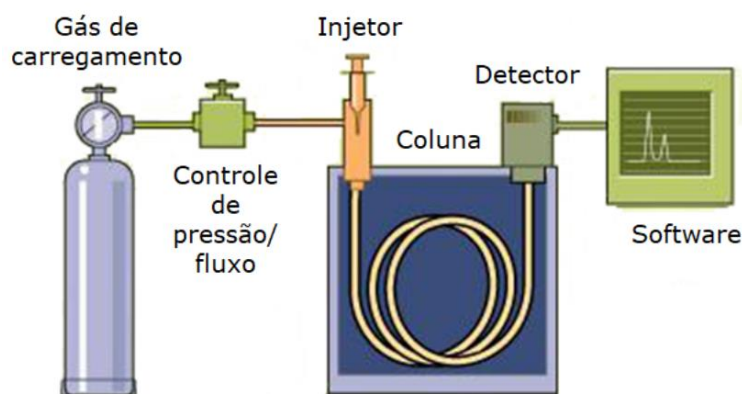


Figura 15. Representação de uma análise por CG.

Fonte: DCtech laboratory Technologies, 2022.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRASCO. Dossiê ABRASCO:um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde.Rio de Janeiro: EPSJV; São Paulo: Expres-são Popular, 628 p., 2015.

ADAMS RP 2007. Identification of Essential Oils Components by Gas chromatography/Mass Spectrometry, Allured Publ. Corp.,Carol Stream, IL.

ALI, E. F.; HASSAN, F. A. S.; ELGIMABI, M. Improving the growth, yield and volatile oil content of *Pelargonium graveolens* L. Herit by foliar application with moringa leaf extract through motivating physiological and biochemical parameters. **South African Journal of Botany**, v. 119, p. 383–389, 1 nov. 2018.

AL-MIJALLI, S. H. et al. Chemical Profiling and Biological Activities of *Pelargonium graveolens* Essential Oils at Three Different Phenological Stages. **Plants**, v. 11, n. 17, 1 set. 2022.

ALPINO, T. DE M. A. et al. The impacts of climate change on Food and Nutritional Security: a literature review. **Ciência e Saúde Coletiva**, v. 27, n. 1, p. 273–286, 2022.

ANDERSON, W. et al. Climate variability and simultaneous breadbasket yield shocks as observed in long-term yield records. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 331, p. 109321, mar. 2023.

ANDRADE, D. V. P.; PASINI, F. S. Implantação e manejo de agroecossistema segundo os métodos da agricultura sintrópica de Ernst Götsch. *Cadernos de Agroecologia* 9: 1-12. 2014.

ANVISA. AGENCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Lei nº 6.360, de 23 de setembro de 1976. Disponível em: <<https://legislacao.presidencia.gov.br/atos/?tipo=LEI&numero=6360&ano=1976&ato=f0eETQq50MnRVTe0b>> Acessado em: 10 de fevereiro de 2023.

ARGENTA, Scheila Crestanello et al. Plantas medicinais: cultura popular versus ciência. *Vivências*, v. 7, n. 12, p. 51-60, 2011.

ARIE F BLANK et al. **Plant spacing and harvest intervals on biomass and essential oil of geranium**. [s.l: s.n.].

ARSHAD, M. et al. Lead phytoextraction by *Pelargonium hortorum*: Comparative assessment of EDTA and DIPA for Pb mobility and toxicity. **Science of the Total Environment**, v. 748, 15 dez. 2020.

ARTAXO, Paulo. As três emergências que nossa sociedade enfrenta: saúde, biodiversidade e mudanças climáticas. *Estudos Avançados*, v. 34, p. 53-66, 2020.

AWOTEDU, O. L. et al. Medicinal based plants: a call to nature. *World News of Natural Sciences*, v. 31, n. April, p. 92–109, 2020.

AZEVEDO, C. D. et al. Pesagro-Rio/Estação Experimental de Seropédica: Educando e Orientando o Consumidor da Terceira Idade como ação Social. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 46., 2006, Goiânia. Anais... Goiânia-GO: Associação Brasileira de Horticultura, 2006. P. 234.

AZEVEDO, C. D. Plantas Medicinais e Aromáticas. Niterói: PESAGRO-RIO, 2002. p. 4. (PESAGRO-RIO. Documentos, 81).

BARAZETTI, V. M. et al. Management perspectives aimed at maximizing the production of secondary metabolites from medicinal plants in agroforestry systems. **Agroforestry Systems**, v. 96, n. 4, p. 681–695, 1 abr. 2022.

BEN ELHADJ ALI, I. et al. Bioactive compounds from Tunisian *Pelargonium graveolens* (L'Hér.) essential oils and extracts: α -amylase and acetylcholinesterase inhibitory and antioxidant, antibacterial and phytotoxic activities. **Industrial Crops and Products**, v. 158, 15 dez. 2020.

BERGMAN, M. E. et al. Distinct metabolic pathways drive monoterpene biosynthesis in a natural population of *Pelargonium graveolens*. **Journal of Experimental Botany**, v. 71, n. 1, p. 258–271, 1 jan. 2020.

BERGMAN, M. E.; BHARDWAJ, M.; PHILLIPS, M. A. Cytosolic geraniol and citronellol biosynthesis require a Nudix hydrolase in rose-scented geranium (*Pelargonium graveolens*). **Plant Journal**, v. 107, n. 2, p. 493–510, 1 jul. 2021

BIASI, Luiz Antonio; DESCHAMPS, Cícero. Plantas aromáticas: do cultivo à produção de óleo essencial. Curitiba: Layer Studio Gráfico e Editora Ltda, 2009.

BIESKI, I. G. C. et al. Potencial econômico e terapêutico dos óleos essenciais mais utilizados no Brasil. **Revista Fitos**, v. 15, n. Supl 1, p. 125–137, 31 jan. 2022.

BIZZO, H. R.; REZENDE, C. M. THE MARKET OF ESSENTIAL OILS IN BRAZIL AND IN THE WORLD IN THE LAST DECADE. **Química Nova**, v. 45, n. 8, p. 949–958, 2022.

BLEROT, B. et al. Functional analysis of four terpene synthases in rose-scented pelargonium cultivars (pelargonium × hybridum) and evolution of scent in the pelargonium genus. **Frontiers in Plant Science**, v. 871, 2018.

BOLZANI, V. DA S. Biodiversidade, bioprospecção e inovação no Brasil. **Ciência e Cultura**, 2016.

BOUKHRIS, M.; SIMMONDS, MSJ; SAYADI, S.; BOUAZIZ, M. 2013. Composição química e atividades biológicas de extratos polares e óleo essencial de gerânio perfumado de rosa, Pelargonium graveolens: Composição química e atividades biológicas do gerânio. *Phytother.* V. 27, Ed. 8, p. 1206-1213.

Brandão, M. G. L., Acúrcio, F. A., Montemor, R. L. M., & Marlière, L. D. P. (2006). Complementary/Alternative Medicine in Latin America: Use of Herbal Remedies among a Brazilian Metropolitan Area Population. *Journal of Complementary and Integrative Medicine*, 3(1), 1-12

BRASIL. Lei n. 11.326, de 24 de julho de 2006. Estabelece as diretrizes para a formulação da política nacional da agricultura familiar e empreendimento familiares rurais. Brasília, p. 1. 2006.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. Lei nº 10.831, de 23 de dezembro de 2003. Dispõe sobre a agricultura orgânica e dá outras providências. Brasília: Ministério da Agricultura e Pecuária, 2003. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2003/110.831.htm>. Acesso em: 15 de março de 2023.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 886, de 20 de abril de 2010. Institui a Farmácia Viva no âmbito do Sistema Único de Saúde. Brasília: Ministério da Saúde, 2010. Disponível em <<http://portal.saude.gov.br>>. Acesso em: 29 de março de 2023.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 886, de 20 de abril de 2010. Institui a Farmácia Viva no âmbito do Sistema Único de Saúde. Brasília: Ministério da Saúde, 2010. Disponível em <<http://portal.saude.gov.br>>. Acesso em: 29 mar. 2023.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Ciência, Tecnologia e Insumos Estratégicos. Departamento de Assistência Farmacêutica. Política e Programa Nacional de Plantas Medicinais e Fitoterápicos / Ministério da Saúde, Secretaria de Ciência, Tecnologia e Insumos Estratégicos, Departamento de Assistência Farmacêutica. – Brasília: Ministério da Saúde, 2016. 190 p.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Ciência, Tecnologia e Insumos Estratégicos. Departamento de Assistência Farmacêutica. Política e Programa Nacional de Plantas Medicinais e Fitoterápicos / Ministério da Saúde, Secretaria de Ciência, Tecnologia e Insumos Estratégicos, Departamento de Assistência Farmacêutica. – Brasília: Ministério da Saúde, 2016. 190 p.

Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador. Agrotóxicos na ótica do Sistema Único de Saúde / Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador. – Brasília: Ministério da Saúde, 2016.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome - MDS; Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA; Ministério do Desenvolvimento Agrário - MDA. Decreto nº 7.794, de 20 de agosto de 2012. Institui a Política Nacional de Agroecologia e Produção Orgânica. Brasília: Ministério do Desenvolvimento Agrário, 2012. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/decreto/d7794.htm>. Acesso em: 29 de março de 2023.

BRASIL. Secretaria da Agricultura e do Abastecimento do Estado do Paraná. Paraná: Secretaria da Agricultura e Abastecimento, 2021. Disponível em: <<https://www.agricultura.pr.gov.br/Noticia/Estado-e-destaque-no-Pais-na-producao-de-plantas-medicinais>>. Acesso em: 29 mar. 2023.

CÂNDIDA, H. T. M. C. Observações Citológicas em *Pelargonium*. **Bragantia - Boletim Técnico do Instituto Agronômico do Estado de São Paulo**1964, v. 23, 1964.

CAPORAL, Francisco R. Agroecologia: uma nova ciência para apoiar a transição a agriculturas mais sustentáveis. Desenvolvimento Rural Sustentável, Brasília: 2009. 30 p.

CARVALHO, A. C. B. et al. The Brazilian market of herbal medicinal products and the impacts of the new legislation on traditional medicines. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 212, p. 29–35, 15 fev. 2018.

CHO, M. et al. The antitumor effects of geraniol: Modulation of cancer hallmark pathways (Review). **International Journal of Oncology**, v. 48, n. 5, p. 1772–1782, 1 maio 2016.

COELHO, I. M. C. P. A. V. B. M. M. R. E. P. C. ANA. Boletim de Pesquisa do Programa de Pós-Graduação em Agronomia - UNOESTE. 2022.

D’ISEP, C. F. M. J. L. C. D. A. AGROTÓXICOS E O DIREITO À INFORMAÇÃO DO CONSUMIDOR. **ADMINISTRAÇÃO DE EMPRESAS EM REVISTA**, 2022.

DA SILVA, N. F. et al. Local Knowledge and Conservation Priorities of Medicinal Plants near a Protected Area in Brazil. **Evidence-based Complementary and Alternative Medicine**, v. 2019, 2019.

DA SILVA, R. F. et al. **Sustainable extraction bioactive compounds procedures in medicinal plants based on the principles of green analytical chemistry: A review.** **Microchemical Journal** Elsevier Inc., , 1 abr. 2022.

DIEDRICH, G. E.; BIONDO, E.; MURADAS BULHÕES, F. Agroecologia e Bem Viver como modo de vida e como modelo sustentável de produção agrícola e de consumo de alimentos. **COLÓQUIO - REVISTA DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL**, 2021.

DO, T. K. T. et al. **Authenticity of essential oils.** **TrAC - Trends in Analytical Chemistry** Elsevier B.V., 1 mar. 2015.

EBC. Empresa Brasil de Comunicação. Fiocruz e Mapa mapeiam produção de plantas medicinais no Brasil. Disponível em: <<https://agenciabrasil.ebc.com.br/saude/noticia/2021-05/fiocruz-e-mapa-mapeiam-producao-de-plantas-medicinais-no-brasil>>. Acesso em: 29 mar. 2023.

EL BAABOUA, Aicha et al. Prevalência e perfil antimicrobiano de *Campylobacter* spp. isoladas de carnes, animais e fezes humanas no norte de Marrocos. **International Journal of Food Microbiology**, v. 349, p. 109202, 2021. See More

ELISA, M. et al. BOLETIM N. o 200 7. a edição Revisada e atualizada. 2014.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. Agrotóxicos no Brasil. 2021. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/agricultura-e-meio-ambiente/qualidade/dinamica/agrotoxicos-no-brasil>>. Acesso em: 29 mar. 2023.

FABRI, E.; ANEFALOS, L.C. Plantas Aromáticas: Contribuições científicas e tecnológicas para a cadeia produtiva de óleos essenciais. Campinas: Insituto Agrônômico, 2021.

FAO, I. U. W. AND W. **The State of Food Security and Nutrition in the World 2022**. [s.l.] FAO, 2022.

FAO. Organização para a Alimentação e Agricultura. Futuro da produção orgânica é visto com otimismo no Brasil. 2017. Disponível em: <<https://www.fao.org/family-farming/detail/es/c/468245/>>. Acesso em: 27 de março de 2023.

FAYOUMI, L. et al. Phytochemical constituents and therapeutic effects of the essential oil of rose geranium (*Pelargonium hybrid*) cultivated in Lebanon. **South African Journal of Botany**, v. 147, p. 894–902, 1 jul. 2022.

FEKRI, N. et al. Studies on essential oil from rose-scented geranium, *Pelargonium graveolens* L'Hérit. (Geraniaceae). **Natural Product Research**, v. 35, n. 15, p. 2593–2597, 2021.

FORBES. Brasil é o quarto maior mercado de beleza e cuidados pessoais do mundo. Disponível em: <<https://forbes.com.br/principal/2020/07/brasil-e-o-quarto-maior-mercado-de-beleza-e-cuidados-pessoais-do-mundo/>>. Acesso em: 15 de abril de 2023.

Fortune Business Insights. Tamanho do mercado de fitoterápicos, participação e análise de impacto do COVID-19, 2022-2029. Ano base: 2021. Publicado em: julho de 2022. Disponível em <<https://www.fortunebusinessinsights.com/enquiry/request-sample-pdf/herbal-medicine-market-106320>>. Acesso em: 29 mar. 2023.

FREDERICO, S.; MORAL, Y. P. Sistema agroflorestal e autonomia: uma revisão sistemática. v. 63, p. 190–209, 2022.

GELALETI, D. et al. Estabilidade de Formulação Dermocosmética contendo extrato de *Pelargonium Graveolens*. **Brazilian Journal of Natural Sciences**, v. 2, n. 1, p. 16, 11 jan. 2019.

GLIESSMAN, S. R. **Transforming food and agriculture systems with agroecology. Agriculture and Human Values.** Springer, 1 set. 2020.

GOBBO-NETO, L.; LOPES, N. P. **PLANTAS MEDICINAIS: FATORES DE INFLUÊNCIA NO CONTEÚDO DE METABÓLITOS SECUNDÁRIOS.** *Quim. Nova.* [s.l: s.n.].

GÖTSCH, E. Break-through in agriculture. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1995. 22 p.

GÖTSCH, E. **Homem e Natureza Cultura na Agricultura.** [s.l: s.n.].

GÖTSCH, E. Homem e natureza: cultura na agricultura. Recife: Centro de Desenvolvimento Agroecológico Sabiá, 1995.

GREGIO, J. V. Da degradação à floresta: A Agricultura Sintrópica de Ernst Götsch e sua aplicação nas Fazendas Olhos D'Água e Santa Teresinha, Pirai do Norte/BA. **AMBIENTES: Revista de Geografia e Ecologia Política**, v. 2, n. 2, p. 106, 18 dez. 2020.

HABER, L. L.; CLEMENTE, F. M. V. T. **Plantas aromáticas e condimentares: uso aplicado na horticultura.** [s.l: s.n.].

HASENCLEVER, Lia et al. A indústria de fitoterápicos brasileira: desafios e oportunidades. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 22, n. 8, p. 2559-2569, 2017.

HASSANVAND, F.; REZAEI NEJAD, A.; FANOURLAKIS, D. Morphological and physiological components mediating the silicon-induced enhancement of geranium essential oil yield under saline conditions. **Industrial Crops and Products**, v. 134, p. 19–25, 1 ago. 2019.

IFEAT. IFEAT-Socio-Economic-Report-GERANIUM. 2017.

International Organization for Standardization. ISO 9235:2021. Aromatic natural raw materials – Vocabulary. International Organization for Standardization: Genebra, 2021.

ISO 4731. **Oil of geranium (Pelargonium X ssp.).** [s.l: s.n.]. Disponível em: <www.iso.org>.

J. Plant Biol., 50 (3) (2007) , pp. 362 – 368

JARADAT, N. et al. Chemical Markers and Pharmacological Characters of Pelargonium graveolens Essential Oil from Palestine. **Molecules**, v. 27, n. 17, 1 set. 2022.

JAVED AHAMAD; SUBASINI UTHIRAPATHY. Chemical Characterization and Antidiabetic Activity of Essential Oils from *Pelargonium graveolens* Leaves. **ARO-THE SCIENTIFIC JOURNAL OF KOYA UNIVERSITY**, v. 9, n. 1, p. 109–113, 30 jun. 2021.

KARDAN-YAMCHI, J. et al. The Chemical Composition and Anti-mycobacterial Activities of *Trachyspermum copticum* and *Pelargonium graveolens* Essential Oils. **Recent Patents on Anti-Infective Drug Discovery**, v. 15, n. 1, p. 68–74, 28 out. 2019.

KBV-9823. Relatório global de análise de tamanho do mercado, participação e tendências do setor Óleo de gerânio, 2022 – 2028. Knowledge Based Value – KBV, junho de 2022. Disponível em: <<https://www.kbvresearch.com/geranium-oil-market/>>. Acesso em: 20 de março de 2023.

KN Ko, KW Lee , SE Lee , ES Kim. Desenvolvimento e ultraestrutura de tricomas glandulares em *Pelargonium × fragrans* 'Mabel Grey' (Geraniaceae)

KOCHHAN DE FRAGA, L. et al. Sistemas agroalimentares sustentáveis e saudáveis: reflexões a partir da perspectiva agroecológica. **COLÓQUIO - REVISTA DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL**, 2022.

KULKARNI, S. et al. Computational evaluation of major components from plant essential oils as potent inhibitors of SARS-CoV-2 spike protein. *Journal of Molecular Structure*, v. 1221, 128823, 2020.

KUMAR, N. et al. Rainfall-induced premature senescence modulates biochemical and essential oils profiles in *Pelargonium graveolens* L'Hér. under sub-tropical climate. **Industrial Crops and Products**, v. 178, p. 114630, 1 abr. 2022.

LAIS, C.; BATISTA, R.; STOFFEL, J. Agroecologia e produção orgânica: características que distinguem e/ou aproximam os sistemas de produção sustentáveis. **COLÓQUIO – Revista do Desenvolvimento Regional** , 2022.

LEGESSE, A.; NEGASH, M. Species diversity, composition, structure, and management in agroforestry systems: the case of Kachabira district, Southern Ethiopia. **Heliyon**, v. 7, n. 3, 1 mar. 2021.

LIMA, R. K.; CARDOSO, M. G. Lamiaceae Family: Important Essential Oils with Biological and Antioxidant Activity. *Revista Fitos*, v. 3, 2007.

LIS-BALCHIN M. 2002. History of nomenclature, usage and cultivation of *Geranium* and *Pelargonium* species. In: LIS-BALCHIN M. *Geranium and Pelargonium: the genera Geranium and Pelargonium* New York: Taylor & Francis, p. 5-10.

LORENZI, H.; MATOS, F.J.A. Plantas medicinais no Brasil nativas e exóticas. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2002.

MACHALOVA, Z. et al. Extraction of botanical pesticides from *Pelargonium graveolens* using supercritical carbon dioxide. **Industrial Crops and Products**, v. 67, p. 310–317, 1 maio 2015.

MACIEL, M. D. A.; TROIAN, A. A PRODUÇÃO DE NOVIDADES DA AGRICULTURA FAMILIAR: O PROTAGONISMO DOS SISTEMAS ORGÂNICOS E AGROECOLÓGICOS NO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. **Desafio Online**, v. 10, n. 3, 14 abr. 2022.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Cadastro Nacional de Produtores Orgânicos. Brasília, 2021. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/organicos/legislacao-organicos>>. Acesso em 27 de março de 2023.

MAZEED, A. et al. **Efficient nutrient management for rose scented geranium (*Pelargonium graveolens* L’Herit ex Ait).** **Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants** Elsevier GmbH, 1 dez. 2022.

MICCOLIS, A.; PENEIREIRO, F.M.; VIEIRA, D.L.M.; MARQUES, H.R.; HOFFMANN, M.R.M. Restoration through agroforestry: options for reconciling livelihoods with conservation in the Cerrado and Caatinga biomes in Brazil. *Experimental Agriculture*, Cambridge, 55v., n. S1., p. 208-225, 2019.

MILLER, R. P. Construindo a complexidade: o encontro de paradigmas agroflorestais. In: PORRO, R. (Ed.) *Alternativa agroflorestal na Amazônia em transformação*. Brasília-DF: Embrapa Informação e Tecnologia, 2009. p. 537 – 557.

MISHRA, A. P. et al. Combination of essential oils in dairy products: A review of their functions and potential benefits. *LWT—Food Science and Technology*, v. 133, n. 2, e110116, 2020.

MISHRA, B.; CHANDRA, M. **Evaluation of phytoremediation potential of aromatic plants: A systematic review.** *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants.* Elsevier GmbH, , 1 dez. 2022.

MISRA, A. et al. Zn-acquisition and its role in growth, photosynthesis, photosynthetic pigments, and biochemical changes in essential monoterpene oil (s) of *Pelargonium graveolens*. *Photosynthetica*, v. 43, n. 1, p. 153-155, 2005.

MOURA, M. A. et al. Levantamento e utilização de plantas com fins medicinais, no grupo da 3ª Idade no município de Seropédica. In: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFRRJ, 15., 2006. Seropédica. Anais... Rio de Janeiro: editor, 2006. p. 15-16.

NICULAU, E. D. S. et al. Chemical Profile and Use of the Peat as an Adsorbent for Extraction of Volatile Compounds from Leaves of Geranium (*Pelargonium graveolens* L' Herit). *Molecules (Basel, Switzerland)*, v. 25, n. 21, 24 out. 2020.

NILOFER, A. et al. A novel method for survival of rose-scented geranium (*Pelargonium graveolens* L.) mother plants under extreme climatic conditions. *Industrial Crops and Products*, v. 126, p. 227–237, 15 dez. 2018.

Núcleo de Estudos e Pesquisas de Plantas Medicinais - NEPLAME da Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF. Disponível em: <<http://www.neplame.univasf.edu.br/>>. Acesso em: 27 de março de 2023.

OLIVEIRA, Ivo e cols. Morfometria e quimiometria como ferramentas para caracterização de plantas medicinais e aromáticas. *Journal of Applied Botany and Food Quality* , v. 90, 2017.

OLIVEIRA, J. M. CHEMICAL CONSTITUENTS AND BIOLOGICAL ACTIVITIES OF ESSENTIAL OILS OF THE SPECIES *Malva sylvestris* and *Pelargonium graveolens*: A REVIEW. *Revista UNINGÁ Review*, v. 36, p. eURJ3728–eURJ3728, 12 mar. 2021.

OLLINAHO, O.I.; KRÖGER, M. Agroforestry transitions: the good, the bad and the ugly. *Journal of Rural Studies*, 82 v., p. 210-221, 2021.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS – ONU. Objetivos do Desenvolvimento Sustentável. 2022. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: 15 jul. 2022.

PANDEY, V.; PATRA, D. D. Crop productivity, aroma profile and antioxidant activity in *Pelargonium graveolens* L'Hér. under integrated supply of various organic and chemical fertilizers. **Industrial Crops and Products**, v. 67, p. 257–263, 1 maio 2015.

PATIL, G.; DESHMUKH, R. **GERANIUM OIL MARKET**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <www.alliedmarketresearch.com>.

PEREIRA, N.; FRANCESCHINI, S.; PRIORE, S. Food quality according to the production system and its relationship with food and nutritional security: A systematic review. **Saúde e Sociedade**, v. 29, n. 4, p. 1–15, 2020.

Polaris Pesquisa e Consultoria de Mercado. Participação no mercado de fitoterápicos, 2020 – 2026. Ano base: 2019. Publicado em: abril de 2020. Disponível em: <<https://www.polarismarketresearch.com/industry-analysis/herbal-medicine-market>>. Acesso em: 29 mar. 2023.

PRIMAVESI, A. Como conhecer seu solo e sua saúde. In: Manual do solo vivo. 2a ed. São Paulo: Expressão Popular, 2017. p. 9–22.

RANA, V. N.; JUYAL JP & BLAZQUEZ MA. 2003. Chemical constituents of essential oil of *Pelargonium graveolens* leaves. *The international journal of aromatherapy*. 12 – 4: 216 - 218.

RAO B. R. R.; KAUL P. N.; SYAMASUNDAR K. V.; RAMESH S. 2002. Water soluble fractions of rose-scented geranium (*Pelargonium* species) essential oil. *Bioresearch Technology*, v. 84, p. 243-246.

RAO B.R.R. 2002. Biomass yield, essential oil yield and essential oil composition of rose-scented geranium (*Pelargonium* species) as influenced by row spacings and intercropping with cornmint (*Mentha arvensis* L. f. *piperascens* Malinv. ex-Holmes). *Industrial Crops and Products*. 16: 133-144.

REBELLO, J. F. S. D. G. **AGRICULTURA SINTRÓPICA SEGUNDO ERNST GÖTSCH**. [s.l: s.n.].

RUSSOMANNO O.M.R.; FABRII E.G.; KRUPPA P.C.; COUTINHO L.N. 2013. Ocorrência de *Cercospora brunkii* em gerânio medicinal. *Biológico*, São Paulo, v.75, n.1, p.23-24.

SADGROVE, N. J.; PADILLA-GONZÁLEZ, G. F.; PHUMTHUM, M. **Fundamental Chemistry of Essential Oils and Volatile Organic Compounds, Methods of Analysis and Authentication.** *PlantsMDPI*, , 1 mar. 2022.

SALMONA, Y. B. et al. A Worrying Future for River Flows in the Brazilian Cerrado Provoked by Land Use and Climate Changes. *Sustainability (Switzerland)*, v. 15, n. 5, 1 mar. 2023.

SANTORO, A. et al. **A review of the role of forests and agroforestry systems in the fao globally important agricultural heritage systems (GIAHS) programme.** *Forests MDPI AG*, 1 ago. 2020.

SANTOS, A. S. et al. Descrição de sistema e de métodos de extração de óleos essenciais e determinação de umidade de biomassa em laboratório. 2004.

SAXENA G; BANERJEE S; RAHMAN L.; MALLAVARAPU GR; SHARMA S; KUMAR S 2000. An efficient *in vitro* procedure for micropropagation and generation of somaclones of rose scented *Pelargonium*. *Plant Science* 155:133-140.

SHAPAROV F.S.; ZHANG H.; SETZER W.N. 2014. Composition of geranium (*Pelargonium graveolens*) essential oil from Tajikistan. ISSN 2321 9114. *AJEONP*; 2 (2): 13-16

SIMON, J.E.; CHADWICK, A.F.; CRAKER, L.E. Herbs: an indexed bibliography 1971-1980: the scientific literature on selected herbs, and aromatic and medicinal plants of the temperate zone. Ham-den: Archon Books, 1984. 770p.

SIMONETTI A.B. et al. O que a população sabe sobre SARS-CoV-2/COVID-19: prevalência e fatores associados. *Brazilian Journal of Health Review*. Curitiba, v.4, n.1, p. 255-271. 2021.

SOARES, J. P. G.; JUNQUEIRA, A. M. R; CAMPOS, N. B. M.; PORTO, B. H. C. Agricultura orgânica e agronegócio: análise e impactos de tecnologias sustentáveis. In: *Agronegócio: perspectivas*. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2020. 397 p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia Vegetal* 4ª Ed. Artmed, Porto Alegre, RS, 2009.

TÉCNICAS, Editoras. **Plantas aromáticas e condimentares: uso aplicado na horticultura.** Embrapa, 2013.

TEIXEIRA, E. L et al. Economia doméstica em plantas medicinais. In: JORNADA CATARINENSE, 5.; JORNADA INTERNACIONAL DE PLANTAS MEDICINAIS, 1., 2006. Joinville. Resumos... Santa Catarina: Nova Letra, 2006. p.163.

TELES ARANTES FELIPE, R. et al. SISTEMAS AGROFLORESTAIS AGROECOLÓGICOS. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 18, n. 1, p. 09–43, 15 fev. 2023.

TORQUATO, Marlucci. **Gestão da Sustentabilidade: a mentalidade do consumo sustentável e sua influência nas estratégias empresariais**. Editora Dialética, 2023.

V. Pandey; DD Patra. Produtividade da cultura, perfil de aroma e atividade antioxidante em *Pelargonium graveolens* L'Her. sob fornecimento integrado de vários fertilizantes orgânicos e químicos. *Culturas e produtos industriais*, 67 (2015), pp. 257 - 263

VEIGA JÚNIOR, Valdir F.; PINTO, Angelo C. O gênero *copaifera* L. *Química nova*, v. 25, p. 273-286, 2002.

VERMA, A.; KUMAR, P.; SARESH, N. V. **Secondary metabolites: harvesting short term benefits from arid zone agroforestry systems in India**. *Agroforestry Systems*. Springer Science and Business Media B.V., 1 mar. 2021.

VERMA, R. S. et al. Essential oil composition of *Pelargonium graveolens* L'Her ex Ait. cultivars harvested in different seasons. **Journal of Essential Oil Research**, v. 25, n. 5, p. 372–379, 1 out. 2013.

VERNMA R.S.; VERMA R.K.; YADAV A.K.; CHAUHAN A. 2010. Changes in the essential oil composition of rose-scented geranium (*Pelargonium graveolens* L'Herit, ex Ait.) due to date of transplanting under Hill conditions of Uttarakhand. *Indian Journal of Natural Products and Resources* Vol 1(3), PP. 367-370.

VOLZA GROW GLOBAL. Importações de óleo de gerânio mundial, 14 de junho de 2022. Disponível em: <<https://www.volza.com/p/geranium-oil/import/hsn-code-33012971/>>. Acesso em: 20 de junho de 2023.

WEBER, J.; NUNES DA SILVA, T. A Produção Orgânica no Brasil sob a Ótica do Desenvolvimento Sustentável. **Revista Desenvolvimento em Questão**, p. 164–184, [s.d.].

WEI, L. et al. Comparison of chemical composition and activities of essential oils from fresh leaves of *Pelargonium graveolens* L'Herit. extracted by hydrodistillation and enzymatic pretreatment combined with a solvent-free microwave extraction method. **Industrial Crops and Products**, v. 186, 15 out. 2022.

WERNECK, G.L.; CARVALHO, M.S. A pandemia de COVID-19 no Brasil: crônica de uma crise sanitária anunciada. *Cadernos de Saúde Pública*. Rio de Janeiro, v.35, n.5, 2020, p. 1-4. Disponível em: < <http://cadernos.ensp.fiocruz.br/csp/artigo/1036/a-pandemia-de-covid-19-no-brasil-cronica-de-uma-crise-sanitaria-anunciada>>. Acesso em: 20 out. 2020.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **WHO monographs on selected medicinal plants**. World Health Organization, vol. 4, 2009. Disponível em: <<http://www.worldfloraonline.org/taxon/wfo-0000466422>>. Acesso em: 20 de janeiro de 2023.

XAVIER, C. S. F. et al. Drying and evaluation of sugarcane bagasse, as adsorbent of textile dyes present in aqueous solutions. **Revista Matéria**, v. 26, n. 1, 2021.

XAVIER, R. A. T.; LIMA, R. A. O papel das mulheres na construção do conhecimento em Etnobotânica na região norte: uma revisão integrativa /The role of women in the construction of knowledge in Ethnobotany in the northern region: an integrative review. **Conhecimento & Diversidade**, 2020.

YADAV, V. et al. Benefits of biochar over other organic amendments: Responses for plant productivity (*Pelargonium graveolens* L.) and nitrogen and phosphorus losses. **Industrial Crops and Products**, v. 131, p. 96–105, 1 maio 2019.

**7. AVALIAÇÃO DE CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS EM
Pelargonium graveolens CULTIVADO EM SISTEMA
AGROFLORESTAL SUCESSIONAL NO DISTRITO
FEDERAL**

Avaliação de características agronômicas em *Pelargonium graveolens* cultivado em sistema agroflorestal sucessional no Distrito Federal

RESUMO: O *Pelargonium graveolens*, conhecido como gerânio, é um arbusto medicinal aromático, originário da África do Sul e pertencente à família Geraniaceae. Esta espécie de ciclo perene permite até quatro colheitas anuais com altos rendimentos de biomassa vegetal, favorecendo a extração do óleo volátil de alto valor agregado. Este estudo teve como objetivo analisar o desenvolvimento das características agronômicas (altura da planta, diâmetro da copa, número de folhas, determinação de massa fresca e seca) da cultura em um sistema agroflorestal destinadas à produção de óleos essenciais. O experimento foi conduzido entre 2022 e 2023, em delineamento de blocos casualizados, dois tratamentos (colheita) e três repetições (blocos) consorciadas com outras plantas aromáticas medicinais. Os resultados indicaram que a altura das plantas variou de 76,44 a 82,57cm, sendo os maiores valores observados na segunda colheita. Quanto ao diâmetro de copa e número de folhas, verificou-se maiores índices na colheita inicial com variação do diâmetro de copa entre 135,33 e 105,22cm e para número de folhas os valores ficaram entre 230,59 e 176,76, para a primeira e segunda colheita, respectivamente. Na produção de massa fresca e seca, os valores médios superiores foram registrados na colheita inicial. Na primeira colheita, a média de massa fresca foi de 1913,59g, superior aos 1671,19g da segunda colheita. Os resultados obtidos evidenciaram que a colheita inicial de gerânio no Distrito Federal foi influenciada positivamente pelas condições edafoclimáticas vigentes. Este estudo fornece informações relevantes para fortalecer o cultivo do gerânio orgânico em sistemas agroflorestais.

Palavras-chave: *Pelargonium graveolens*, sistema agroflorestal, destilação de óleos essenciais, plantas aromáticas medicinais.

Assessment of agronomic characteristics in *Pelargonium graveolens* cultivated in a successional agroforestry system in the Federal District

ABSTRACT: *Pelargonium graveolens*, known as geranium, is an aromatic medicinal shrub, originating in South Africa and belonging to the Geraniaceae family. This species with a perennial cycle allows up to four annual harvests with high yields of plant biomass, favoring the extraction of volatile oil with high added value. This study aimed to analyze the development of agronomic characteristics (plant height, crown diameter, number of leaves, determination of fresh and dry mass) of the crop in an agroforestry system intended for the production of essential oils. The experiment was conducted between 2022 and 2023, in a randomized block design, two treatments (harvest) and three replications (blocks) intercropped with other aromatic medicinal plants. The results indicated that plant height varied from 76.44 to 82.57cm, with the highest values observed in the second harvest. As for crown diameter and number of leaves, higher rates were found in the initial harvest with a variation in crown diameter between 135.33 and 105.22cm and for number of leaves the values were between 230.59 and 176.76, for the first and second harvest, respectively. In the production of fresh and dry pasta, the highest average values were recorded in the initial harvest. In the first harvest, the average fresh mass was 1913.59g, higher than the 1671.19g in the second harvest. The results obtained showed that the initial geranium harvest in the Federal District was positively influenced by the prevailing soil and climate conditions. This study provides relevant

Keywords: *Pelargonium graveolens*, agroforestry system, distillation of essential oils, medicinal aromatic plants.

7.1. INTRODUÇÃO

O gerânio é um arbusto medicinal aromático, nativo da África do Sul, pertencente à família Geraniaceae. Suas características típicas incluem caules de crescimento lateral com ramificações, folhas pecioladas de bordas dentadas e pilosas, típica de clima temperado e bem adaptada a diversas condições agroclimáticas. No entanto, são plantas sensíveis as chuvas torrenciais, e se desenvolvem melhor em solos bem drenados e aerados (CÂNDIDA, 1964; MISRA et al., 2005; SHAROPOV et al., 2014; GELALETI et al., 2019).

A planta aromática *P. graveolens*. L é uma espécie de ciclo perene, possibilita a colheita de até quatro vezes ao ano com rendimentos elevados de biomassa vegetal, favorecendo a extração do óleo volátil de alto valor, podendo ser consorciadas com outras culturas aromáticas e alimentos (ELISA et al., 2014; FABRI e ANEFALOS, 2021). Sua propagação é realizada por via vegetativa, devido ao grau elevado de esterilidade, dificultando a obtenção de sementes viáveis (CÂNDIDA, 1964).

Considerado economicamente importante, o óleo essencial de *P. graveolens* é amplamente reconhecido, encontrando-se entre os 20 principais óleos essenciais (OE) do mundo. Sua produção anual atinge aproximadamente 350 toneladas de óleos de gerânio, sendo comercializado com alto valor devido à sua composição química e aos benefícios que oferece à saúde (BERGMAN; BHARDWAJ; PHILLIPS, 2021; AL-MIJALLI et al., 2022; PATIL; DESHMUKH, 2022). Cultivada regularmente em sistemas de monocultura com aplicação de insumo químicos (ARIE F BLANK et al., 2012; COELHO, 2022). Pesquisas foram realizadas para aprimorar a produção e aumentar a produtividade, focando no rendimento de biomassa para extração de óleo essencial, a fim de atender à demanda crescente. Apesar disso, os cultivos sustentáveis ainda são incipientes, com estudos sendo orientados sobre o cultivo orgânico atrelado a utilização de bioestimulantes e/ou aplicação de fertilizantes orgânicos (PANDEY; PATRA, 2015; ALI; HASSAN; ELGIMABI, 2018; YADAV et al., 2019; MAZEED et al., 2022).

Dado a importância da cultura, e a necessidade de buscar formas de cultivos sustentáveis, a produção do gerânio em sistema agroflorestal (SAF), conduzido sob o fundamento agroecológico, baseado nos conhecimentos locais e adaptados para o potencial natural de cada lugar, representa uma forma de cultivo alternativo e favorável ao cultivo de plantas medicinais e aromáticas, pois além de ser possível cultivá-las em conjunto com outras

espécies agrícolas e florestais, contribuem para a diversificação da renda dos agricultores, e ainda servem como instrumento para a conservação da biodiversidade (GOSTSCH, 1995; BARAZETTI et al., 2022; FREDERICO; MORAL, 2022). Esses arranjos agrícolas diversificam as colheitas, diminuem as instabilidades produtivas, proporcionam maior rendimento devido ao uso mais eficiente dos recursos bióticos e abióticos, aumentam a resiliência dos sistemas de produção e a capacidade de reagir às mudanças climáticas (ELISA et al., 2014; ARTAXO, 2020; S. ANTORO et al., 2020; TELES ARANTES FELIPE et al., 2023).

Outro aspecto importante dos sistemas agroflorestais e suas estratégias de produção, é que estes não priorizam apenas o aspecto econômico, mas também a qualidade e segurança dos produtos, juntamente com os princípios ecológicos. Ao adotar práticas seguras e livres de agrotóxicos, esses sistemas preservam os princípios ativos, resultando em plantas saudáveis e ricas em compostos químicos terapêuticos (AZEVEDO, 2002; REBELLO, 2021).

Este sistema de cultivo corrobora com meta do Ministério da Saúde que visa articular ações para investimentos voltados a inovação, tecnologia e desenvolvimento regional desde novas moléculas até equipamentos para fortalecer o complexo local, a fim de reduzir a dependência do Brasil em 70% das necessidades do SUS em medicamentos e entre outros produtos a serem produzidos no país (BRASIL. Ministério da Saúde, 2023).

Ademais, visto que há uma demanda crescente de OE de *P. graveolens* e a importância da oportunidade de expandir a produção nacional desse produto, além de contribuir no alcance da meta do Ministério da Saúde, o direcionamento de pesquisas na área faz-se necessário no sentido de que novas informações possam ser alcançadas para o aumento da nossa capacidade produtiva de qualidade, visando sobretudo garantir nossa competitividade no mercado externo, visto que o país já ocupa posição significativa no comércio de OE de outras espécies (BIESKI et al., 2022; BRASIL. Ministério da Saúde, 2023).

A possibilidade de aumentar a capacidade produtiva da cultura visa principalmente o aumento do rendimento e a qualidade dos OEs de plantas cultivadas em sistemas agrícolas agroflorestais orgânicos com a preservação e regeneração ambiental. Tais ações, necessariamente, passam pela realização de pesquisas no campo agrônomico, o que conduziu à proposta do presente trabalho.

Nessa perspectiva, o presente estudo teve por objetivo, observar o desenvolvimento das características agronômicas dessa cultura em sistema agroflorestal, a fim de viabilizar uma melhor qualidade do óleo essencial do gerânio, e ainda ser utilizada como base para novas pesquisas nas áreas de avaliação de plantios de espécies destinadas à produção de óleos essenciais.

7.2. MATERIAL E MÉTODOS

O campo experimental de cultivo agroflorestal do *P. graveolens* foi implementado no Sítio Semente, propriedade de Agricultura Familiar referência em Sistemas Agroflorestais Sintrópicos no Distrito Federal. O sítio está localizado no Núcleo Rural Lago Oeste – Distrito Federal, na região da Área de Preservação Ambiental (APA) da Cafuringa, de coordenadas Latitude -15,5642282S e Longitude -48,0298433W, mensurados pelo Google Earth.

O clima da região é caracterizado como Aw, segundo a classificação climática de Köppen, apresentando durante o ano duas estações bem definidas, período chuvoso entre outubro e abril e período seco de maio a setembro. A precipitação média anual dos últimos quarenta anos foi de 1345,8 mm, com média superior geralmente de 120 mm em outubro quando se inicia, e com 93,9 mm no mês de abril, quando começa a estiagem (SILVA et al., 2015).

Na área do experimento o solo é classificado como Latossolo Vermelho e o relevo é com menos de 4% de declividade. Antes do plantio das mudas no campo foram retiradas amostras de solo, na profundidade de 0 a 20 cm, às quais foram submetidas à análise de solo em laboratório. O resumo dos resultados da análise está apresentado na Erro! Fonte de referência não encontrada. e Erro! Fonte de referência não encontrada..

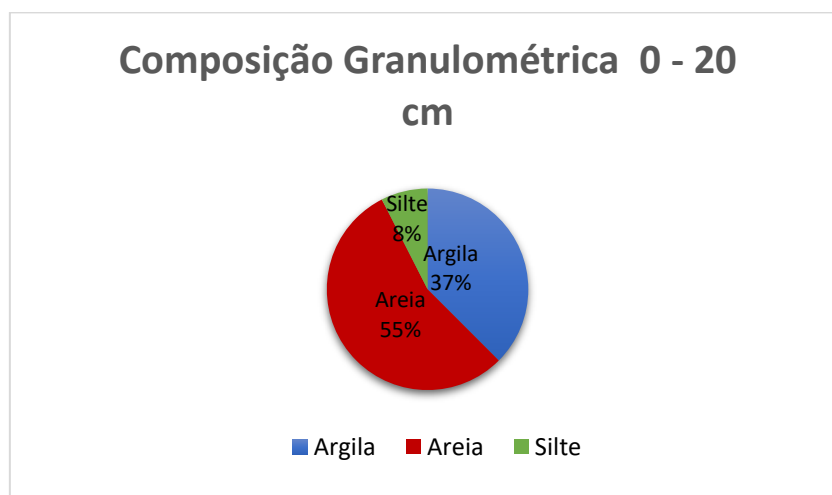


Figura 16. Composição granulométrica com base no resultado da análise de solo da área experimental, 2023.

Na Erro! Fonte de referência não encontrada. estão apresentados os resultados da análise de solo antes das correções realizadas.

Tabela 5. Resultado da análise de solo da área experimental, Sítio Semente - DF. 2023.

COMPLEXO SORTIDO													
pH	P	Ca	Mg	K	Na	Al	Al+H	Soma de Bases	CTC a pH	V	m	C	Mo
mg/dm ³		cmol/dm ³						%		g/Kg			
7,5	1,4	3,0	1,4	0,21	0,05	0,1	3,0	4,7	7,7	61	2	32,2	55,4
MICRONUTRIENTES							COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA (g/Kg)						
B	Cu	Fe	Mn	Zn	S	Argila			375				
mg/dm ³						Areia			550				
0,09	0,30	87,1	10,0	0,70	164,8	Silte			75				

O experimento foi conduzido em Sistema Agroflorestal Sintrópico, implantado em 20 de julho de 2022 e acompanhado até fevereiro de 2023. As mudas de gerânio foram plantadas juntamente com outras plantas companheiras listadas na Erro! Fonte de referência não encontrada..

Tabela 6. Plantas medicinais consorciadas com o *P. graveolens* no SAF sucessional.

Nome científico	Nome popular	Espaçamento (m)	Unidade
<i>Achillea millefolium</i> L.	Mil folhas	1,5 x 0,20	100
<i>Melaleuca alternifolia</i>	Melaleuca	1,5 x 1,5	50
<i>Salvia officinalis</i>	Sálvia	0,15 x 0,80	200
<i>Lavandula angustifolia</i>	Lavanda	1,5 x 0,30	100
<i>Baccharis dracunculifolia</i>	Alecrim-do-campo	1,5 x 1,5	18
<i>Musa</i> spp.	Banana	3,0 x 3,0	18
<i>Schinus terebinthifolia</i>	Aroeira pimenteira Rosa	3,0 x 3,0	18
<i>Eucalyptus globulus</i>	Eucalipto globulus	0,75 x 0,75	36
<i>Corymbia citriodora</i>	Eucalipto citriodora	0,75 x 0,75	36
<i>Copaifera langsdorffii</i>	Copaíba (semente)	3,0 x 3,0	54

Na área da pesquisa foi realizado o preparo do solo com adubação orgânica, onde foram adicionados 200g/m² de calcário dolomítico, 200g/ m² de yoorin máster e 1,0kg/m² de esterco bovino em toda a área, além da cobertura morta, para favorecer o microclima e contribuir na qualidade da matéria orgânica do solo.

A planta foco cultivada é o gerânio, *Pelargonium graveolens*, respeitando o espaçamento de 1,5 x 1,5m entre plantas e entre linhas, totalizando 50 unidades de mudas.

A propagação vegetativa das mudas de gerânio foi através de estaquia. As estacas foram retiradas de plantas já cultivadas no Sítio Semente pela produtora rural, e ficaram 45 dias no viveiro até atingirem uma boa condição para ir para o campo, com sistema radicular desenvolvido e produção de folhas considerável. O substrato utilizado para produção das mudas foi 2/3 de terra para 1/3 de areia.

O delineamento experimental foi em Blocos Casualizados – DBC com 2 tratamentos (colheita) e três repetições (blocos) de plantas medicinais com canteiros de árvores na bordadura. Os blocos apresentavam as dimensões de 0,8m de largura e 25m de comprimento cada, e nas bordas os canteiros de árvores de 0,8m de largura e 25m de comprimento, totalizando em 5 canteiros. Os tratamentos foram épocas distintas de colheitas nas estações do ano (primavera – 4 meses e verão – 7 meses).

No manejo realizado na área predominaram as colheitas e podas quando necessário para a cobertura e incorporação da matéria orgânica no solo. Com quatro meses foi realizada a primeira colheita e iniciaram-se as avaliações de produtividade.

Análise das características agronômicas

Altura da planta

A determinação da altura da planta (cm) é mensurada através da medição da base do gerânio até o ápice do maior ramo, como pode ser observado na (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**).



Figura 17. Mensuração da altura da planta.

Diâmetro da copa

O diâmetro da copa (cm) da planta foi avaliado com a medição do tamanho da copa, ponta a ponta com trena (Erro! Fonte de referência não encontrada.).



Figura 18. Aferição do diâmetro da copa.

Número de folhas

O número de folhas foi obtido contando-se uma a uma as folhas de cada planta, oito em cada repetição, totalizando 24 plantas.

Determinação da massa fresca

Determinou-se a produção de massa fresca (MF) através da colheita da parte aérea das plantas com os cortes realizados aproximadamente 20 centímetros do solo (ARIE F BLANK et al., 2012). Após a colheita, pesou-se em balança digital a matéria fresca (g/planta) de cada planta (oito indivíduos) de cada bloco (B1, B2 e B3) separadamente.

Determinação da massa seca

A avaliação da massa seca foi avaliada pesando-se 2g da biomassa da planta gerânio (Erro! Fonte de referência não encontrada.– B) em balança analítica da marca GEHAKA, modelo IV2000, onde as amostras (Erro! Fonte de referência não encontrada. - A) foram submetidas à secagem por analisador de umidade por Infravermelho (XAVIER et al., 2021).

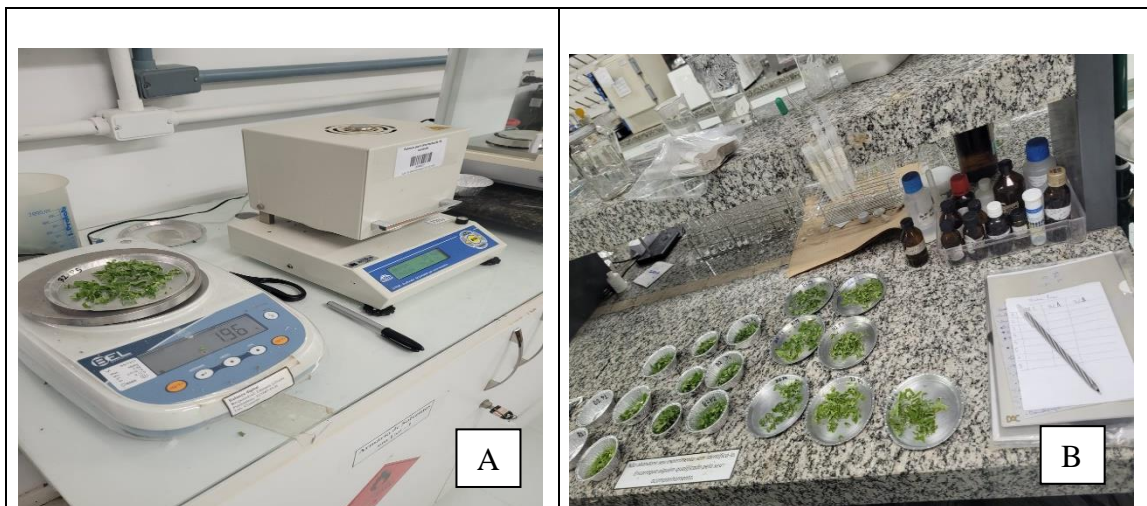


Figura 19. A – Balança analítica por infravermelho; B – Amostras de *Pelargonium graveolens*.

Obteve-se a umidade em base seca a partir da Equação 4, onde o valor final foi o valor de massa seca.

$$\text{Massa seca} = \text{Massa inicial} - \text{Massa final}$$

Em que:

Massa seca – Diferença entre massa inicial (g) e massa final (g);

Massa inicial – Biomassa fresca de *Pelargonium graveolens*; e

Massa final – Biomassa seca em balança analítica por infravermelho.

Análise Estatística

As variáveis estatísticas analisadas no período de 7 meses resumiram-se em: biomassa fresca da planta (kg/planta), biomassa seca (%), altura da planta, número de folhas e diâmetro de copa.

As médias das variáveis foram submetidas à análise de variância. No caso de diferença significativa entre os tratamentos (colheitas), aplicou-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

7.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste trabalho, foram realizadas duas colheitas de gerânio (*P. graveolens*) cultivados em sistemas agroflorestais, uma com quatro meses após os transplantes das mudas, em novembro no ano de 2022, e outra com sete meses, em fevereiro em 2023. Quando comparados os índices de altura, observou-se que as plantas com maiores valores se apresentaram na segunda colheita (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**). Os resultados observados neste estudo foram superiores aos obtidos por Ali; Hassan; Elgimabi (2018), em que a maior média de altura encontrada foi de 55,62cm para o gerânio na Arábia Saudita, após cerca de 54 dias, com aplicação foliar de extrato de moringa na concentração de 1:30.

De forma semelhante, o crescimento da altura do gerânio cultivado no sistema agroflorestal superou ainda os resultados registrados por Coelho (2022). A média da altura máxima encontrada por Coelho (2022) foi de 52,69 cm, enquanto no atual estudo, houve um avanço mais significativo, atingindo uma média máxima de 82,57cm de altura. A resposta positiva no desenvolvimento de altura do gerânio, em cultivo agroflorestal, pode estar associada à deposição de serrapilheira, que influencia na biodiversidade de microrganismos no solo favorecendo a alta ciclagem de nutrientes na área de plantio devido a composição e estratificação das espécies companheiras consorciadas no sistema, proporcionando uma nutrição mais diversificada para as plantas (IWATA et al., 2012).

Em relação ao diâmetro de copa e número de folhas, verificou-se que as plantas apresentaram maiores índices na colheita inicial (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**) em comparação com a segunda colheita, conseqüentemente, ocorreu maior produção de biomassa fresca e biomassa seca da parte aérea (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**). Estudos de Coelho (2022) corroboram com as diferenças observadas entre épocas de colheitas, onde a média para a primeira é maior, apresentando o valor de 542,95 folhas e de 341,88 folhas na segunda coleta de folhas de gerânio. Arie F Blank et al. (2012) presenciou redução no desenvolvimento de gerânio somente após a quarta e quinta colheita, exceto para diâmetro de copa e rendimento e teor de óleo essencial.

Já em relação aos dados obtidos para diâmetro de copa, estes foram comparados com os dados de número de ramos de Coelho (2022), onde ramos da colheita inicial se apresentaram superiores em relação a segunda colheita, com 42,88 e de 39,07cm respectivamente, corroborando com a mesma observação feita neste estudo, onde o diâmetro de copa da colheita

inicial foi de 135,33cm e posteriormente apresentou um decréscimo, com um diâmetro de copa de 105,22cm.

Tabela 7. Médias de diâmetro de copa, número de folhas e altura das plantas em plantas de gerânio (*Pelargonium graveolens*) cultivadas em Distrito Federal - DF.

Nº da colheita	Diâmetro de copa (cm)	Número de folhas	Altura das plantas (cm)
1	135,33	230,59	76,44
2	105,22	176,76	82,57

Valores médios superiores registrados durante a colheita inicial foram observados inclusive na produção de massa fresca e seca, conforme demonstrado na Erro! Fonte de referência não encontrada.. Na primeira colheita, a média de massa fresca foi de 1913,59g, superior aos 1671,19g da segunda colheita. Os dados de massa fresca observadas neste estudo, foram mais altos que os registrados por Arie F Blank et al., (2012) e Coelho, (2022), onde a produção de biomassa fresca variou de 426,66 a 900g, respectivamente. Já os resultados obtidos por Rabelo (2014), constata dados similares aos deste estudo, com registros de média de 1046,27g de biomassa fresca para as plantas cultivadas em campo e de 1685,08g para as plantas cultivadas em estufa, conforme indicado na Erro! Fonte de referência não encontrada..

Tabela 8. Massa fresca (folhas) e massa seca (folhas) de plantas de gerânio (*Pelargonium graveolens*) cultivadas em Distrito Federal - DF.

Nº da colheita	Massa fresca (g planta)	Massa seca (g planta)
1	1913,59	797,28
2	1671,19	403,86

Os resultados apresentados demonstram que a colheita inicial de gerânio no Distrito Federal foi influenciada positivamente pelas condições edafoclimáticas vigentes, as quais possivelmente favoreceram o crescimento do gerânio em cultivo agroflorestal. Durante o mês de novembro, registrou-se um total de 442,4 mm de chuva na Estação Convencional de Brasília (Erro! Fonte de referência não encontrada.). Neste período o desenvolvimento desta espécie se destacou, uma vez que o gerânio tende a apresentar uma maior produção de biomassa em ambientes com umidade elevada do solo, conforme destacado por Eiasu et al. (2008). Vale mencionar que para o Distrito Federal fevereiro de 2023 foi o segundo mês com menor índice de pluviometria desde 1961, ficando atrás apenas dos 37,2mm registrados no ano de 2010, fator

que pode ter influenciado uma menor produção de biomassa do *P. graveolens* (INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA, 2023).

A possibilidade de aumentar a produção de biomassa do gerânio através de práticas agrícolas é importante, pois a partir dela que se realiza a extração de óleos essenciais, produto de alto valor agregado (MAZEED et al., 2022; VERMA et al., 2013). Estudos anteriores registraram maiores rendimentos e melhores qualidades de óleo essencial em *P. graveolens* no cultivo desta espécie sob adubação orgânica; aplicação de bioestimulantes de moringa como fonte de macro e micronutrientes; e aplicação de três aditivos orgânicos: estrume de curral, vermicomposto e biochar, e verificaram excelentes resultados no aumento de produção (PANDEY; PATRA, 2015; ALI; HASSAN; ELGIMABI, 2018; MAZEED et al., 2022). Nesta perspectiva, os resultados obtidos nesta pesquisa indicam um efeito promissor no cultivo desta espécie em sistema agroflorestal, por ser um sistema com tendência de acúmulo de matéria orgânica no solo e disponibilização de nutrientes, através de podas das plantas companheiras e a associação de demais práticas alternativas como o uso de adubos orgânicos, bioestimulantes e outros de fácil acesso ao produtor rural e permitidas pela agricultura orgânica e agroecológica (NILOFER et al., 2018; LEGESSE; VERMA; KUMAR; SARESH, 2021; NEGASH, 2021; REBELLO, 2021; BARAZETTI et al., 2022).

Quanto a temperatura mais propícia para o cultivo do gerânio, foi possível observar que a espécie demonstrou maior produtividade quando cultivado em períodos de menor temperatura (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**). Temperaturas elevadas podem levar ao aumento da mortalidade das plantas de gerânio quando comparados em cultivos no período de clima ameno, conforme relatado por Nilofer et al., (2018).

Tabela 9. Médias de temperatura (máxima, mínima e média) e precipitação acumulada em Brasília nos períodos das colheitas.

Período de colheita	Temperatura Méd Máxima (°C)	Temperatura Méd. Mínima (°C)	Temperatura Méd. mês (°C)	Precipitação (mm)
novembro	26,8	17,2	20,9	442,4
fevereiro	28,6	18,5	22,9	55

Em relação a análise de variância (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**) não houve diferença significativa entre os intervalos de corte e os blocos, a 5% de probabilidade pelo teste de F, para todas as variáveis avaliadas, sendo as comparações feitas independentemente em cada colheita.

Tabela 10. Resumo da análise de variância das variáveis diâmetro de copa, número de folhas, altura das plantas, massa fresca e massa seca; em blocos ao acaso; de características avaliadas em dois períodos de colheitas

	GL	Diâmetro de copa (cm)	Nº de folhas (und)	Altura das plantas (cm)	Massa fresca (g)	Massa seca (g)
Blocos	2	3253.50	6098.00	894.54	556370.66	32620.71
Tratamento	1	12973.50 ns	23814.00 ns	3577.04 ns	219870.66 ns	114057.09 ns
Resíduo	2	3253.50	6098.00	894.54	556370.66	32620.71
Média		46.50	63.00	24.42	605.33	137.88
Mínimo		118.67	157.67	66.33	1123.67	263.20
Máximo		144.00	209.33	81.33	2276.00	504.25

diferentes. Brasília – DF, 2024.

*Dados seguidos de ns não diferem pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Variações no diâmetro da copa, número de folhas, altura e biomassa das plantas entre as colheitas podem indicar mudanças no padrão de crescimento e desenvolvimento das plantas ao longo do tempo. Estas mudanças são influenciadas por vários fatores, e no que compreende os sistemas agrofloretais, a estratificação é um aspecto importante a se considerar, pois o desenvolvimento da estratificação do sistema influencia na incidência solar sob as culturas, e irão diminuir ou aumentar a depender da dinâmica do desenvolvimento das plantas companheiras e no processo de manejo realizado no sistema (GÖTSCH, 1997; REBELLO, 2021).

Neste estudo, os canteiros das bordas foram compostos com espécies arbustivas e arbóreas e na primeira colheita estas espécies estavam em estágio de desenvolvimento inicial (**Erro! Fonte de referência não encontrada.- A**), com apenas 4 meses de implementação, ou seja, com incidência solar de forma mais uniforme sob todos os blocos. Já na segunda colheita com 7 meses (**Erro! Fonte de referência não encontrada.- B**), as plantas arbóreas e arbustivas, se encontravam com a estratificação desenvolvida e copas adensadas, fator que pode ter influenciado na maior incidência de sombra nas plantas cultivadas nos blocos do meio, ou seja, menor incidência de radiação solar e conseqüentemente menor taxa fotossintética (GÖTSCH, 1997; REBELLO, 2021). Além disso as diferenças avaliadas entre as duas colheitas

realizadas podem ser atribuídas as condições climáticas, disponibilidade de nutrientes e/ou outras características associadas aos fatores de crescimento das plantas (COELHO, 2022).



Figura 20. A. Primeira colheita de *P. graveolens* com 4 meses; B. Segunda colheita de *P. graveolens* com 7 meses

É válido mencionar que o gerânio (*P. graveolens*), ainda que tenha apresentado decréscimo nos aspectos agrônômicos (diâmetro de copa, número de folhas, massa seca e fresca da planta) entre a colheita inicial e a posterior, os resultados obtidos no atual estudo em cultivo agroflorestal se mostram relevantes, pois apresentam-se superiores àqueles encontrados em cultivo de monocultura por Arie F Blank et al., (2012); Rabelo, (2014) e Coelho, (2022). Autores preconizam que o gerânio apesar de ser pouco exigente com a fertilidade dos solos, responde bem ao fornecimento de bioinsumo e matéria orgânica, propriedades que o sistema agroflorestal proporciona naturalmente conforme realiza-se os manejos necessários (RABELO, 2014; PANDEY; PATRA, 2015; ALI; HASSAN; ELGIMABI, 2018; YADAV et al., 2019).

Outro aspecto importante mencionar é que o gerânio admite até quatro colheitas por ano com uma boa resposta a rebrota. Fator indicativo que esta espécie pode ser uma boa opção para um cultivo que combina o plantio de espécies perenes, semi-perenes, de ciclos curtos e longos em uma mesma área. Assim, promove-se colheitas ao longo do ano e geração de renda ao agricultor em períodos de curto, médio e longo prazo através da comercialização dos diferentes produtos agrícolas consorciados, possibilitando a estabilidade e diversificação da renda (ELISA et al., 2014; TELES ARANTES FELIPE et al., 2023).

Além disso, a agrofloresta sob manejo orgânico é um sistema de plantio agrícola com manejo sustentável e adequado para as plantas medicinais. Permite a obtenção de matérias-primas de qualidade e segurança; preserva ao máximo os princípios ativos e aromáticos, sem a utilização de agrotóxicos ou fertilizantes convencionais; permite a combinação de plantas companheiras com diferentes potenciais, seja repelente que podem ser utilizadas para a fabricação de inseticidas ou fungicidas naturais; produção de remédios, alimentos e árvores nativas, tudo isso em uma mesma área de cultivo (AZEVEDO, 2002; ARTAXO, 2020; SANTORO et al., 2020).

Os sistemas agroflorestrais sucessionais oferecem, ainda, outros benefícios, como a capacidade de capturar nutrientes mais profundos do solo, promover a resiliência dos agroecossistemas, regenerar as áreas de cultivo através do uso, atrai fauna, fixa carbono, protege de ventos, produz madeira, promove o equilíbrio do microclima e do clima, contribuem para a segurança alimentar, a adaptação às mudanças climáticas e a conservação da biodiversidade, assim proporciona o equilíbrio entre a agricultura e a preservação ambiental (REBELLO, 2021).

Neste sentido, os resultados obtidos na presente pesquisa, buscaram ampliar o conhecimento científico e a prática agrícola em relação ao cultivo do gerânio em sistemas agroflorestrais sustentáveis e econômicos, com foco na extração de óleos essenciais, que até o presente momento não havia sido relatado e podem ser usados para avaliar o desempenho do *P. graveolens* sob diferentes condições ambientais e formas de cultivo. Além disso, esses dados contribuem para a compreensão das estratégias mais adequadas para o manejo desta espécie em sistema agroflorestral sucessional, o qual pode ser desenvolvido e/ou adaptado de acordo com as necessidades e potencialidades de cada propriedade rural para garantir a produção adequada de metabólitos secundários e atender a demanda comercial de óleo essencial de gerânio.

7.4. CONSIDERAÇÕES FINAS

Neste estudo, observou-se efeitos positivos nos parâmetros agronômicos na produção do *P. graveolens* em sistema agroflorestal. Com maior incidência solar, os resultados foram mais favoráveis, com valores elevados de biomassa fresca, matéria-prima para a extração de óleos essenciais. Quanto à época de colheita, verificou-se que as plantas apresentaram maiores índices na colheita inicial, influenciada positivamente pelas condições edafoclimáticas vigentes.

O cultivo do gerânio em sistema agroflorestal é uma estratégia inovadora e promissora. Esta forma de cultivo permite a obtenção de matérias-primas de qualidade e segurança, preservando ao máximo os princípios ativos e aromáticos, sem a utilização de agrotóxicos ou fertilizantes convencionais. No entanto, é importante ressaltar que são necessários estudos adicionais para maximizar os benefícios desse sistema.

Como sugestão para pesquisas futuras, recomenda-se o estudo do cultivo com maiores espaçamentos entre os canteiros de gerânio as árvores do sistema, a fim de viabilizar a incidência solar nas plantas de gerânio. Essa abordagem pode contribuir para melhorar ainda mais os resultados agronômicos e a produção de óleos essenciais.

7.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALI, E. F.; HASSAN, F. A. S.; ELGIMABI, M. **Improving the growth, yield and volatile oil content of *Pelargonium graveolens* L. Herit by foliar application with moringa leaf extract through motivating physiological and biochemical parameters.** South African Journal of Botany, v. 119, p. 383–389, 1 nov. 2018.

BARAZETTI, V. M. et al. **Management perspectives aimed at maximizing the production of secondary metabolites from medicinal plants in agroforestry systems.** Agroforestry Systems, v. 96, n. 4, p. 681–695, 1 abr. 2022.

BERGMAN, M. E.; BHARDWAJ, M.; PHILLIPS, M. A. **Cytosolic geraniol and citronellol biosynthesis require a Nudix hydrolase in rose-scented geranium (*Pelargonium graveolens*).** Plant Journal, v. 107, n. 2, p. 493–510, 1 jul. 2021.

BLANK, A. F. et al. **Influência do horário de colheita e secagem de folhas no óleo essencial de melissa (*Melissa officinalis* L.) cultivada em dois ambientes.** Revista Brasileira de Plantas Mediciniais, v. 8, n. 1, p. 73-78, 2005.

BLANK, Arie F. et al. **Plant spacing and harvest intervals on biomass and essential oil of geranium.** Horticultura Brasileira, v. 30, p. 740-746, 2012.

BIESKI, I. G. C. et al. **Potencial econômico e terapêutico dos óleos essenciais mais utilizados no Brasil.** Revista Fitos, v. 15, n. Supl 1, p. 125–137, 31 jan. 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Ministério da Saúde articula ação para a produção no país atender 70% das necessidades do SUS.** Brasília: Ministério da Saúde, 2024. Disponível em: <<https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/noticias/2023/abril/ministerio-da-saude-articula-acao-para-a-producao-no-pais-atender-70-das-necessidades-do-sus>>.

CÂNDIDA, H. T. M. C. **Observações Citológicas em *Pelargonium*.** *Bragantia - Boletim Técnico do Instituto Agronômico do Estado de São Paulo*, v. 23, 1964.

COELHO, I. M.; CASEIRO, V. A. P.; BOSISIO, M. M.; MELO, E. R.; PACHECO, A. C. **Desempenho agronômico do gerânio aromático nas condições edafoclimáticas de Presidente Prudente - SP.** Boletim de Pesquisa do Programa de Pós-Graduação em Agronomia - UNOESTE. 2022.

EIASU, B. K., STEYN, J. M., & SOUNDY, P. **Growth and essential oil yield of rose-scented geranium (*Pelargonium capitatum* × *P. radens* ‘Rose’) as affected by withholding irrigation at different times during regrowth.** *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, v.36, n.4, p. 285-294, 2008.

ELISA, M. et al. **BOLETIM N. o 2007.** a edição Revisada e atualizada. 2014.

GOTSCH, Ernst. **Homem e natureza: cultura na agricultura.** Centro de Desenvolvimento Agroecológico, 1995.

IWATA, Bruna de F. et al. **Sistemas agroflorestais e seus efeitos sobre os atributos químicos em Argissolo Vermelho-Amarelo do Cerrado piauiense.** *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 16, p. 730-738, 2012.

MAZEED, A. et al. **Efficient nutrient management for rose scented geranium (*Pelargonium graveolens* L’Herit ex Ait).** *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*. Elsevier GmbH, 2022.

NILOFER, A. et al. **A novel method for survival of rose-scented geranium (*Pelargonium graveolens* L.) mother plants under extreme climatic conditions.** *Industrial Crops and Products*, v. 126, p. 227–237, 15 dez. 2018.

PANDEY, V.; PATRA, D. D. **Crop productivity, aroma profile and antioxidant activity in *Pelargonium graveolens* L’Hér. under integrated supply of various organic and chemical fertilizers.** *Industrial Crops and Products*, v. 67, p. 257–263, 1 maio 2015.

RABELO, Paulo Gonçalves et al. **Produção de gerânio (*Pelargonium graveolens*) e óleo essencial em sistemas de cultivos e adubações com plantas oriundas de cultura in vitro.** 2014.

REBELLO, J. F. S. D. G. **AGRICULTURA SINTRÓPICA SEGUNDO ERNST GÖTSCH.** [s.l: s.n.].

SANTORO, A. et al. **A review of the role of forests and agroforestry systems in the fao globally important agricultural heritage systems (GIAHS) programme.** *Forests*, MDPI AG, 1 ago. 2020.

SOUSA, S. G. A.; WANDELLI, E. V.; ARAÚJO, M. I. **Sistemas agroflorestais para agricultura familiar.** Comunicado técnico 140, 2019.

VERMA, R. S. et al. **Essential oil composition of Pelargonium graveolens LHer ex Ait. cultivars harvested in different seasons.** *Journal of Essential Oil Research*, v. 25, n. 5, p. 372–379, 1 out. 2013.

XAVIER, C. S. F. et al. **Drying and evaluation of sugarcane bagasse, as adsorbent of textile dyes present in aqueous solutions.** *Revista Materia*, v. 26, n. 1, 2021.

YADAV, V. et al. **Benefits of biochar over other organic amendments: Responses for plant productivity (Pelargonium graveolens L.) and nitrogen and phosphorus losses.** *Industrial Crops and Products*, v. 131, p. 96–105, 1 maio 2019.

**8. AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO ÓLEO ESSENCIAL DE
Pelargonium graveolens CULTIVADO EM SISTEMA
AGROFLORESTAL NO DISTRITO FEDERAL**

Avaliação da qualidade do óleo essencial de *Pelargonium graveolens* cultivado em sistema agroflorestal no Distrito Federal

RESUMO: O gênero *Pelargonium* spp., é um dos mais relevantes da família *Geraniaceae*, amplamente comercializada devido às suas diversas propriedades farmacológicas e aplicações na forma de óleo essencial. Este estudo teve como objetivo avaliar a qualidade de óleo essencial em *Pelargonium graveolens* cultivado em sistema agroflorestal sucessional. O experimento foi conduzido nos anos de 2022 e 2023, em delineamento de blocos casualizados, dois tratamentos com base em duas colheitas e três repetições consorciadas com outras plantas aromáticas medicinais. A qualidade do óleo essencial de gerânio foi avaliada de acordo com a presença e concentração dos componentes majoritários, como os citronelóides (geraniol/citronelol) e linalol, comparados com a norma ISO 4731 de 2006 e relatos da literatura. Na composição química do *P. graveolens* encontradas na primeira colheita prevaleceram os componentes geraniol (16%, 24.2%, 13.5%), linalol (12.6%, 18.7%, 12.6%), citronelol (7.2%, 7.6%, 5.7%), considerando as três repetições, tidos como principais compostos para a espécie. Na segunda colheita houve diminuição na concentração de geraniol, mas aumento do citronelol e linalol. As concentrações dos compostos tidos como majoritários para a segunda colheita foram linalol (14.7%, 23.2%, 13.7%), cyclohexanone (10.2%, 13.3%, 11.3%), citronelol (8%, 11%, 9.7%), geraniol (10%, 15.7%, 9.9%), alfa terpineol (6.8%, 7.2%, 6.3%) e o γ -Eudesmol (4.4%, 5.9%, 6.2%). Comparado os valores deste trabalho aos constantes da ISO 4731, as concentrações de geraniol e linalol, em ambas as colheitas, excederam os valores máximos, enquanto o teor de geraniol não atendeu ao mínimo exigido pela norma. O cultivo de gerânio no Distrito Federal (DF) sob sistema agroflorestal apresenta potencial para a produção de óleo essencial de qualidade devido à semelhança do clima com as Ilhas Reunião, onde normalmente é produzido o óleo essencial de mais alta qualidade. No entanto, o cultivo deve ser submetido à maior radiação solar a fim de se obter metabólicos secundários com teores mais próximos das recomendações da ISO 4731 se o interesse for maior teor de geraniol.

Palavras-chave: *Pelargonium graveolens*, sistema agroflorestal, destilação por arraste a vapor, cromatografia - GC/MS, plantas aromáticas medicinais.

Assessment of the quality of *Pelargonium graveolens* essential oil grown in an agroforestry system in the Federal District

ABSTRACT: The genus *Pelargonium* spp. is one of the most relevant in the Geraniaceae family, widely commercialized due to its diverse pharmacological properties and applications in the form of essential oil. This study aimed to evaluate the quality of essential oil in *Pelargonium graveolens* cultivated in a successional agroforestry system. The experiment was conducted in 2022 and 2023, in a randomized block design, two treatments based on two harvests and three replications intercropped with other aromatic medicinal plants. The quality of geranium essential oil was evaluated according to the presence and concentration of the main components, such as citronelloids (geraniol/citronellol) and linalool, compared with the ISO 4731 standard of 2006 and literature reports. In the chemical composition of *P. graveolens* found in the first harvest, the components prevailed: geraniol (16%, 24.2%, 13.5%), linalool (12.6%, 18.7%, 12.6%), citronellol (7.2%, 7.6%, 5.7%), considering the three repetitions, considered the main compounds for the species. In the second harvest there was a decrease in the concentration of geraniol, but an increase in citronellol and linalool. The concentrations of the compounds considered the majority for the second harvest were linalool (14.7%, 23.2%, 13.7%), cyclohexanone (10.2%, 13.3%, 11.3%), citronellol (8%, 11%, 9.7%), geraniol (10%, 15.7%, 9.9%), alpha terpineol (6.8%, 7.2%, 6.3%) and γ -Eudesmol (4.4%, 5.9%, 6.2%). Comparing the values in this work to those contained in ISO 4731, the concentrations of geraniol and linalool, in both harvests, exceeded the maximum values, while the geraniol content did not meet the minimum required by the standard. The cultivation of geranium in the Federal District (DF) under an agroforestry system has potential for the production of quality essential oil due to the similarity of the climate with the Reunion Islands, where the highest quality essential oil is normally produced. However, the crop must be subjected to greater solar radiation in order to obtain secondary metabolites with levels closer to the ISO 4731 recommendations if the interest is a higher geraniol content.

Keywords: *Pelargonium graveolens*, agroforestry system, steam distillation, chromatography - GC/MS, medicinal aromatic plants.

8.1. INTRODUÇÃO

Nativo da África do Sul, o gênero *Pelargonium* spp., é um dos mais relevantes da família Geraniaceae, sendo amplamente cultivado em diversos países como Brasil, Rússia, Egito, Argélia, Marrocos, Congo e Japão e alguns continentes como a América Central e Europa (Boukhris et al., 2013; Russomanno, et al., 2013). As características típicas do gênero *Pelargonium* spp., são caules de crescimento lateral com ramificações, folhas pecioladas de bordas dentadas e pilosas. Dentre as 280 espécies da família Genaniaceae, algumas são aromáticas e possuem tricomas em diversas partes da planta, e no *P. graveolens* as maiores concentrações de tricomas ocorrem nas folhas (Sharopov et al., 2014; Misra et al., 2005). O gênero é composto de espécies aromáticas devido aos óleos essenciais (OE) que são ricos em compostos fenólicos e flavonoides, componentes de particular interesse devido aos seus benefícios para a saúde (BERGMAN; BHARDWAJ; PHILLIPS, 2021; AL-MIJALLI et al., 2022).

Esta planta aromática é predominantemente comercializada no mundo na forma beneficiada em óleo essencial devido às suas diversas utilizações além das clássicas funções de matéria-prima em diferentes indústrias como farmacêutica, agrônômica, alimentícia, saúde, cosmética e perfumaria (BERGMAN; BHARDWAJ; PHILLIPS, 2021; AL-MIJALLI et al., 2022; JARADAT et al., 2022). Em 2020, o fluxo de valores envolvendo a comercialização de gerânio foi estimado em US\$73.835,10 com indicação de aumento para cerca de US\$136.595,10 até o ano de 2031 (PATIL; DESHMUKH, 2022).

Além disso, atualmente, há 16 importadores ativos de óleo de gerânio no mundo, importando de 18 fornecedores. Os países que lideram o fluxo do mercado de exportação do OE de gerânio são França, Holanda e Espanha, e os principais países importadores são a Holanda, França e a Espanha (VOLZA, 2023). No Brasil, o mercado de exportação foi pouco expressivo, no entanto contribuiu com a importação do OE de gerânio resultando na movimentação de US\$(FOB) 2 milhões (BIESKI et al., 2022).

No cultivo do *P. graveolens*, os produtores precisam se atentar com a pureza do produto a ser colhido, ou seja, é importante que o material esteja livre de resíduos não desejáveis e que se apresente os compostos aromáticos e farmacêuticos de comprovada eficácia (BEN ELHADJ ALI et al., 2020; AL-MIJALLI et al., 2022). As variações dos compostos químicos, podem estar atrelados a fatores agroclimáticos como, espaçamento entre linhas e entre plantas,

localização geográfica, estágios fenológicos da planta, fatores ambientais, genéticos, métodos de extração do OE, armazenamento, e entre outras variáveis (AL-MIJALLI et al., 2022).

A composição química do perfil volátil do *P. graveolens* tem sido comumente relatada na literatura, sendo os principais constituintes monoterpenos citroneoloides (geraniol e citroneolol), linalol e demais compostos em menores teores (ALI; HASSAN; ELGIMABI, 2018; BEN ELHADJ ALI et al., 2020; BERGMAN et al., 2020; FAYOUMI et al., 2022; JARADAT et al., 2022).

Em estudos das relações entre as formas de cultivo, espaçamentos, intervalos de colheita, estágios fenológicos, adubação, demonstram variações no rendimento e nos constituintes fitoquímicos do óleo essencial de gerânio (ARIE F BLANK et al., 2012; PANDEY; PATRA, 2015; ALI; HASSAN; ELGIMABI, 2018; HASSANVAND; REZAEI NEJAD; FANOURAKIS, 2019; YADAV et al., 2019; COELHO, 2022; MAZEED et al., 2022). Levando-se em conta a importância da oportunidade de expandir a produção nacional de OE de *P. graveolens*, o direcionamento de pesquisas na área faz-se necessário no sentido de que novas informações possam ser alcançadas para o aumento da nossa capacidade produtiva de qualidade, visando sobretudo garantir nossa competitividade em termos de mercado externo, visto que o país já ocupa posição significativa no comércio de OE de outras espécies (BIESKI et al., 2022). Essa capacidade produtiva inclui principalmente a ideia do aumento do rendimento e a qualidade dos OEs de plantas cultivadas em sistemas agrícolas agrofloretais orgânicos com a preservação e regeneração ambiental. Tais ações, necessariamente, passam pela realização de pesquisas no campo agrônômico, o que conduziu à proposta do presente trabalho.

Este trabalho teve por objetivo analisar características agrônômicas e a qualidade do óleo essencial do gerânio, e ainda ser utilizada como base para novas pesquisas nas áreas de avaliação de plantios de espécies destinadas à produção de óleos essenciais.

8.2. MATERIAL E MÉTODOS

O campo experimental de cultivo agroflorestal do *P. graveolens* foi implementado no Sítio Semente, propriedade de Agricultura Familiar, referência em Sistemas Agroflorestais Sintrópicos no Distrito Federal. O sítio está localizado no Núcleo Rural Lago Oeste – Distrito Federal, na região da Área de Preservação Ambiental (APA) da Cafuringa. O campo encontra-se nas coordenadas Latitude -15,5642282S e Longitude -48,0298433W, dados gerados pelo Google Earth.

O clima da região é caracterizado como Aw, segundo a classificação climática de Köppen, apresentando durante o ano duas estações bem definidas, período chuvoso entre outubro e abril e período seco de maio a setembro. A precipitação média anual dos últimos quarenta anos foi de 1.345,8 mm, com média superior geralmente de 120 mm em outubro quando se inicia, e com 93,9 mm no mês de abril, quando começa a estiagem (SILVA et al., 2015).

Na área do experimento o solo é classificado como Latossolo Vermelho e o relevo é com menos de 4% de declividade. Antes do plantio das mudas no campo foram retiradas amostras de solo, na profundidade de 0 a 20 cm, às quais foram submetidas à análise de solo em laboratório. O resumo dos resultados da análise está apresentado na **Figura 21** e **Tabela 2**.

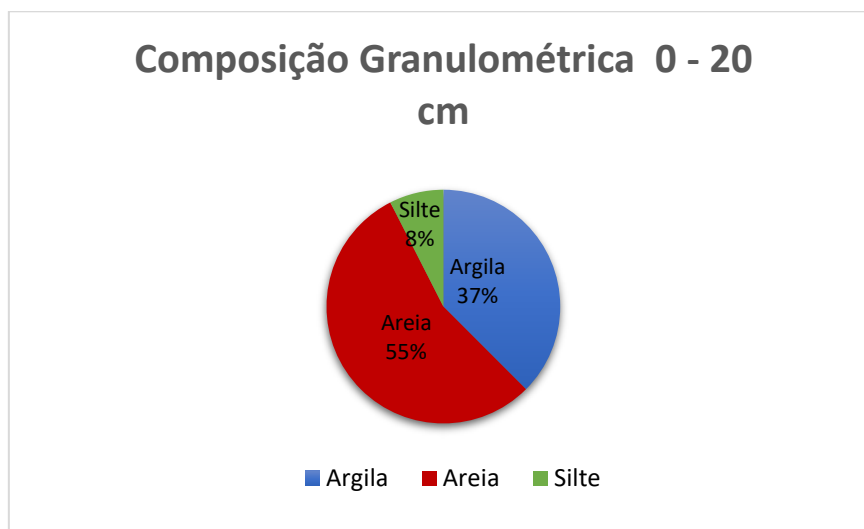


Figura 21. Composição granulométrica com base no resultado da análise de solo da área experimental, 2023.

Na **Tabela 11** estão apresentados os resultados da análise de solo realizado antes das correções necessárias.

Tabela 11. Resultado da análise de solo da área experimental, Brasília, DF. 2023.

COMPLEXO SORTIDO													
pH	P	Ca	Mg	K	Na	Al	Al+H	Soma de Bases	CTC a pH	V	m	C	Mo
mg/dm ³		cmol/dm ³						%		g/Kg			
7,5	1,4	3,0	1,4	0,21	0,05	0,1	3,0	4,7	7,7	61	2	32,2	55,4
MICRONUTRIENTES							COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA (g/Kg)						
B	Cu	Fe	Mn	Zn	S	Argila			375				
mg/dm ³						Areia			550				
0,09	0,30	87,1	10,0	0,70	164,8	Silte			75				

O experimento foi conduzido em Sistema Agroflorestal Sintrópico, implantado em 20 de julho de 2022 e acompanhado até fevereiro de 2023. As mudas de gerânio foram plantadas juntamente com outras plantas companheiras listadas na **Tabela 12**.

Tabela 12. Plantas companheiras do *P. graveolens* no SAF sucessional.

Nome científico	Nome popular	Espaçamento (m)	Unidade
<i>Achillea millefolium</i> L.	Mil folhas	1,5 x 0,20	100
<i>Melaleuca alternifolia</i>	Melaleuca	1,5 x 1,5	50
<i>Salvia officinalis</i>	Sálvia	0,15 x 0,80	200
<i>Lavandula angustifolia</i>	Lavanda	1,5 x 0,30	100
<i>Baccharis dracunculifolia</i>	Alecrim-do-campo	1,5 x 1,5	18
<i>Musa</i> spp.	Banana	3,0 x 3,0	18
<i>Schinus terebinthifolia</i>	Aroeira pimenteira Rosa	3,0 x 3,0	18
<i>Eucalyptus globulus</i>	Eucalipto globulus	0,75 x 0,75	36
<i>Corymbia citriodora</i>	Eucalipto citriodora	0,75 x 0,75	36
<i>Copaifera langsdorffii</i>	Copaíba (semente)	3,0 x 3,0	54

Na área da pesquisa foi realizado o preparo do solo com adubação orgânica, onde foram adicionados 200g/m² de calcário dolomítico, 200g/ m² de yoorin master e 1,0kg/m² de esterco bovino em toda a área, além da cobertura vegetal morta, para favorecer o microclima do solo e contribuir na qualidade da matéria orgânica do solo.

A planta foco cultivada é o gerânio (*Pelargonium graveolens*), respeitando o espaçamento de 1,5m x 1,5m entre plantas e entre linhas, totalizando 50 unidades de mudas.

A propagação vegetativa das mudas de gerânio foi através de estaquia. As estacas foram retiradas de plantas já cultivadas no Sítio Semente pela produtora rural, e ficaram 45 dias no viveiro até atingirem uma boa condição para ir para o campo, com sistema radicular desenvolvido e produção de folhas considerável. O substrato utilizado para produção das mudas foi 2/3 de terra para 1/3 de areia.

O delineamento experimental foi em Blocos Casualizados – DBC com 2 tratamentos (colheita) e três repetições (blocos) de plantas medicinais com canteiros de árvores na bordadura. Os blocos apresentavam as dimensões de 0,8m de largura e 25m de comprimento cada, e nas bordas os canteiros de árvores de 0,8m de largura e 25m de comprimento, totalizando em 5 canteiros. Os tratamentos foram épocas distintas de colheitas nas estações do ano (primavera – 4 meses e verão – 7 meses).

O manejo realizado na área consistiu nas colheitas e podas quando necessário, para a cobertura e incorporação da matéria orgânica no solo. Com quatro meses do transplante foi realizada a primeira colheita e iniciaram-se as avaliações de produtividade. Para a análises químicas foram feitas destilações dos óleos essenciais.

Determinação dos compostos e teores de óleo essencial

Os óleos essenciais - OEs do *P. graveolens* foram extraídos das folhas frescas (100g) em 600 ml de água destilada, em triplicata através do método de hidrodestilação, em aparelho tipo Clevenger por um período de 3 horas (ALI; HASSAN; ELGIMABI, 2018).

A coleta dos OEs foi realizada de forma manual e os OEs foram armazenados em frascos de vidro âmbar, devidamente identificados e mantidos no congelador até a última colheita para início das análises químicas.

Os compostos aromáticos das folhas do gerânio foram analisados por Cromatógrafo a Gás acoplado a Espectrômetro de Massas da marca Agilent®, cromatógrafo 6890N Network GC System, analisador SIMDIS D7169 AC, Analytical Controls.

As condições submetidas para análise GC/MS foram: temperatura do forno da coluna a 40°C; temperatura de injeção 290 °C; modo de injeção split 50; tempo de espera de 1 minuto; modo linear de controle de fluxo de gás, pressão 12,435 psi; fluxo da coluna de 1,0 ml/min., purga a 3,0 ml/min., até atingir 310 °C, mantendo esta temperatura por 20 minutos. Tempo final de corrida é em média de 63 minutos. Faixa do detector de 50-500 (m/z).

A identificação dos constituintes dos compostos voláteis foi realizada comparando-se os índices de retenção, o qual utiliza-se uma série homóloga de n-alcenos. Os índices de retenção, ou a normalização de Kováts, são calculados em uma escala logarítmica (equação 2) (ERVATTI GAMA et al., 2017).

$$I_T^A = \frac{\log(t_r X) - \log(t_r N)}{\log(t_r N_{+1}) - \log(t_r N)} + 100.n$$

Onde:

I: índice de Kováts na temperatura T e fase estacionária A

$t_r X$: tempo de retenção do componente X

$t_r N$: tempo de retenção do alcano N com t_r anterior ao componente X

$t_r N_{+1}$: tempo de retenção do alcano N com t_r posterior ao componente X

n: número de átomos de carbono do alcano N

A temperatura do processo cromatográfico é uma variável importante no ajuste da separação dos compostos dos metabólitos secundários. Dessa forma para ser usada em condições de temperatura variável é necessário que se utilize a equação linear, ou seja, calcule a aproximação da equação de Kováts, o resultado é chamado de índice de retenção linear IRL, calculado conforme a equação 3, a seguir.

$$IRL = \frac{t_r X - t_r N}{t_r N_{+1} - t_r N} + 100.n$$

Onde:

IRL: índice de retenção linear

t_rX : tempo de retenção do componente X

t_rN : tempo de retenção do alcano N com t_r anterior ao componente X

t_rN_{+1} : tempo de retenção do alcano N com t_r posterior ao componente X

n: número de átomos de carbono do alcano N

A comparação de cada tempo de retenção dos componentes da amostra foi realizada pico a pico, juntamente com seus respectivos intervalos de dados correspondentes da série homóloga. Os índices calculados foram então comparados com os dados disponíveis na biblioteca do AMDIS/NIST MS[®], 11^a edição, bem como com informações da literatura. A similaridade dos valores é atribuída em porcentagem (%), de acordo com o perfil de fragmentação.

8.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A composição química do *P. graveolens* cultivado no Distrito Federal - DF em sistema agroflorestal foi determinada pelo método de cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massa (GC-MS) para duas colheitas em fases diferentes 4 meses - novembro e 7 meses - fevereiro. A seguir está disposto o cromatograma da colheita inicial (**Figura 22**).

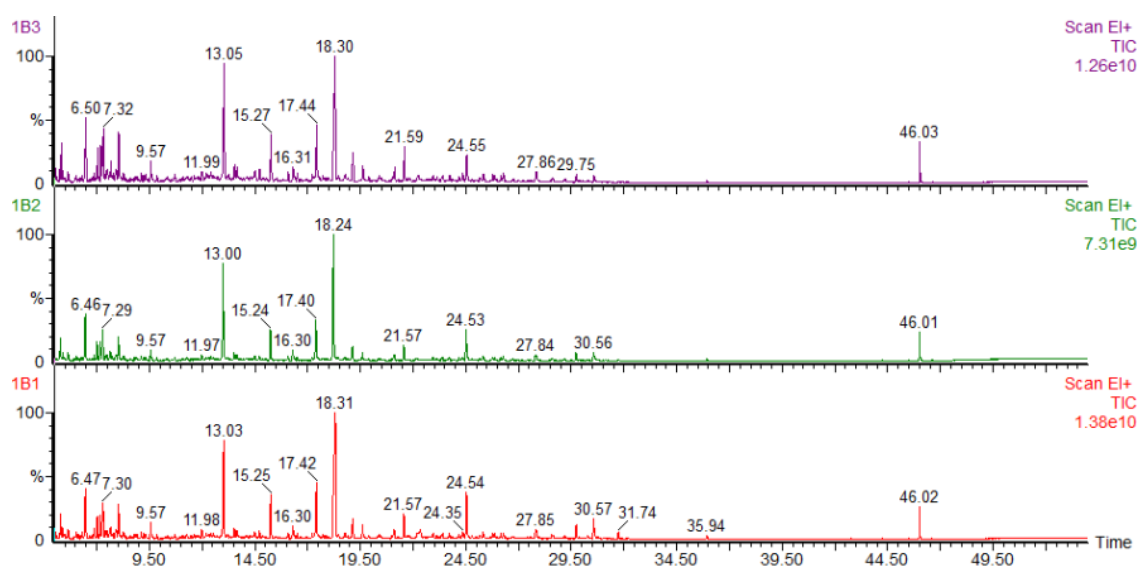


Figura 22. Cromatograma do óleo essencial de *P. graveolens*, primeira colheita sob o cultivo em sistema agroflorestal. Distrito Federal – DF.

Os resultados obtidos a partir dos cálculos de normalização de Kováts permitem observar que no bloco 2, foram registrados os maiores valores de abundância para as substâncias majoritárias presentes no óleo essencial de gerânio da primeira colheita, como pode ser observado na **Tabela 13**.

Tabela 13. Porcentagem da abundância relativa das substâncias majoritárias presentes no óleo essencial de *Pelargonium graveolens*, primeira colheita sob o cultivo em sistema agroflorestal. Distrito Federal – DF.

Colheita 1 – Bloco 1				
Pico	Índice de Kovats - IRL	% Abundância	Composto químico	RI de referência
6.46	904	6.4	2-Hepten	912
13.03	1103	12.6	Linalol	1099+-2
15.25	1166	5.6	Cyclohexanone	1166
17.42	1228	7.2	Citronelol	1228
18.31	1254	16	Geraniol	1255 +- 3
24.54	1445	5.9	Dimethyl phthalate	1455
46.02	2715	4.2	Disoctyl phthalate	2543
Colheita 1 – Bloco 2				
Pico	Índice de Kovats - IRL	% Abundância	Composto químico	RI de referência
6.46	904	8.9	4-Heptanone, 3-methyl	928
13	1102	18.7	Linalol	1099 +- 2
15.24	1165	5.9	Cyclohexanone	1164 +- 6
17.4	1227	7.6	Citronelol	1228 +- 3
18.24	1252	24.2	Geraniol	1255 +-3
24.53	1445	5.9	Dimethyl phthalate	1455 +- 5
46.01	2475	5.6	Dissocetyl phthalate	2543
Colheita 1 – Bloco 3				
Pico	Índice de Kovats - IRL	% Abundância	Composto químico	RI de referência
6.5	905	7	Heptane	908
13.05	1103	12.6	Linalol	1099
15.27	1166	5	Cyclohexanone	1166
17.44	1228	5.7	Citronelol	1228
18.3	1253	13.5	Geraniol	1255
24.55	1445	2.9	Dimethyl phthalate	1455
46.03	2516	4.5	Disicetyl phthalate	2543

Fatores abióticos como temperatura e luminosidade influenciam a composição e a concentração dos compostos químicos dos óleos essenciais (MORAIS, 2009). As oscilações das concentrações da abundância relativa dos compostos entre blocos podem ser atribuídas provavelmente por esses fatores abióticos, visto que o bloco 2 foi implementado no centro do campo experimental ficando mais exposto a incidência solar e consequentemente maior temperatura, diferentemente dos blocos 1 e 3, os quais encontravam-se limítrofes aos blocos das bordas compostos por espécies arbóreas. A maior produção de metabólitos secundários em condições de alta radiação solar ocorre devido as reações biossintéticas que dependem de suprimentos carbônicos, oriundos de processos fotossintéticos e compostos energéticos que participam da regulação dessas reações (Taiz & Zeiger, 2004).

Das substâncias encontradas nos blocos 1, 2 e 3 na primeira colheita – novembro de 2022 (**Tabela 13**), prevaleceram como majoritários os componentes geraniol (16%, 24.2%, 13.5%), linalol (12.6%, 18.7%, 12.6%), citronelol (7.2%, 7.6%, 5.7%), os tidos como principais compostos para esta espécie (HABER; CLEMENTE, 2013). Outros constituintes dos óleos essenciais estavam presentes em menores quantidades em comparação com os compostos acima mencionados.

Rabelo, (2014) estudando o cultivo de gerânio na região sudeste do Brasil, sob interações de sistemas de cultivo (campo e estufa) e tipos de adubação (orgânica e química) observou que a porcentagem relativa dos compostos citroneleoides (geraniol/citronelol) foram superiores aos encontrados neste estudo, com registros de citronelol com variação de 17,5 a 22% e de geraniol entre 41 e 50%.

Os resultados obtidos para a composição do óleo essencial neste estudo, ainda se diferem de outros autores. Análises sobre a composição química do *P. graveolens* cultivado na Universidade Zagazeg, no Egito revelou uma composição diferente, onde os principais componentes foram; citronelol (17,33%), cis-mentona (10,23%), β -linalol (10,05%), eudesmol (9,40%), formato de geraniol (6,87%) e óxido de rosa (5,77%) (EL-KAREEM et al., 2020). Nos estudos de Al-Mijalli et al. (2022), os compostos prioritários presentes em três estádios fenológicos do gerânio, nas fases vegetativa, início e final da floração, respectivamente foram mentol (15,80%, 14,06% e 20,57%), isogeraniol (15,47%, 15,05% e 9,14%), eremophileno (8,34%, 9,02% e 8,19%) e menteno (7,87%, 6,70% e 9,97%).

Na segunda colheita – fevereiro de 2023, foi observada diferenças na composição dos metabólicos secundários do OE de *P. graveolens* em relação à idade da planta e época de colheita, com a detecção de picos dos compostos majoritários adicionais em comparação com a análise anterior, conforme cromatograma (**Figura 23**).

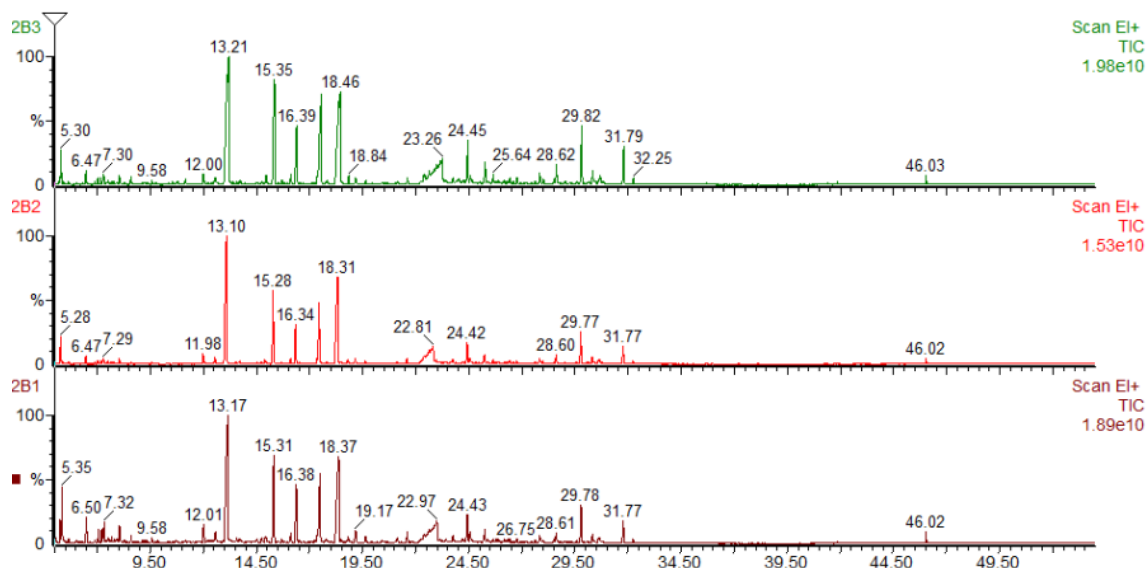


Figura 23. Cromatograma do óleo essencial de *P.graveolens*, segunda colheita ,sob cultivo em sistema agroflorestal. Distrito Federal – DF.

Os resultados da primeira para a segunda colheita se apresentaram diferentes (Tabela 8), onde é possível observar o decréscimo na concentração de abundância do geraniol. No entanto, houve o aumento do citronelol e linalol na composição do OE. As concentrações dos compostos tidos como majoritários para a segunda colheita foram linalol (14.7%, 23.2%, 13.7%), cyclohexanone (10.2%, 13.3%, 11.3%), citronelol (8%, 11%, 9.7%), geraniol (10%, 15.7%, 9.9%), alfa terpineol (6.8%, 7.2%, 6.3%) e o γ -Eudesmol (4.4%, 5.9%, 6.2%).

Tabela 14. Porcentagem da abundância relativa das substâncias majoritárias presentes no óleo essencial de *Pelargonium graveolens*, segunda colheita, sob o cultivo em sistema agroflorestal. Distrito Federal – DF.

Colheita 2 – Bloco 1				
Pico	Índice de Kovats - IRL	% Abundância	Composto químico	RI de referência
5.35	858	6.2	3-Hexen-1	857
6.5	905	3	3-Hexanone	0
13.17	1106	14.7	Linalol	1099
15.31	1167	10.2	Cyclohexanone	1166
16.38	1198	6.8	alfa terpineol	1189
17.49	1230	8	Citronelol	1228
18.37	1256	10	Geraniol	1255
22,97*	1394	2.3	n-Decanoic acid	1373
24.43	1441	3	Guaia-6-9-diene	1443
29.78	1622	4.4	γ -Eudesmol	1631
31.77	1694	2.6	Geranyl angelate	1635
46.02	2529	1.3	Bis(2-ethylhexyl) phthalate	2529
Colheita 2 – Bloco 2				
Pico	Índice de Kovats - IRL	% Abundância	Composto químico	RI de referência
5.28	855	4.7	3-Hexen-1-ol, (E)-	852
6.47	904	1.4	3-Hexanone,4.4-dimethyl	868
13.1	1105	23.2	Linalol	1099

15.28	1167	13.3	Cyclohexanone	1166
16.34	1197	7.2	alfa-Terpineol	1189
17.45	1229	11	Citronelol	1228
18.31	1254	15.7	Geraniol	1255
22.81*	1390	2.7	n-Decanoic acid	1373
24.42	1442	3.6	Guaia-6,9-diene	1443
29.77	1622	5.9	γ-Eudesmol	1631
31.77	1694	3.3	Geranyl tiglate	1702
46.02*	-	-	-	-

Colheita 2 – Bloco 3

Pico	Índice de Kovats - IRL	% Abundância	Composto químico	RI de referência
5.3	855	3.7	3-Hexen-1-ol	856
6.47	904	1.5	Nonane	900
13.21*	1108	13.7	Linalol	1099
15.35	1168	11.3	Cyclohexanone	1166
16.39	1198	6.3	Alpha - Terpeneol	1189
17*	1232	9.7	Citronelol	1228
18.46	1258	9.9	Geraniol	1255
24.45	1442	4.4	Guaia-6,9-diene	1443
29.82	1624	6.2	γ-Eudesmol	1631
31.79	1694	4	Geranyl angelate	1635
46.03	2378	0.9	Phthalic acid	2475

O perfil fitoquímico do gerânio e suas concentrações variam entre diversos estudos (ALI; HASSAN; ELGIMABI, 2018; BEN ELHADJ ALI et al., 2020; BERGMAN et al., 2020; FAYOUMI et al., 2022; JARADAT et al., 2022). Essas variações na composição dos metabólicos secundários do OE de *P. graveolens*, seja por fatores técnicos (poda, colheita, estabilização e armazenamento), fatores genéticos, bióticos ou abióticos, podem influenciar diretamente na qualidade e, conseqüentemente, nas formas de aplicação do óleo essencial e nos resultados de tratamentos (MORAIS, 2009). A qualidade do óleo essencial de gerânio (*P. graveolens*) é comumente avaliada com base na proporção de citroneloides (geraniol/citronelol) e seus derivados são os principais terpenos que destacam para o gênero, o que, por sua vez, influencia o valor do óleo (FEKRI et al., 2021; BLEROT et al., 2018).

A International Organization for Standardization instituiu a norma internacional ISO 4731, que cita algumas características específicas e indica as porcentagens mínimas e máximas dos constituintes do óleo de *Pelargonium X ssp.* provenientes de diferentes espécies de *Pelargonium* a fim de facilitar a avaliação da sua qualidade (ISO 4731, 2006). A seguir é possível verificar as concentrações estabelecidas pela ISO 4731 dos compostos majoritários presentes em gerânio (**Tabela 15**).

Tabela 15. Características dos constituintes majoritários do óleo de *Pelargonium X ssp* de acordo com a International Organization for Standardization, ISO 4731 de 2006.

	norte da África	Bourbon	China	Madagascar
geraniol				
mínimo	10,0	12,0	5,0	10,0
máximo	18,0	20,0	12,0	20,0
linalol				
mínimo	4,0	8,0	2,0	4,0
máximo	8,5	11,0	4,5	10,0
citronelol				
mínimo	25,0	18,0	32,0	18,0
máximo	36,0	26,0	43,0	26,0

Neste trabalho, para as concentrações de geraniol, os valores mínimos encontrados variaram de 13,5% a 9,9% na primeira e segunda colheita, respectivamente, com variações máximas de 24,2% e 15,7%. Em relação ao linalol, os valores mínimos encontrados foram de 12,6% e 13,7%, e os valores máximos de 18,7% a 23,2% na primeira e segunda colheita, respectivamente.

Comparado os valores encontrados neste trabalho aos recomendados pela ISO 4731, a concentração dos compostos geraniol e linalol excedeu os valores máximos recomendados. Trabalhos como Haber (2013) e Rabelo (2014) também extrapolaram a concentração máxima de geraniol indicada pela ISO 4731, onde observaram concentrações de 26,8% e 50%, respectivamente. Porém, Fayoumi et al. (2022) encontrou uma concentração de geraniol de 12,8%, atingindo apenas a concentração mínima recomendada pela ISO 4731, e o registro do composto linalol foi de 8,6%, o qual ficou dentro da faixa estipulada pela norma.

Quanto ao citronelol, as concentrações variaram entre 5,7% e 8% na primeira e segunda colheita, respectivamente, representando os valores mínimos observados. As variações máximas foram de 7,6% a 11%. É importante notar que nenhuma das concentrações foram alcançadas para os padrões estabelecidos pela ISO 4731, tanto a mínima quanto a máxima. O autor Rabelo (2014), em consonância com os achados deste trabalho, registrou concentração de citronelol de 17,5%, resultado inferior ao recomendado pela ISO 4731, corroborando com este estudo. No entanto, Ali; Hassan; Elgimabi (2018) observou composição do OE de gerânio dentro da norma ISO 4731 para os três compostos majoritários acima citados.

Importante mencionar que além do valor agregado do OE de gerânio estar relacionado à sua composição química, os tidos como compostos citronelóides (citronelol/geraniol), ou seja, suas propriedades medicinais também se devem a essas substâncias, pois a propriedade

bactericida do *P. graveolens* está associada a esses componentes, onde os OEs abundantes nesses constituintes e de seus derivados possuem amplo espectro antibacteriano (BLEROT et al., 2018; BEN ELHADJ ALI et al., 2020; FEKRI et al., 2021).

Outra associação importante aos compostos citronelóides, são as ações como agentes promotores fundamentais na atividade antioxidante propiciada por esta planta (WEI et al., 2022). Esta potencialidade antioxidante foi fortemente manifestada em outros estudos (AL-MIJALLI et al., 2022; FAYOUMI et al., 2022; JARADAT et al., 2022; PANDEY; PATRA, 2015; WEI et al., 2022). Além disso, vale ressaltar que o composto geraniol foi evidenciado em tratamento de variados tipos de câncer, englobando câncer de mama, pulmão, cólon, próstata, pâncreas e fígado, devido a seu potencial sensibilizador de células tumorais aos agentes quimioterápicos, medicamentos utilizados nesses tratamentos (CHO et al., 2016).

Nesse contexto, visto que a composição dos metabólicos secundários do óleo essencial de *P. graveolens* apresenta variações e que existem padrões de qualidade a serem seguidos para a obtenção de óleos essenciais de excelência, pesquisas sobre o cultivo dessa espécie em diferentes condições edafoclimáticas podem ter um impacto significativo na qualidade dos óleos essenciais do gerânio e outras plantas aromáticas.

O óleo essencial de gerânio de melhor qualidade geralmente é produzido nas Ilhas Reunião (JULIANI et al., 2006), devido ao clima tropical úmido da região, com temperaturas que variam de 23°C a 30°C no verão e 25°C a 18°C no inverno, clima semelhante ao do Distrito Federal-DF, indica um potencial para a produção de óleo essencial de gerânio de alta qualidade na região. Para o cultivo comercial, o sistema agroflorestral pode ser uma alternativa. No entanto, é necessário se atentar para que os canteiros de *P. graveolens* sejam submetidos a maior radiação solar, seja por maiores espaçamentos entre os canteiros ou por manejos frequentes na área, propiciando o ambiente em que os teores das substâncias de interesse se apresentaram com teores superiores aos dos ambientes com sombra.

Estudos adicionais podem estimular produtores locais a considerar o cultivo da espécie para extração do óleo essencial de gerânio no Distrito Federal.

8.4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Observou-se resultados mais favoráveis para o aumento dos teores dos compostos majoritários presentes no óleo essencial de gerânio no bloco 2 em ambas as colheitas. Este bloco foi implementado no centro do campo experimental, sendo mais exposto à incidência solar e, conseqüentemente, a temperatura mais elevada em comparação aos demais blocos, que faziam interface com os blocos das bordas compostos por espécies arbóreas.

Na primeira colheita, os componentes que prevaleceram como majoritários nos blocos 1, 2 e 3 foram geraniol (16%, 24,2%, 13,5%), linalol (12,6%, 18,7%, 12,6%), citronelol (7,2%, 7,6%, 5,7%). Já para a segunda colheita, as concentrações dos compostos tidos como majoritários foram linalol (14,7%, 23,2%, 13,7%), cyclohexanone (10,2%, 13,3%, 11,3%), citronelol (8%, 11%, 9,7%), geraniol (10%, 15,7%, 9,9%), alfa terpineol (6,8%, 7,2%, 6,3%) e o γ -Eudesmol (4,4%, 5,9%, 6,2%).

Ao comparar os valores deste estudo com os recomendados pela ISO 4731, verificou-se que as concentrações de geraniol e linalol em ambas as colheitas excederam os valores máximos recomendados, enquanto os teores de geraniol não atendeu ao mínimo exigido pela norma. O cultivo de gerânio no Distrito Federal sob sistema agroflorestal demonstra potencial para a produção de óleo essencial de gerânio de qualidade, devido à semelhança do clima com as Ilhas Reunião, conhecidas pela produção de óleos essenciais de excelência. No entanto, é necessário expor as plantas de gerânio a uma maior radiação solar para viabilizar a obtenção de metabólitos secundários com teores mais alinhados às recomendações da ISO 4731.

Como sugestão para pesquisas futuras, recomenda-se o estudo dos metabólitos secundários extraídos do gerânio cultivado em sistema agroflorestal com espaçamentos maiores entre os canteiros de gerânio e as árvores do sistema. Essa abordagem pode favorecer a incidência solar nas plantas de gerânio, contribuindo para melhorar os resultados do fitocomplexo dos óleos essenciais.

8.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALI, E. F.; HASSAN, F. A. S.; ELGIMABI, M. **Improving the growth, yield and volatile oil content of *Pelargonium graveolens* L. Herit by foliar application with moringa leaf extract through motivating physiological and biochemical parameters.** South African Journal of Botany, v. 119, p. 383–389, 1 nov. 2018.

AL-MIJALLI, S. H. et al. **Chemical Profiling and Biological Activities of *Pelargonium graveolens* Essential Oils at Three Different Phenological Stages.** Plants, v. 11, n. 17, 1 set. 2022.

ARIE F BLANK et al. **Plant spacing and harvest intervals on biomass and essential oil of geranium.** [s.l: s.n.].

BEN ELHADJ ALI, I. et al. **Bioactive compounds from Tunisian *Pelargonium graveolens* (L'Hér.) essential oils and extracts: α -amylase and acetylcholinesterase inhibitory and antioxidant, antibacterial and phytotoxic activities.** Industrial Crops and Products, v. 158, 15 dez. 2020.

BERGMAN, M. E. et al. **Distinct metabolic pathways drive monoterpene biosynthesis in a natural population of *Pelargonium graveolens*.** Journal of Experimental Botany, v. 71, n. 1, p. 258–271, 1 jan. 2020.

BERGMAN, M. E.; BHARDWAJ, M.; PHILLIPS, M. A. **Cytosolic geraniol and citronellol biosynthesis require a Nudix hydrolase in rose-scented geranium (*Pelargonium graveolens*).** Plant Journal, v. 107, n. 2, p. 493–510, 1 jul. 2021.

BIESKI, I. G. C. et al. **Potencial econômico e terapêutico dos óleos essenciais mais utilizados no Brasil.** Revista Fitos, v. 15, n. Supl 1, p. 125–137, 31 jan. 2022.

BOUKHRIS, M. et al. **Trichomes morphology, structure and essential oils of *Pelargonium graveolens* L'Hér. (Geraniaceae).** Industrial Crops and Products, v. 50, p. 604–610, out. 2013.

CHO, M. et al. **The antitumor effects of geraniol: Modulation of cancer hallmark pathways (Review).** International Journal of Oncology, v. 48, n. 5, p. 1772–1782, 1 maio 2016.

COELHO, I. M.; CASEIRO, V. A. P; BOSISIO, M. M.; MELO, E. R.; PACHECO, A. C. **Desempenho agrônomo do gerânio aromático nas condições edafoclimáticas de**

Presidente Prudente - SP. Boletim de Pesquisa do Programa de Pós-Graduação em Agronomia - UNOESTE. 2022.

EL-KAREEM, M. S. M. A. et al. **Mass spectral fragmentation of pelargonium graveolens essential oil using GC-MS semi-empirical calculations and biological potential.** Processes, v. 8, n. 2, 1 fev. 2020.

ERVATTI GAMA, P. et al. **Automação de Planilhas Eletrônicas para o Cálculo de Índices de Retenção na Análise de Óleos Essenciais.** [s.l: s.n.].

FAYOUMI, L. et al. Phytochemical constituents and therapeutic effects of the essential oil of rose geranium (*Pelargonium hybrid*) cultivated in Lebanon. **South African Journal of Botany**, v. 147, p. 894–902, 1 jul. 2022.

HABER, L. L.; CLEMENTE, F. M. V. T. **Plantas aromáticas e condimentares: uso aplicado na horticultura.** [s.l: s.n.].

ISO 4731. **Oil of geranium (*Pelargonium X ssp.*).** [s.l: s.n.]. Disponível em: <www.iso.org>.

JARADAT, N. et al. Chemical Markers and Pharmacological Characters of *Pelargonium graveolens* Essential Oil from Palestine. **Molecules**, v. 27, n. 17, 1 set. 2022.

JULIANI H. R.; KOROCH A.; SIMON J. E.; HITMANA N.; DAKA A.; RANARIVELO L. e LANGENHOVEN P. 2006. **Quality of Geranium Oils (*Pelargonium species*): Case of Studies in Southern and Eastern Africa.** Journal of Essential Oil Research, v. 18, p. 116-121.

M'HAMDI, Zakya et al. **Composição química e atividade antibacteriana do óleo essencial de *Pelargonium graveolens* e suas frações.** Jornal Árabe de Química, v. 1, pág. 105375, 2024.

MORAIS, L. A. S. **Influência dos fatores abióticos na composição química dos óleos essenciais.** 2009.

NARNOLIYA, Lokesh Kumar; JADAUN, Jyoti Singh; SINGH, Sudhir P. **The phytochemical composition, biological effects and biotechnological approaches to the production of high-value essential oil from geranium.** Essential Oil Research: Trends in Biosynthesis, Analytics, Industrial Applications and Biotechnological Production, p. 327-352, 2019.

PANDEY, V.; PATRA, D. D. Crop productivity, aroma profile and antioxidant activity in *Pelargonium graveolens* L'Hér. under integrated supply of various organic and chemical fertilizers. **Industrial Crops and Products**, v. 67, p. 257–263, 1 maio 2015.

PATIL, G.; DESHMUKH, R. **GERANIUM OIL MARKET**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <www.alliedmarketresearch.com>.

RABELO, Paulo Gonçalves et al. **Produção de gerânio (*Pelargonium graveolens*) e óleo essencial em sistemas de cultivos e adubações com plantas oriundas de cultura in vitro**. 2014.

SILVA, Anderson de Carvalho et al. **Influência de filme plástico, adubação, espaçamento e intervalo de colheita na biomassa e no óleo essencial de Gerânio (*Pelargonium graveolens* L' hér)**. 2011.

TAIZ L; ZEIGER E. 2004. **Fisiologia vegetal**. 3ª ed. Rio de Janeiro: Ed. Artmed. 720 p.

WEI, L. et al. **Comparison of chemical composition and activities of essential oils from fresh leaves of *Pelargonium graveolens* L'Herit. extracted by hydrodistillation and enzymatic pretreatment combined with a solvent-free microwave extraction method**. *Industrial Crops and Products*, v. 186, 15 out. 2022.

**9. DOENÇA BACTERIANA EM *Pelargonium graveolens* CULTIVADO
EM SISTEMA AGROFLORESTAL NO DISTRITO FEDERAL**

Doença bacteriana em *Pelargonium graveolens* cultivado em sistema agroflorestal no Distrito Federal

RESUMO: A cultura *Pelargonium graveolens*. tem ganhado cada vez mais importância devido à sua natureza aromática e medicinal. O óleo essencial dessa planta é amplamente difundido na indústria farmacêutica, cosmética, agrônômica e alimentícia, devido ao seu aroma adocicado similar ao aroma de rosas. No entanto, a ocorrência de pragas e doenças em plantas é frequente em ambientes rurais e no cultivo de plantas medicinais. Com o objetivo de incentivar o cultivo orgânico de plantas medicinais e aromáticas para preservar seus teores terapêuticos e evitar resíduos de agrotóxicos, a identificação de fitopatógenos é fundamental. Neste estudo, objetivou-se identificar o microrganismo que atacou de forma severa o *Pelargonium graveolens* cultivado em campo no Distrito Federal. O estudo foi realizado por meio de Postulados de Koch, através de inoculações de bactéria isolada via pulverização, penetração do caule, infiltração celular, mergulho da tesoura no inóculo e teste de hipersensibilidade em tabaco e tomate. Após duas semanas de observação das plantas inoculadas, os resultados foram apurados. No entanto, os métodos de inoculação não apresentaram os sintomas com a mesma intensidade observada em campo, resultando em insuficientes para identificar a bactéria isolada da planta matriz contaminada. Todavia, foi possível observar que o microrganismo isolado apresenta características de bactéria fitopatogênica, pois após sua inoculação em plantas saudáveis de fumo e tomateiro, resultou em sintomas de hipersensibilidade nestas espécies.

Palavras-chave: *Pelargonium graveolens*, doença, bactéria, plantas aromáticas medicinais.

Bacterial disease in *Pelargonium graveolens* cultivated in an agroforestry system in the Federal District

ABSTRACT: The *Pelargonium graveolens* culture. It has gained more and more importance due to its aromatic and medicinal nature. The essential oil of this plant is widely used in the pharmaceutical, cosmetic, agronomic and food industries, due to its sweet aroma similar to the aroma of roses. However, the occurrence of pests and diseases in plants is frequent in rural environments and in the cultivation of medicinal plants. With the aim of encouraging the organic cultivation of medicinal and aromatic plants to preserve their therapeutic contents and avoid pesticide residues, the identification of phytopathogens is essential. In this study, the objective was to identify the microorganism that severely attacked *Pelargonium graveolens* cultivated in the field in the Federal District. The study was carried out using Koch's Postulates, through inoculations of bacteria isolated via spraying, stem penetration, cellular infiltration, dipping the scissors into the inoculum and hypersensitivity testing in tobacco and tomatoes. After two weeks of observing the inoculated plants, the results were determined. However, the inoculation methods did not present symptoms with the same intensity observed in the field, resulting in insufficient to identify the bacteria isolated from the contaminated mother plant. However, it was possible to observe that the isolated microorganism presents characteristics of phytopathogenic bacteria, as after its inoculation in healthy tobacco and tomato plants, it resulted in symptoms of hypersensitivity in these species.

Keywords: *Pelargonium graveolens*, disease, bacteria, medicinal aromatic plants.

9.1. INTRODUÇÃO

A cultura *Pelargonium graveolens*, tem se tornado cada vez mais significativa. Esta planta, conhecida por suas propriedades aromáticas e medicinais, é uma fonte importante de óleo essencial com aroma adocicado similar ao aroma de rosas e tem sido amplamente difundida na indústria farmacêutica, cosmética, agrônômica e alimentícia (BERGMAN; BHARDWAJ; PHILLIPS, 2021; AL-MIJALLI et al., 2022; JARADAT et al., 2022). Aproximadamente 350 toneladas de óleos de gerânio são produzidas anualmente em todo mundo. No entanto é necessário aumentar essa produção, devido uma projeção de expansão para esse mercado de grande potencial (PANDEY; PATRA, 2015; IFEAT, 2017; WEI et al., 2022).

O gerânio é nativo do Sul da África, típico de clima temperado e subtropical, atualmente bem adaptado a diferentes condições agroclimáticas, até mesmo em climas tropicais (CÂNDIDA, 1964; GELALETI et al., 2019). No entanto, são plantas sensíveis as chuvas torrenciais, e se desenvolvem melhor em solos bem drenados e aerados, pois quando conduzidas em períodos de umidade elevada estimula a disseminação de vários patógenos, fatores que podem propiciar a mortalidade das plantas quando comparados em cultivos no período de clima ameno e baixa umidade (SAXENA et al., 2008; NILOFER et al., 2018).

A ocorrência de pragas e doenças em plantas são incidentes frequentes no ambiente rural, representando uma parcela significativa dos desafios enfrentados pelos agricultores. No cultivo de plantas medicinais, essa realidade não se altera, sendo igualmente desafiadora. A identificação de pragas e doenças fitopatogênicas podem ser feitas através da observação de sinais visíveis ou considerando fatores ambientais. No entanto, a descrição dos sintomas nem sempre é específica de uma determinada doença, o que torna o diagnóstico uma tarefa complexa (CAROLLO; PEIXOTO; FILHO, 2016).

Para identificar com precisão uma doença em uma planta, é fundamental realizar um exame detalhado e considerar diversas informações, como o estágio de desenvolvimento da cultura, as práticas culturais empregadas na plantação como, podas realizadas, condições climáticas às quais a cultura foi submetida e entre outros. Esses fatores são essenciais para compreender a relação entre a planta, o hospedeiro e o ambiente (CAROLLO; PEIXOTO; FILHO, 2016).

No que tange as bactérias, microrganismos abundantes na natureza, predominantemente benéficas, estas podem estar associadas às plantas de forma temporária ou duradoura, sem causar doenças, ou como patógenos, colonizando os tecidos e provocando doenças. As doenças bacterianas são um dos principais problemas fitossanitários, muitas vezes causando perdas devido à destruição parcial ou total da planta, o que pode resultar em grande prejuízo econômico (EMBRAPA, 2023).

As bactérias são dispersas por diversos meios como ar, água, insetos, animais, máquinas e propagação de mudas, onde normalmente penetram-se nas plantas através de danos e aberturas naturais. A depender da bacteriose e o nível de contaminação, o controle pode ser difícil (EMBRAPA, 2023). Nesse contexto, o uso de medidas preventivas é fundamental para evitar a propagação de doenças e pragas, devido ao impacto negativo que podem causar nas plantas. Visto que, o intuito é priorizar o cultivo de plantas medicinais e aromáticas de forma orgânica para preservar seus teores terapêuticos sem o perigo de apresentarem resíduos de agrotóxicos, preocupação inclusive das agências reguladoras de medicamentos em todo o mundo, conhecer as possíveis bacterioses que podem afetar na produção do gerânio é fundamental (ANVISA, 2022).

Nesta ótica, a identificação de fitopatógenos que afetam as plantas medicinais é, portanto, essencial para o desenvolvimento de estratégias de controle e prevenção de doenças que visam garantir a sustentabilidade da produção dessas espécies com qualidade e segurança. No presente estudo, objetivou-se identificar o microrganismo que atacou de forma severa o *Pelargonium graveolens* cultivado em campo no Distrito Federal.

9.2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento para a identificação do fitopatógeno que causou danos severos em *Pelargonium graveolens* foi realizado na Estação Experimental do Instituto de Ciências Biológicas (EEB), a qual é vinculada ao Departamento de Fitopatologia e pertencente a Universidade de Brasília - UnB. A área experimental foi implementada em agosto de 2023 e acompanhada até outubro de 2023, instalada em estufa para o devido controle e monitoramento adequado.

Para identificar a bactéria causadora dos danos em gerânio e estabelecer a relação causal entre a doença e o microrganismo foi necessário realizar os Postulados de Koch, diagnóstico descrito por Robert Koch, em 1881, o qual foi adaptado à fitopatologia e continua sendo amplamente utilizado até os dias atuais como um método clássico de comprovação para a diagnose de doenças de plantas. O diagnóstico de Koch envolve a identificação de um agente patogênico específico que causa uma doença, seguida por uma confirmação da presença do agente patogênico no tecido da planta (CAROLLO; PEIXOTO; FILHO, 2016).

Dessa forma, foram isoladas algumas cepas de bactérias presentes nas plantas contaminadas, e realizadas inoculações em plantas sadias provenientes de dois fornecedores diferentes e cultivadas em casa de vegetação (**Figura 24**).

Após realizadas todos os testes mencionados, o inóculo da bactéria foi introduzido nas plantas de tomates e tabaco. Essa abordagem foi definida a fim de uma melhor observação da forma de infecção e, conseqüentemente, poder confirmar a hipersensibilidade nas plantas e/ou a identificação da bactéria.

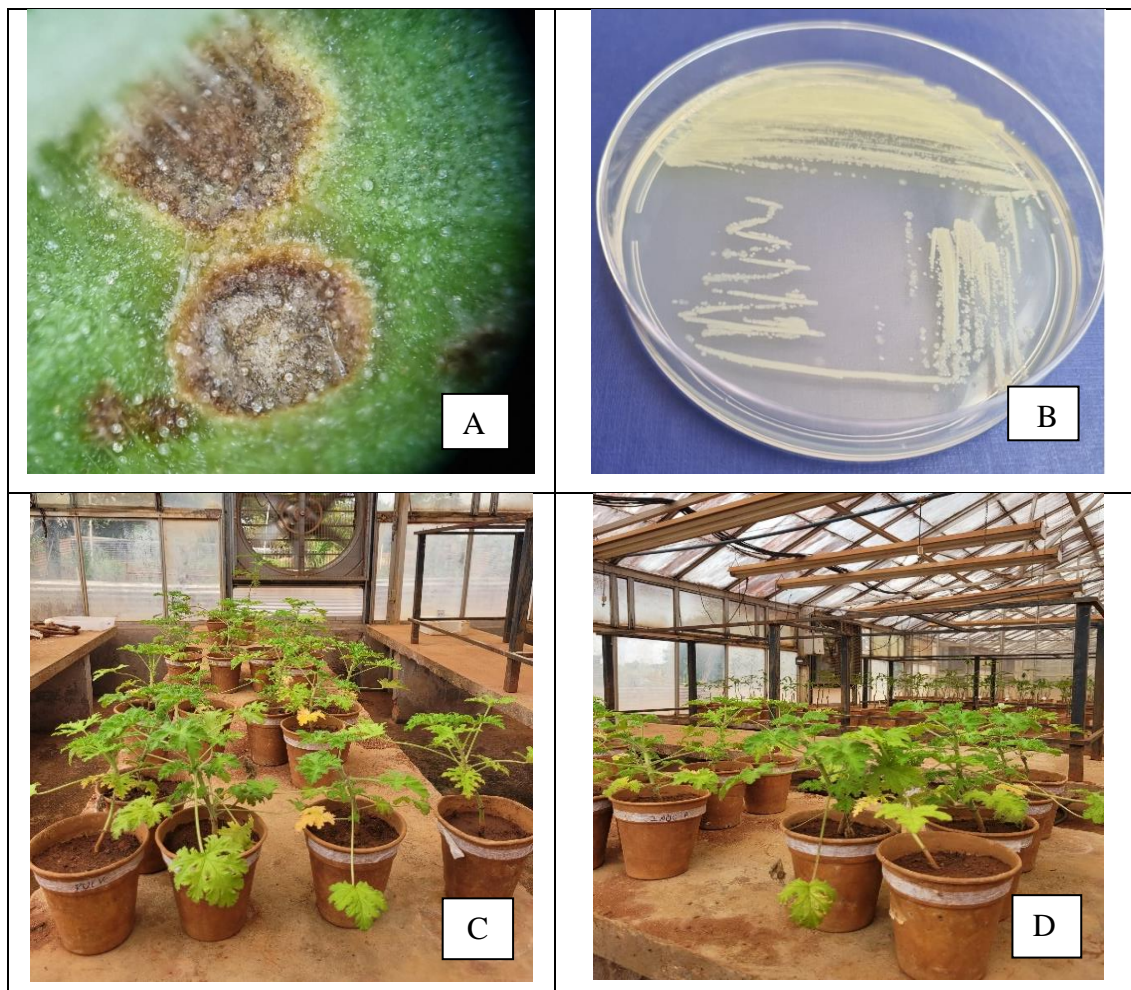


Figura 24. A - Bactéria em gerânio; B - Bactéria isolada; C - Plantas inoculadas com bactérias em casa de vegetação, D - Plantas inoculadas com bactérias em câmara úmida.

9.2.1. Inoculação de bactéria via Pulverização

As bactérias foram aplicadas nas folhas das plantas saudáveis através de inóculos pulverizados com um espalhante adesivo. Os gerânios foram então mantidos em uma câmara úmida por um período de duas semanas, durante o qual foram monitorados e os resultados avaliados a cada dois dias.

9.2.2. Inoculação de bactéria via Penetração no caule

A técnica de inoculação por penetração resumiu-se no uso de um alfinete para perfurar o caule da planta saudável a uma altura de 3 cm do caule. Importante ressaltar que essa técnica de inoculação é específica para a introdução de bactérias sistêmicas. As plantas foram mantidas

em câmara úmida e monitoradas ao longo de duas semanas, coletando-se o resultado a cada dois dias.

9.2.3. Inoculação de bactéria via Infiltração celular

As bactérias foram inoculadas nas folhas das plantas utilizando uma seringa sem agulha, que permitiu a penetração do líquido entre as células ao pressionar a seringa com inóculo. As plantas foram mantidas em câmara úmida por duas semanas e monitoradas a cada dois dias para verificar os resultados.

9.2.4. Inoculação de bactéria via Mergulho de tesoura no inóculo

Para realizar este método, foi necessário inserir uma tesoura esterilizada no inóculo e efetuar cortes brandos nas folhas. Posteriormente, as plantas foram mantidas em câmara úmida por um período de duas semanas, sendo monitoradas e verificadas o resultado a cada dois dias durante duas semanas.

9.2.5. Confirmação de fitopatogenicidade da bactéria

Para a confirmação da fitopatogenicidade da bactéria isolada realizou-se testes de hipersensibilidade em tabaco e tomate. Para a realização da análise utilizou-se uma suspensão bacteriana do isolado. Esta suspensão foi inoculada em folhas de tabaco e tomateiro com seringa estéril, os sintomas foram observados por duas semanas e monitoradas a cada dois dias para verificar os resultados.

9.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Efeito da inoculação via Pulverização

Após duas semanas de observação das plantas inoculadas via pulverização com a bactéria em ambiente controlado, foram detectados sintomas nas folhas do gerânio (**Figura 25**). Os resultados obtidos não demonstraram a mesma intensidade e severidade observadas nas plantas em campo, mesmo quando mantidas em câmara úmida. Isso sugere uma falta de consistência na confirmação de que a bactéria isolada seja, de fato, responsável pelos danos observados nas plantas em campo.

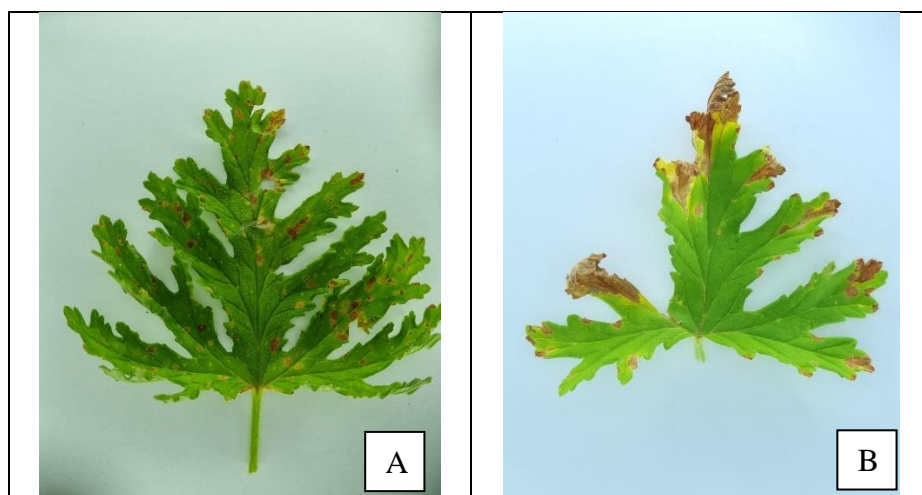


Figura 25. A – Folha de gerânio com sintomas bacterianos; B – Folha de gerânio com necrose e amarelecimento.

Inoculação via Penetração no caule

As inoculações da bactéria via penetração nas folhas de gerânio resultaram em sintomas brandos, com apenas alguns pontos necróticos (**Figura 26**), mesmo após duas semanas de permanência em casa de vegetação com umidade elevada, ambientes predisponentes para a proliferação de bactérias as plantas não apresentaram sintomas graves, como os observados em campo, resultando na mortalidade total das plantas (OTÁVIO; BERIAM; MOLINA OCCHIENA, 2018).

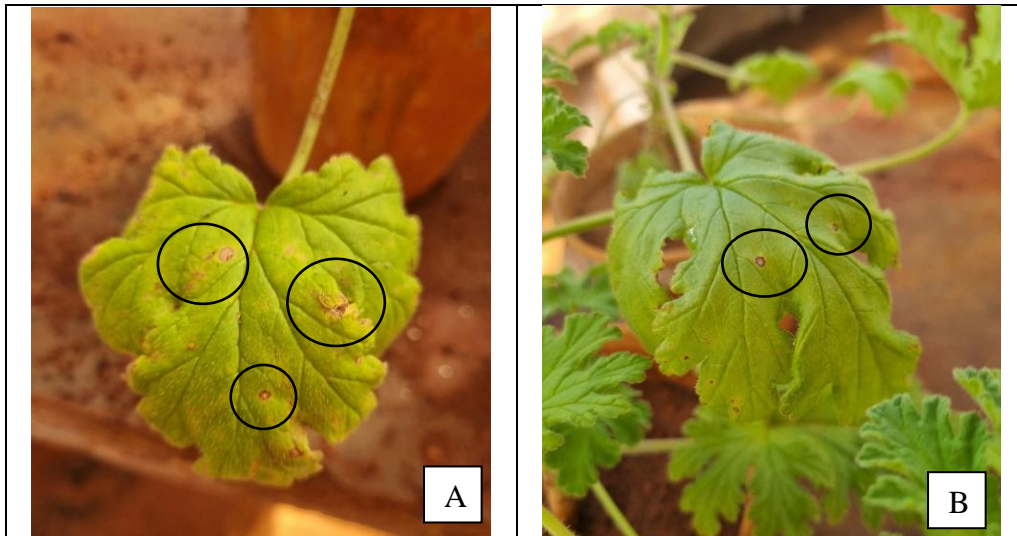


Figura 26. A – Sintomas necróticos nas folhas de gerânio; B – Pequenos halos necróticos em gerânio.

Inoculação via Infiltração celular

As plantas saudáveis de gerânio inoculadas via infiltração celular permaneceram em casa de vegetação por duas semanas e não apresentaram as mesmas descrições sintomatológica observadas em campo (**Figura 27**).

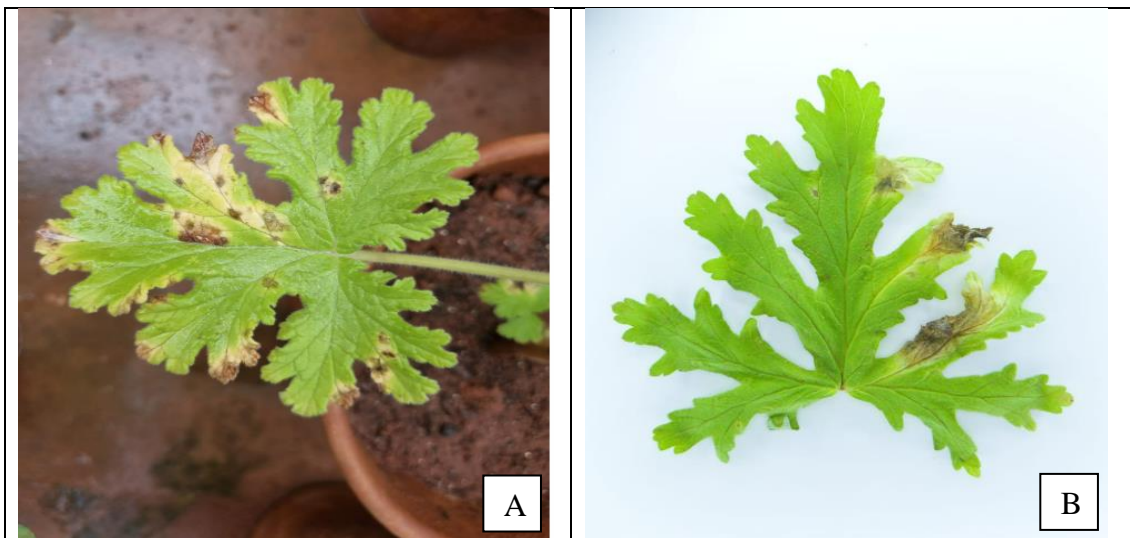


Figura 27. A - Sintomas da contaminação por bactéria em gerânio; B – Necrose bacteriana em folha de gerânio.

Inoculação via Mergulho de tesoura no inóculo

Após a técnica de inserir a tesoura esterilizada no inóculo e efetuar cortes brandos nas folhas de gerânio para a contaminação da planta também não resultaram em evidências

suficientes para confirmar que a bactéria isolada correspondia de fato à espécie de bactéria esperada (**Figura 28**), a qual até então provavelmente não tenha sido relatada no Brasil.

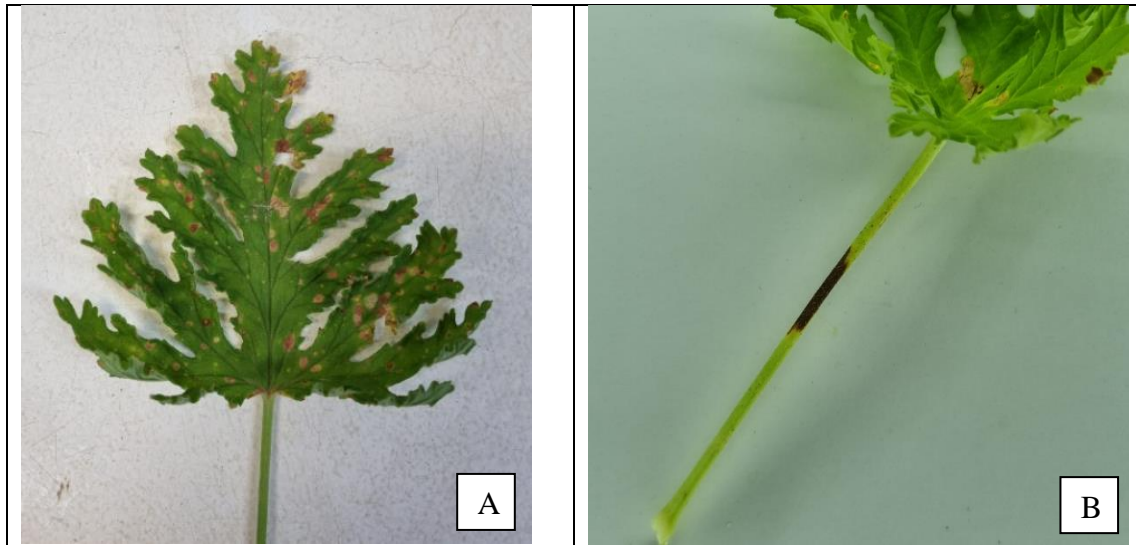


Figura 28. A - Sintomas de necroses em gerânio causados por bactéria; B – Necrose bacteriana nos ramos de gerânio.

Confirmação da fitopatogenicidade da bactéria

Ainda que as análises realizadas na Estação Experimental do Instituto de Ciências Biológicas (EEB) para identificar a bactéria que causou danos severos no gerânio cultivado na região do Distrito Federal, realizadas através de inoculação por pulverização, penetração no caule, infiltração celular e cortes com tesoura, não tenham gerado resultados suficientes para afirmar que a bactéria isolada foi de fato a causadora da mortalidade da planta matriz contaminada *Pelargonium graveolens*, foi possível observar que o microrganismo isolado apresenta características de bactéria fitopatogênica. Isso porque, após sua inoculação em plantas saudáveis de fumo e tomateiro (**Figura 29**), resultou em sintomas de hipersensibilidade nestas espécies (STEILMANN et al., 2019).

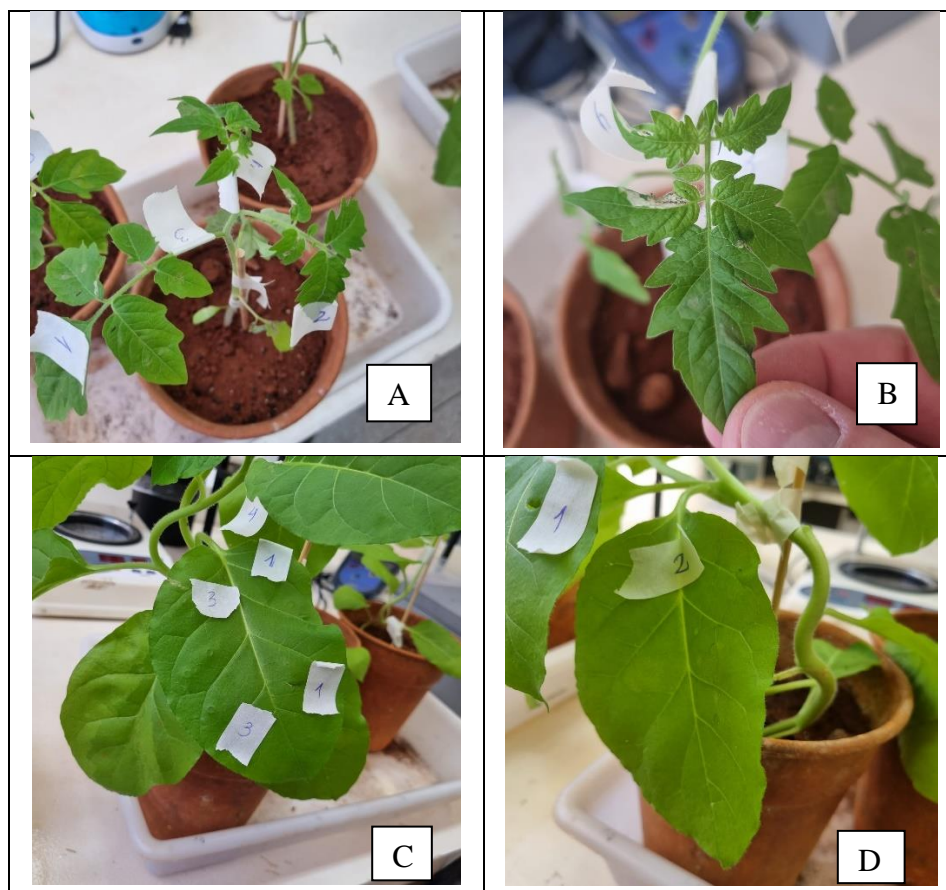


Figura 29. A – Tomate inoculado com bactéria; B – Folha de tomate com sintomas de hipersensibilidade a bactéria; C – Fumo inoculado com bactéria; D – Folha de fumo com sintomas de hipersensibilidade a bactéria.

As plantas de tomate e fumo apresentaram sintomas semelhantes, como manchas necróticas, às observadas nas folhas de gerânio em campo, estabelecendo uma ligação entre os sintomas manifestados no cultivo de gerânio sob condições naturais e aqueles induzidos pelo agente patogênico em ambiente controlado, confirmando assim a patogenicidade da bactéria isolada (STEILMANN et al., 2019).

A relação entre um fitopatógeno ou doença bacteriana requer uma etapa crucial de isolar e purificar o agente causal, os testes de inoculação artificial, os quais neste estudo foram as inoculações por pulverização, penetração no caule, infiltração celular e cortes com tesoura, para possibilitar a observação minuciosa em todas as plantas da mesma espécie que apresentam sintomas idênticos aos observados em campo. É somente após a reprodução desses sintomas, ou seja, resultados satisfatórios nos Postulados de Koch, que se inicia a identificação da bactéria em níveis de gênero, espécie e, se necessário, subespécie ou patovar através do sequenciamento de genoma (CAROLLO; PEIXOTO; FILHO, 2016; OTÁVIO; BERIAM; MOLINA OCCHIENA, 2018).

Além disso, a identificação da bactéria via sequenciamento de genoma é um procedimento complexo e exige recursos significativos em termos de tempo e custo para serem concluídos (STEILMANN et al., 2019). Contudo, devido à complexidade desse procedimento, ao prazo limitado e aos resultados insatisfatórios nos Postulados de Koch, o estudo para a identificação da bactéria que causou a mortalidade dos gerânios cultivados em sistema agroflorestal foi interrompido temporariamente e será retomado posteriormente com prazo necessário para as devidas análises.

9.4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com relação às inoculações realizadas por pulverização, penetração do caule, infiltração celular, mergulho da tesoura no inóculo, não foram observados sintomas com a mesma intensidade encontrada em campo, o que resultou em insuficiência para identificar a bactéria isolada da planta matriz contaminada. No entanto, no teste de hipersensibilidade em tabaco e tomate, foi possível constatar que o microrganismo isolado apresenta características de uma bactéria fitopatogênica. A inoculação em plantas sadias de fumo e tomateiro resultou em sintomas de hipersensibilidade nessas espécies.

Como sugestão para pesquisas futuras, recomenda-se o estudo mais aprofundado, com tempo disponível e maior investimento em recurso financeiro, devido à complexidade desse procedimento, visando a identificação da bactéria isolada. Essa abordagem pode facilitar a detecção precoce da doença e permitir um controle eficaz em conformidade com os princípios do cultivo orgânico ou agroecológico.

10.CONCLUSÃO GERAL

Os resultados da presente pesquisa sobre a produção do gerânio em sistema agroflorestal demonstram que a produtividade se apresenta igual ou superior ao gerânio cultivado em sistema convencional. Além disso, foi possível observar que o óleo essencial do gerânio cultivado em sistema agroflorestal apresenta qualidade quanto aos fitocomplexos representativos para essa cultura.

No bloco 2, com maior exposição solar, os teores de compostos majoritários como citronelol, geraniol e linalol excederam os valores máximos recomendados pela ISO 4731. Embora os teores de geraniol não tenham atendido ao mínimo exigido, o estudo demonstra que o cultivo de gerânio no Distrito Federal sob sistema agroflorestal tem potencial para produzir óleo essencial de qualidade.

Portanto, os dados indicam que o sistema agroflorestal é uma alternativa viável e promissora para a produção de gerânio, com produtividade competitiva e qualidade do óleo essencial.

11. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AL-MIJALLI, S. H. et al. **Chemical Profiling and Biological Activities of Pelargonium graveolens Essential Oils at Three Different Phenological Stages**. *Plants*, v. 11, n. 17, 1 set. 2022.
- BERGMAN, M. E.; BHARDWAJ, M.; PHILLIPS, M. A. **Cytosolic geraniol and citronellol biosynthesis require a Nudix hydrolase in rose-scented geranium (Pelargonium graveolens)**. *Plant Journal*, v. 107, n. 2, p. 493–510, 1 jul. 2021.
- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária - Anvisa. **Resíduos de agrotóxicos em fitoterápicos**. Brasília: Ministério da Saúde, 2024. Disponível em: <<https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/noticias-anvisa/2019/residuos-de-agrotoxicos-em-fitoterapicos-saiba-mais>>.
- CÂNDIDA, H. T. M. C. **Observações Citológicas em Pelargonium**. *Bragantia - Boletim Técnico do Instituto Agrônomo do Estado de São Paulo* 1964, v. 23, 1964.
- CAROLLO, E. M.; PEIXOTO, H.; FILHO, S. **Manual Básico de Técnicas Fitopatológicas Laboratório de Fitopatologia Embrapa Mandioca e Fruticultura**. [s.l: s.n.].
- EMBRAPA. **Doenças causadas por bactérias**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/hortalicas/tomate-de-mesa/doencas-causadas-por-bacterias>>.
- GELALETI, D. et al. **Estabilidade de Formulação Dermocósmética contendo extrato de Pelargonium Graveolens**. *Brazilian Journal of Natural Sciences*, v. 2, n. 1, p. 16, 11 jan. 2019.
- IFEAT. IFEAT-Socio-Economic-Report-GERANIUM. 2017.
- JARADAT, N. et al. **Chemical Markers and Pharmacological Characters of Pelargonium graveolens Essential Oil from Palestine**. *Molecules*, v. 27, n. 17, 1 set. 2022.
- NILOFER, A. et al. **A novel method for survival of rose-scented geranium (Pelargonium graveolens L.) mother plants under extreme climatic conditions**. *Industrial Crops and Products*, v. 126, p. 227–237, 15 dez. 2018.

OCCHIENA, M. E; BERIAM, L. O. S. **Doenças bacterianas**. In: BRANDÃO FILHO, J.U.T., FREITAS, P.S.L., BERIAN, L.O.S., and GOTO, R., comps. Hortaliças-fruto. Maringá: EDUEM, p. 209-240, 2018.

PANDEY, V.; PATRA, D. D. **Crop productivity, aroma profile and antioxidant activity in Pelargonium graveolens L'Hér. under integrated supply of various organic and chemical fertilizers**. Industrial Crops and Products, v. 67, p. 257–263, 1 maio 2015.

SAXENA, G. et al. **Selection of leaf blight-resistant Pelargonium graveolens plants regenerated from callus resistant to a culture filtrate of Alternaria alternata**. Crop Protection, v. 27, n. 3–5, p. 558–565, mar. 2008.

STEILMANN, P. et al. **Detection and quantification of phytopathogenic bacteria in wheat seed**. Nativa, v. 7, n. 4, p. 349–355, 2019.

WEI, L. et al. **Comparison of chemical composition and activities of essential oils from fresh leaves of Pelargonium graveolens L'Herit. extracted by hydrodistillation and enzymatic pretreatment combined with a solvent-free microwave extraction method**. Industrial Crops and Products, v. 186, 15 out. 2022.