



UFG

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GENÉTICA E
MELHORAMENTO DE PLANTAS**

KARINA ELIANE QUEGE

**MICROPROPAGAÇÃO, MORFOLOGIA DOS
TRICOMAS FOLIARES, ANÁLISE QUÍMICA E
ATIVIDADE LARVICIDA DO ÓLEO ESSENCIAL DE
Gymneia interrupta (POHL EX BENTH.) HARLEY &
J.F.B.PASTORE**

Orientador:

Prof. Dr. Sérgio Tadeu Sibov

Coorientadores:

Prof.^a Dr.^a Maria Tereza Faria

Prof. Dr. José Realino de Paula



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE AGRONOMIA

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO (TECA) PARA DISPONIBILIZAR VERSÕES ELETRÔNICAS DE TESES

E DISSERTAÇÕES NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a [Lei 9.610/98](#), o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

O conteúdo das Teses e Dissertações disponibilizado na BDTD/UFG é de responsabilidade exclusiva do autor. Ao encaminhar o produto final, o autor(a) e o(a) orientador(a) firmam o compromisso de que o trabalho não contém nenhuma violação de quaisquer direitos autorais ou outro direito de terceiros.

1. Identificação do material bibliográfico

Dissertação Tese Outro*: _____

*No caso de mestrado/doutorado profissional, indique o formato do Trabalho de Conclusão de Curso, permitido no documento de área, correspondente ao programa de pós-graduação, orientado pela legislação vigente da CAPES.

Exemplos: Estudo de caso ou Revisão sistemática ou outros formatos.

2. Nome completo do autor

Karina Eliane Quege

3. Título do trabalho

Micropropagação, morfologia dos tricomas foliares, análise química e atividade larvicida do óleo essencial de *Gymneia interrupta* (Pohl ex Benth.) Harley & J.F.B.Pastore

4. Informações de acesso ao documento (este campo deve ser preenchido pelo orientador)

Concorda com a liberação total do documento SIM NÃO¹

[1] Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. Após esse período, a possível disponibilização ocorrerá apenas mediante:

- a) consulta ao(a) autor(a) e ao(a) orientador(a);
 - b) novo Termo de Ciência e de Autorização (TECA) assinado e inserido no arquivo da tese ou dissertação.
- O documento não será disponibilizado durante o período de embargo.

Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente;
- Submissão de artigo em revista científica;
- Publicação como capítulo de livro;
- Publicação da dissertação/tese em livro.

Obs. Este termo deverá ser assinado no SEI pelo orientador e pelo autor.



Documento assinado eletronicamente por **Karina Eliane Quege, Discente**, em 17/06/2025, às 13:58, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Sergio Tadeu Sibov, Professora do Magistério Superior**, em 12/08/2025, às 09:07, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador 5343347 e o código CRC 4A3E7ECC.

KARINA ELIANE QUEGE

**MICROPROPAGAÇÃO, MORFOLOGIA DOS TRICOMAS
FOLIARES, ANÁLISE QUÍMICA E ATIVIDADE LARVICIDA DO
ÓLEO ESSENCIAL DE *Gymneia interrupta* (POHL EX BENTH.)**

HARLEY & J.F.B.PASTORE

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, da Escola de Agronomia, da Universidade Federal de Goiás, como exigência para obtenção do título de Doutora em Genética e Melhoramento de Plantas.

Área de concentração: Genética e Melhoramento de Plantas

Linha de pesquisa: Conservação de espécies do Cerrado

Orientador:

Prof. Dr. Sérgio Tadeu Sibov

Coorientadores:

Prof.^a Dr.^a Maria Tereza Faria

Prof. Dr. José Realino de Paula

GOIÂNIA, GO - Brasil

Junho - 2025

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFG.

Quege, Karina Eliane

Micropropagação, morfologia dos tricomas foliares, análise química e atividade larvicida do óleo essencial de *Gymneia interrupta* (Pohl ex Benth.) Harley & J.F.B.Pastore [manuscrito] / Karina Eliane Quege. - 2025.

XV, 90 f.

Orientador: Prof. Sérgio Tadeu Sibov; co-orientador Maria Tereza Faria; co-orientador José Realino de Paula.

Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Goiás, Escola de Agronomia (EA), Programa de Pós-graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, Goiânia, 2025.

1. Cultura de Tecidos. 2. Cerrado. 3. Tricomas. 4. Larvicida. 5. ? cariofileno. I. Sibov, Sérgio Tadeu, orient. II. Título.

CDU 631/635



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS

ESCOLA DE AGRONOMIA

ATA DE DEFESA DE TESE

Ata Nº 134 da sessão de Defesa de Tese de **Karina Eliane Quege** que confere o título de Doutora em Genética e Melhoramento de Plantas, na área de concentração em Genética e Melhoramento de Plantas.

Aos trinta dias do mês de abril de dois mil e vinte e cinco, a partir das treze horas, realizou-se via videoconferência, a sessão pública de Defesa de Tese intitulada “**Micropropagação, morfologia dos tricomas glandulares foliares, análise química e atividade larvívica do óleo essencial de *Gymneia interrupta* (Pohl ex Benth.) Harley & J.E.B.Pastore**”. Os trabalhos foram instalados pelo Orientador, Doutor Sérgio Tadeu Sibov (PPGGMP/UFG), com a participação dos demais membros da Banca Examinadora: Doutora Emiliane dos Santos Belo (IF Goiano - Campus Posse), membro titular externo; Doutor Luciano Lajovic Carneiro (Emater Goiás), membro titular externo; Doutora Leticia de Almeida Gonçalves (ICB/UFG), membro titular externo, Doutora Camila Aline Romano (PPGCF/UFG), membro titular externo, Profª. Dra. Maria Tereza Faria (PPGGMP/UFG), membro externo e Prof. Dr. José Realino de Paula (PPGCF/UFG), membro externo. Durante a arguição os membros da banca fizeram a sugestão de alteração do título do trabalho indicado abaixo. A Banca Examinadora reuniu-se em sessão secreta a fim de concluir o julgamento da Tese tendo sido a candidata aprovada pelos seus membros. Proclamados os resultados pela Presidente da Banca Examinadora, foram encerrados os trabalhos e, para constar, lavrou-se a presente ata que é assinada pelos Membros da Banca Examinadora.

TÍTULO SUGERIDO PELA BANCA

Micropropagação, morfologia dos tricomas foliares, análise química e atividade larvívica do óleo essencial de *Gymneia interrupta* (Pohl ex Benth.) Harley & J.F.B.Pastore)



Documento assinado eletronicamente por **Sérgio Tadeu Sibov**, Professora do Magistério Superior, em 27/05/2025, às 09:42, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Camila Aline Romano**, Usuário Externo, em 28/05/2025, às 04:50, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Leticia De Almeida Gonçalves**, Professor do Magistério Superior, em 28/05/2025, às 12:14, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Emiliane Dos Santos Belo**, Usuário Externo, em 30/05/2025, às 10:38, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **LUCIANO LAJOVIC CARNEIRO**, Usuário Externo, em 01/08/2025, às 11:25, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Jose Realino De Paula**, Professor do Magistério Superior, em 14/08/2025, às 09:37, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orcao_acesso_externo=0, informando o código verificador **5335303** e o código CRC **ID93C3B6**.

Referência: Processo nº 23070.022941/2025-32

SEI nº 5335303

Aos meus pais, Carlos e Maria, ao meu filho Carlos, a
minha filha Jade,
Por todo amor e incentivo.

DEDICO

“Ofereço minha vida a Ti. Que seja o meu louvor,
sacrifício agradável. Minha esperança e meus
planos, todo o meu ser pertence ao Senhor”.

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por Sua graça e amor, que foram fundamentais para superar desafios e alcançar esta conquista. Agradeço à minha família, em especial meus pais Carlos e Maria por toda dedicação e incentivo à minha educação. Aos meus filhos Carlos e Jade, pela força e alegria. Às minhas irmãs, Geovana e Carla, que me apoiaram e às minhas sobrinhas Rayssa, Rafaella, Gabriela, Isabela, ao sobrinho Miguel e a neta Sol que me alegam. Agradeço ao meu orientador Prof. Sérgio Tadeu Sibov, pela dedicação durante a construção gradual deste trabalho, por sua orientação segura e exemplo de profissionalismo. Aos meus coorientadores, Maria Tereza Faria e José Realino de Paula, por serem os grandes idealizadores deste projeto, pelos ensinamentos e todas as contribuições profissionais. Agradeço aos docentes do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas da Universidade Federal de Goiás, por todo conhecimento compartilhado. Agradeço ao LabCultive, LabMic, CRTI, ao Paulo Faria, ao Márcio Guedes, à Andreia, ao Flávio, e estagiários do Programa, pela estrutura disponibilizada, dedicação e atenção durante a montagem e condução dos experimentos, coleta dos dados e estatística. Agradeço à Camila Romano pela ajuda e condução dos experimentos. Agradeço à Universidade Federal de Goiás, por sua estrutura física e docentes capacitados e à FAPEG pela concessão da bolsa de estudos. Agradeço aos membros da banca examinadora por suas valiosas contribuições. Enfim, a todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram para a conclusão deste trabalho, **MUITO OBRIGADA!**

4.1	PROTOCOLO DE MICROPROPAGAÇÃO.....	31
4.1.1	Germinação in vitro	31
4.1.2	Teste de meios	34
4.1.3	Multiplicação in vitro	35
4.1.4	Enraizamento in vitro	38
4.1.5	Aclimatização	39
4.2	MICROMORFOLOGIA DOS TRICOMAS FOLIARES.....	40
4.3	HISTOQUÍMICA DOS TRICOMAS FOLIARES.....	51
4.4	ANÁLISE DO ÓLEO ESSENCIAL.....	57
4.5	ATIVIDADE LARVICIDA.....	63
5	CONCLUSÕES	65
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	67

RESUMO

QUEGE, K. E. Micropropagação, morfologia dos tricomas foliares, análise química e atividade larvicida do óleo essencial de *Gymneia interrupta* (Pohl ex Benth.) Harley & J.F.B.Pastore. 2025. 90f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2025.¹

Gymneia interrupta, espécie endêmica dos domínios fitogeográficos Cerrado e Amazônia, pertencente à família Lamiaceae, apresenta potencial etnofarmacológico promissor, com propriedades antibacterianas, antifúngicas e antirreumáticas. No entanto, encontra-se vulnerável à extinção devido à distribuição restrita e ao extrativismo predatório. Com o objetivo de contribuir para sua conservação e aproveitamento sustentável, esta tese desenvolveu um protocolo de micropropagação para a produção em larga escala de plantas com qualidade fitossanitária, avaliou a morfologia dos tricomas glandulares foliares, analisou a composição química do óleo essencial e testou sua atividade larvicida contra larvas de *Aedes aegypti*. O protocolo de micropropagação envolveu testes de germinação in vitro com aplicação de ácido giberélico (GA₃), onde a concentração de 578 µM apresentou os melhores resultados. Para o estabelecimento in vitro, os meios de cultura MS, ½ MS e WPM foram testados, sendo o WPM considerado o mais adequado, tanto pelo desempenho das plântulas quanto pelo custo-benefício. Na fase de multiplicação, as concentrações de 0,750 e 1,000 mg·L⁻¹ de BAP promoveram o maior número de brotos por explante. O enraizamento foi mais eficiente com 1,0 e 1,5 mg·L⁻¹ de AIB. Na aclimatização, a combinação de mudas com raízes longas e substrato T3 (2:1:3 de Terral Solo®, terra de barranco e areia) apresentou a maior taxa de sobrevivência e desenvolvimento vegetativo. A análise micromorfológica identificou tricomas glandulares do tipo capitado e peltado em folhas de *G. interrupta* em diferentes condições de cultivo. Testes histoquímicos revelaram a presença de lipídios, óleos essenciais, terpenos e compostos fenólicos nos tricomas, reforçando seu papel na produção de metabólitos bioativos. A composição química do óleo essencial, analisada por CG-EM, identificou β-cariofileno, germacreno D e biciclogermacreno como constituintes majoritários. Nos bioensaios larvicidas, o óleo essencial apresentou atividade significativa, com CL₅₀ inferior a 50 µg·mL⁻¹. A espécie demonstrou, ainda, boa adaptação às condições ex vitro e manutenção de suas características morfoquímicas. Os resultados deste estudo demonstram o potencial de *G. interrupta* como fonte de compostos bioativos com ação inseticida natural, além de fornecer subsídios para sua conservação por meio da micropropagação. A pesquisa contribui para a valorização e uso sustentável de espécies nativas, aliando estratégias de conservação da biodiversidade com aplicações biotecnológicas e farmacológicas.

Palavras-chave: Cerrado, cultura de tecidos vegetais, tricomas, larvicida, β-cariofileno.

¹Orientador: Prof. Dr. Sérgio Tadeu Sibov. ICB-UFG.

¹Coorientadora: Prof.^a Dr.^a Maria Tereza Faria. PPGGMP-UFG.

¹Coorientador: Prof. Dr. José Realino de Paula. FF-UFG.

ABSTRACT

QUEGE, K. E. Micropropagation, leaf trichome morphology, chemical analysis and larvicidal activity of the essential oil of *Gymneia interrupta* (Pohl ex Benth.) Harley & J.F.B.Pastore. 2025. 90 p. Thesis (PhD in Genetics and Plant Breeding) – School of Agronomy, Federal University of Goiás, Goiânia, 2025.¹

Gymneia interrupta, an endemic species of the Cerrado and Amazon biomes and a member of the Lamiaceae family, exhibits promising ethnopharmacological potential, with antibacterial, antifungal, and antirheumatic properties. However, it is vulnerable to extinction due to its restricted distribution and predatory harvesting. Aiming to contribute to its conservation and sustainable use, this thesis developed a micropropagation protocol for large-scale production of plants with phytosanitary quality, evaluated the morphology of leaf glandular trichomes, analyzed the chemical composition of the essential oil, and tested its larvicidal activity against *Aedes aegypti* larvae. The micropropagation protocol included in vitro germination tests with gibberellic acid (GA₃), with the 578 µM concentration yielding the best results. For in vitro establishment, MS, ½ MS, and WPM media were tested, with WPM considered the most suitable due to seedling performance and cost-effectiveness. During the multiplication phase, BAP concentrations of 0.750 and 1.000 mg·L⁻¹ promoted the highest number of shoots per explant. Rooting was more efficient with 1.0 and 1.5 mg·L⁻¹ of IBA. During acclimatization, plantlets with long roots and substrate T3 (2:1:3 of Terral Solo®, topsoil, and sand) showed the highest survival and vegetative development rates. Micromorphological analysis identified capitate and peltate glandular trichomes in *G. interrupta* leaves under different cultivation conditions. Histochemical tests revealed the presence of lipids, essential oils, terpenes, and phenolic compounds in the trichomes, reinforcing their role in the production of bioactive metabolites. The chemical composition of the essential oil, analyzed by GC-MS, identified β-caryophyllene, germacrene D, and bicyclogermacrene as major constituents. In larvicidal bioassays, the essential oil showed significant activity, with LC₅₀ below 50 µg·mL⁻¹. The species also demonstrated good adaptation to ex vitro conditions and maintenance of its morphochemical characteristics. The results of this study highlight the potential of *G. interrupta* as a source of bioactive compounds with natural insecticidal action and provide support for its conservation through micropropagation. This research contributes to the valorization and sustainable use of native species, combining biodiversity conservation strategies with biotechnological and pharmacological applications.

Keywords: Cerrado, plant tissue culture, trichomes, larvicide, β-caryophyllene.

¹**Adviser:** Prof. Dr. Sérgio Tadeu Sibov. ICB-UFG.

¹**Co-advisor:** Prof.^a Dr.^a Maria Tereza Faria. PPGGMP-UFG.

¹**Co-advisor:** Prof. Dr. José Realino de Paula. FF-UFG.

1 INTRODUÇÃO

Gymneia interrupta, pertencente à família Lamiaceae, é nativa da Amazônia e do Cerrado e tem atraído crescente interesse científico por suas propriedades bioativas, com comprovada eficácia como antirreumático, antibacteriano (Souza et al., 2003) e antifúngico (Oliveira et al., 2004) (Flora e Funga do Brasil, 2024). A família Lamiaceae, amplamente utilizada em diversas áreas, como alimentação, ornamentação, medicina e cosméticos, destaca-se por seu valor econômico, especialmente pela produção de óleos essenciais, ricos em compostos biologicamente ativos (Harley, 1974; Harley, 2012; Souza & Lorenzi, 2012 apud Martinelli et al., 2014; Antar et al., 2020; Karpiński, 2020; Napoli et al., 2020; Souza, 2020; Silva et al., 2021; Rattray & Wyk, 2021). Esses óleos têm aplicações em medicamentos e atividades antifúngicas, além de apresentarem propriedades larvicidas contra *Aedes aegypti*, sendo promissores como inseticidas naturais, ecologicamente corretos e repelentes biodegradáveis (Souza et al., 2020; Luz et al., 2020; Silvério et al., 2020; Karpiński, 2020; Silva et al., 2021).

A conservação de plantas medicinais e aromáticas ameaçadas, como as da família Lamiaceae, é uma prioridade devido ao extrativismo predatório e à degradação dos habitats naturais onde essas espécies ocorrem. Essas plantas possuem grande valor econômico e etnofarmacológico, o que, aliado à perda de habitats resultante de atividades humanas, reforça a necessidade de pesquisas que visem sua conservação. Além de proteger essas espécies, é importante desenvolver técnicas de propagação e iniciar o processo de domesticação para garantir a sustentabilidade do uso dessas plantas (Rocha et al., 2022; Bakhtiar et al., 2023; Duta-Cornescu et al., 2023).

Uma das estratégias mais eficazes de conservação *ex situ* é o uso de técnicas de cultura de tecidos vegetais. Essa abordagem permite a propagação de espécies ameaçadas e o armazenamento de tecidos em bancos de germoplasma, assegurando a conservação do material genético e facilitando sua recuperação futura, caso necessário (Santos et al., 2019). Essas técnicas são especialmente importantes para espécies com risco de extinção, pois

criam condições para a manutenção de populações saudáveis, longe das pressões do extrativismo.

O cultivo *in vitro*, por meio da micropropagação, é uma ferramenta fundamental nesse contexto, pois viabiliza a produção em larga escala de plantas com qualidade fitossanitária e características genéticas uniformes. Isso não só contribui para aumentar a oferta de plantas com potencial farmacológico, como também reduz a pressão sobre populações naturais. Dessa forma, a cultura de tecidos atua como uma aliada na conservação da biodiversidade e na proteção de espécies que podem fornecer compostos valiosos para a medicina e outras indústrias (Bueno et al., 2021; Alves et al., 2022; Ferreira et al., 2023; Zhang et al., 2023a).

A produção de óleos essenciais em plantas da família Lamiaceae está intimamente ligada à presença de tricomas glandulares, estruturas epidérmicas responsáveis pela secreção de compostos bioativos. Esses tricomas, presentes nas folhas e em órgãos aéreos, desempenham um papel crucial na proteção contra fatores abióticos e bióticos, além de serem essenciais para a síntese de substâncias com valor terapêutico e econômico, como os óleos essenciais (Metcalf & Chalk, 1983; Ascensão & Pais, 1998; Werker, 2000; Liu et al., 2017; Wang et al., 2021; Simplício et al., 2022; Tang et al., 2022). O estudo detalhado da morfologia, densidade e secreção dos tricomas foliares é fundamental para otimizar a produção desses óleos, pois seu desenvolvimento é influenciado por fatores genéticos, ambientais e hormonais (Sanoj & Deepa, 2021; Simplício et al., 2022; Brechú-Franco et al., 2024). Nesse sentido, técnicas de cultura de tecidos oferecem uma ferramenta valiosa para a propagação *in vitro* de plantas com elevado potencial de produção de óleos essenciais, permitindo a seleção e multiplicação de indivíduos com características ideais de tricomas, além de contribuir para a conservação de espécies ameaçadas.

As Lamiaceae, conhecidas por produzirem substâncias biologicamente ativas com grande potencial terapêutico, têm uma relevância crescente no desenvolvimento de soluções naturais, como inseticidas contra *Aedes aegypti*. No entanto, a distribuição limitada dessas espécies, particularmente em regiões ameaçadas do domínio fitogeográfico Cerrado, as tornam mais vulneráveis à extinção. Nesse cenário, o cultivo *in vitro* surge como uma ferramenta essencial para garantir sua propagação sustentável, reduzindo a exploração predatória e auxiliando na conservação da biodiversidade. O presente trabalho propõe o início de um processo de domesticação e pré-melhoramento de *G. interrupta*, por meio do desenvolvimento de um protocolo de micropropagação que permita a produção em larga

escala de plantas com alta qualidade fitossanitária. Além disso, a análise da micromorfologia foliar, com foco nos tricomas glandulares, e a identificação dos componentes do óleo essencial, torna possível avaliar sua eficácia como agente larvicida contra larvas de *Aedes aegypti* em terceiro instar. Dessa forma, o estudo visa contribuir para a conservação e o uso sustentável dessa espécie, aliando conservação e exploração racional de seus recursos bioativos.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A ESPÉCIE *Gymneia interrupta* (Pohl ex Benth.) Harley & J. F. B. Pastore

A família Lamiaceae, composta por 236 gêneros e cerca de 7.100 espécies, está presente em regiões tropicais e temperadas ao redor do mundo, exceto na Antártica. Essas plantas, predominantemente ervas ou arbustos, frequentemente aromáticos, têm grande importância econômica e etnofarmacológica (Souza & Lorenzi, 2012 apud Martinelli et al., 2014; Antar et al., 2020; Stevens, 2017; Flora e Funga do Brasil, 2024). No Brasil, são conhecidas cerca de 600 espécies, das quais 364 são endêmicas, com destaque para o Cerrado, que abriga 312 espécies, muitas delas ainda sendo descobertas (Antar et al., 2024). A subtribo Hyptidinae, que inclui aproximadamente 400 espécies em 19 gêneros, apresenta um número significativo de táxons ameaçados e com potencial farmacológico, justificando o interesse crescente em sua domesticação para exploração sustentável (Bridi et al., 2021; Rocha et al., 2022).

Gymneia interrupta (Pohl ex Benth.) Harley & J. F. B. Pastore, anteriormente conhecida como *Hyptis ovalifolia* Benth., é endêmica do Brasil, com distribuição limitada ao Cerrado e Amazônia (Figura 1E). Conhecida como "malva-do-cerrado", é uma erva ou subarbusto, com inflorescência em verticilastros semi-globosos ou hemisféricos e folhas que formam rosetas na base dos ramos (Figura 1A-B) (Harley et al., 2015; Soares, 2023). Apresenta morfologicamente folhas ovais e inflorescência com flores brancas, além de xilopódios subterrâneos lenhosos (Figura 1C-D). Muitas espécies de Lamiaceae, especialmente as do Cerrado, têm distribuição restrita e são valorizadas por suas propriedades medicinais e biocompostos (Durigan et al., 2018; Antar et al., 2024).

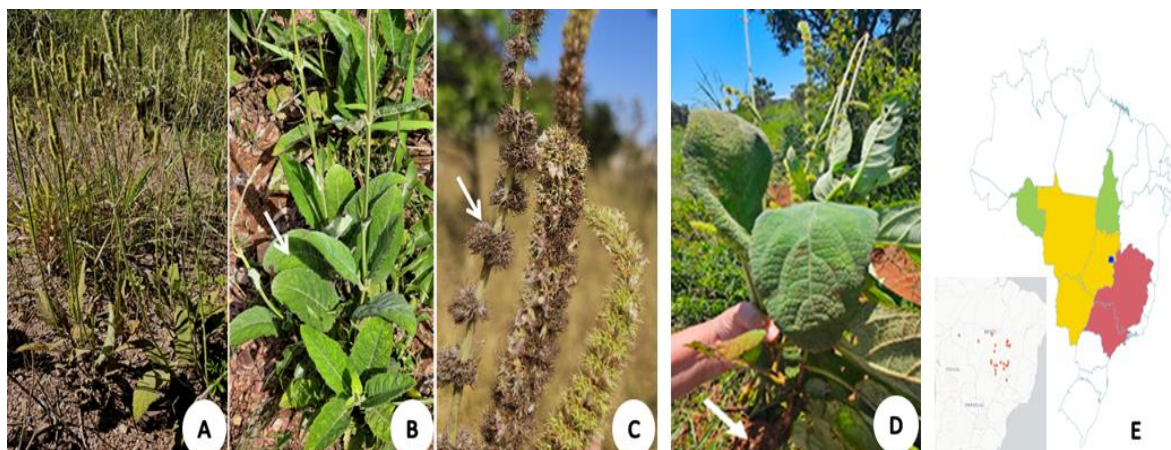


Figura 1. *Gymneia interrupta* (Pohl ex Benth.) Harley & J. F. B. Pastore. **A.** subarbutos; **B.** folhas formando rosetas na base dos ramos, seta; **C.** inflorescência tirso composto por verticilastro interrompido (seta); **D.** detalhe do xilopódio, seta; **E.** distribuição restrita nos domínios fitogeográficos do Cerrado e Amazônia. Foto: Quege, K.E & Faria, M.T. 2023. Fonte: https://ala-bie.sibbr.gov.br/ala-bie/species/320596?lang=pt_BR#overview (SiBBR).

Espécies de Lamiaceae são amplamente reconhecidas por suas atividades biológicas, como propriedades antimicrobianas, anti-inflamatórias, antifúngicas e inseticidas (Uritu et al., 2018; Sedano-Partida et al., 2020; Bridi et al., 2021; Mishra et al., 2021; Martins et al., 2021; Bonilla-Landa et al., 2022). Várias espécies de *Hyptis* são utilizadas na medicina popular para tratar inflamações (Andrade et al., 2010; Botrel et al., 2010), enquanto muitas possuem alto potencial antimicrobiano e larvicida (Meneses et al., 2021). A família Lamiaceae inclui mais de 7.000 espécies, das quais muitas, como alecrim, manjeriço e hortelã, são amplamente utilizadas em culinária e medicina popular devido à presença de óleos essenciais ricos em compostos bioativos (Harley, 1974; Souza, 2020; Rattray & Wyk, 2021; Flora e Funga do Brasil, 2024).

Pesquisas *in vitro* com espécies nativas brasileiras, como *Hyptis leucocephala* e *Gymneia platanifolia*, demonstram que a micropropagação é uma técnica importante para a conservação dessas plantas, mas também pode causar alterações morfofisiológicas e químicas que afetam sua aclimatização (Kapchina-Toteva et al., 2014; Botrel et al., 2015). O estudo das características morfofisiológicas e químicas de espécies nativas é fundamental para avaliar o impacto da micropropagação em estruturas como tricomas glandulares, que influenciam diretamente a produção de óleos essenciais e outros metabólitos secundários (Alves et al., 2022).

2.2 MICROPROPAGAÇÃO DE PLANTAS MEDICINAIS

A micropropagação é uma técnica amplamente utilizada na cultura de tecidos vegetais, permitindo o desenvolvimento de novas plantas em condições assépticas a partir de explantes. Os principais processos de regeneração envolvidos são a organogênese e a embriogênese somática (Andrade, 2002; Quisen, 2008; Santos et al., 2019a). Essa técnica é essencial para a multiplicação rápida e em larga escala de plantas, especialmente aquelas com interesse medicinal.

A micropropagação é uma ferramenta eficaz para a conservação *ex situ* de espécies ameaçadas, com populações reduzidas, baixa germinação ou produção de sementes. Também é valiosa para a multiplicação de genótipos economicamente importantes. A técnica facilita a reintrodução de espécies nativas em habitats ameaçados (Sarropoulou & Maloupa, 2019; Sarropoulou et al., 2022; Duta-Cornescu et al., 2023), garantindo um fornecimento contínuo de mudas e superando problemas de baixa concentração de metabólitos (Mitra et al., 2020). Além disso, favorece o aumento da biomassa e a produção de substâncias biologicamente ativas livres de patógenos (Santos et al., 2018; Duta-Cornescu et al., 2023).

O estabelecimento *in vitro* começa com a assepsia do material vegetal para evitar contaminação, o que pode ser desafiador em Lamiaceae devido ao número de tricomas (Nepomuceno et al., 2014). Os meios basais, compostos por nutrientes essenciais, vitaminas e minerais, são fundamentais, assim como as condições físicas de cultivo (Mitra et al., 2020). Diversas espécies de Lamiaceae, como *Rosmarinus officinalis*, *Origanum vulgare*, e *Ocimum basilicum*, têm mostrado resultados promissores com micropropagação (Manan et al., 2016; Mitra et al., 2020; Villegas-Sánchez et al., 2021), o que pode ser aplicado a *Gymneia interrupta*.

A produção de metabólitos secundários *in vitro*, essenciais para o uso farmacológico e biotecnológico, pode ser aumentada com o uso de elicitores. Elicitores são agentes físicos, químicos ou biológicos que estimulam o metabolismo secundário nas plantas, promovendo a síntese de compostos bioativos, como alcaloides, flavonoides e terpenoides (Ramirez-Estrada et al., 2016; Halder et al., 2019). No cultivo *in vitro*, tanto elicitores bióticos (como fungos e bactérias) quanto abióticos (como luz, temperatura e compostos químicos) são aplicados para aumentar a produção de metabólitos. Essa abordagem tem se mostrado eficaz em várias espécies de plantas medicinais, permitindo a

obtenção de produtos com alto valor agregado em condições controladas (Verma & Shukla, 2015; Ozyigit et al., 2023).

A micropropagação envolve dois desafios principais: a manutenção da fidelidade genética para a perpetuação de elites e a exploração de variações somaclonais que podem resultar em características úteis. O equilíbrio entre essas variações e a estabilidade genética é importante, exigindo a identificação da variabilidade somaclonal em níveis fenotípicos e moleculares (Duta-Cornescu et al., 2023). Embora ainda haja desafios, como a necessidade de protocolos específicos e o controle da variação somaclonal, a micropropagação continua a evoluir com novas abordagens e tecnologias.

2.3 TRICOMAS GLANDULARES

Os tricomas glandulares são estruturas epidérmicas especializadas que variam em forma, tamanho e função, desempenhando um papel importante na produção e secreção de metabólitos secundários. Em muitas espécies de Lamiaceae, são encontrados dois tipos principais de tricomas glandulares, classificados de acordo com o formato da cabeça secretora: capitados e peltados (Fahn, 1979; Gupta & Bhambie, 1980; Werker, 1993; Ascensão & Pais, 1998; Werker, 2000; Maleci & Giuliani, 2006; Bhatt et al., 2010; Zuzarte et al., 2010; Silva et al., 2011; Tiago et al., 2017; Marques et al., 2020; Tang et al., 2022; Zhang et al., 2023b). As Lamiaceae geralmente possuem dois tipos de tricomas capitados: de pedúnculo curto e de pedúnculo longo (Evert, 2006). A secreção desses tricomas inclui uma variedade de substâncias como polissacarídeos, lipídios, óleos essenciais e resinas, dependendo da espécie (Werker, 2000; Maleci & Giuliani, 2006; Tang et al., 2022).

Tricomas glandulares estão fortemente associados à síntese de óleos essenciais e outras substâncias voláteis com propriedades medicinais e defensivas. Em *Plectranthus verticilattus*, por exemplo, a presença de tricomas glandulares em ambas as faces das folhas destaca seu valor medicinal (Aoyama et al., 2020). Testes histoquímicos revelam compostos de interesse medicinal, como alcaloides e fenóis, em tricomas (Ascensão et al., 1999). Em *Thymus albicans*, a alta densidade de tricomas glandulares nos órgãos vegetativos e reprodutivos sugere uma função defensiva contra agentes bióticos e condições ambientais adversas, além de contribuir para o rendimento de óleo essencial (Marques et al., 2020). Estudos recentes mostram que a micromorfologia dos tricomas em Lamiaceae tem sido crucial para entender suas estratégias adaptativas a diferentes ambientes, incluindo

condições *in vitro* (Zuzarte et al., 2010; Tozin & Rodrigues, 2017; Liu et al., 2019; Schuurink & Tisser, 2020; Tang et al., 2022). A densidade dessas estruturas também pode indicar a capacidade de produção de metabólitos secundários, especialmente óleos essenciais (Ashrafi et al., 2022).

Espécies de Lamiaceae, como o gênero *Hyptis*, são amplamente estudadas pela relação entre a morfologia dos tricomas glandulares e a produção de compostos bioativos. Em *Hyptis villosa*, foram identificados lipídios, terpenos, alcaloides e fenóis em quatro morfotipos de tricomas glandulares (Tozin & Rodrigues, 2017). Fajri (2013) também observou tricomas glandulares em *Hyptis capitata*, *Hyptis brevipes* e *Hyptis suaveolens*, presentes nas superfícies adaxial e abaxial das folhas. Já *Hyptis pycnocephala* apresentou tricomas peltados e capitados em folhas cultivadas *in vitro*, *ex vitro* e em campo (Chaga, 2023). A caracterização dos tricomas é feita por técnicas como microscopia eletrônica de varredura (MEV) e análise histoquímica, possibilitando a identificação detalhada de suas estruturas e funções (Ascensão & Pais, 1998).

Em *G. interrupta*, o estudo dos tricomas glandulares é importante para entender a produção de óleo essencial e sua relação com as propriedades larvicidas observadas.

2.4 ANÁLISE QUÍMICA DE ÓLEOS ESSENCIAIS

Os óleos essenciais (OEs) são misturas complexas de compostos voláteis produzidos por plantas em resposta a diversos estímulos ambientais, como proteção contra herbívoros, patógenos e condições adversas. Eles são encontrados em diversas famílias botânicas, sendo especialmente abundantes em Lamiaceae, Myrtaceae e Apiaceae, e são sintetizados em estruturas especializadas como tricomas glandulares, canais secretórios ou células especializadas (Gobbo-Neto & Lopes, 2007). Compostos como terpenoides, fenilpropanóides e ácidos graxos voláteis são os principais constituintes, conferindo aos OEs suas propriedades aromáticas e bioativas. Devido às suas atividades antimicrobianas, anti-inflamatórias e antioxidantes, os OEs têm grande importância na medicina tradicional, cosmética e na indústria farmacêutica (Bakkali et al., 2008).

A composição dos óleos essenciais pode variar significativamente entre espécies, ou até mesmo dentro de uma mesma espécie, dependendo de fatores como ambiente, método de extração e época de coleta, o que impacta diretamente suas propriedades biológicas (Gobbo-Neto & Lopes, 2007). Os óleos essenciais (OEs) são

extraídos de matéria-prima vegetal por métodos convencionais, como prensagem a frio, hidrodestilação e destilação a vapor. Técnicas inovadoras, como hidrodestilação assistida por micro-ondas, destilação a vapor assistida por micro-ondas e hidrodestilação assistida por aquecimento ôhmico, também são utilizadas. O método de extração é importante, pois influencia a composição final do óleo (Gobbo-Neto & Lopes, 2007; Murti et al., 2023).

A identificação dos componentes dos OEs é feita por cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (CG-MS), uma técnica amplamente usada há mais de 50 anos em investigações de produtos herbais (Santos, 2018; Santos et al., 2018; Abraham et al., 2023). Estudos em Lamiaceae mostram que os OEs são compostos principalmente por monoterpenos e sesquiterpenos, metabólitos secundários amplamente presentes nos tricomas glandulares (Tang et al., 2022). Em *Salvia desoleana*, os compostos α/β -pineno, p-cimeno, linalol e 1,8-cineol são responsáveis por sua função terapêutica (Rapposelli et al., 2015). No gênero *Vitex* (Lamiaceae), os sesquiterpenos β -cariofileno, óxido de cariofileno e α -humuleno são os mais representativos (Barreto et al., 2021). Em várias espécies de *Hyptis*, o sesquiterpeno majoritário é o β -cariofileno, seguido por germacreno D, biciclogermacreno e germacreno B (Rios, 2019).

A composição química dos OEs varia de acordo com fatores como sazonalidade, ambiente de cultivo e método de extração, o que afeta suas propriedades terapêuticas. A variação de metabólitos secundários reflete a interação entre as plantas e o ambiente. Por exemplo, a concentração de eugenol no OE de *Ocimum gratissimum* varia até 80% ao longo do dia, atingindo um pico de 98% ao meio-dia (Gobbo-Neto & Lopes, 2007). Fatores abióticos, como a textura do solo, também influenciam a composição química, como observado em *Salvia desoleana*, onde frações de α -pineno foram correlacionadas com teores de argila e areia (Rapposelli et al., 2015). A análise dos OEs de *G. interrupta* visa identificar seus principais componentes e relacioná-los às suas propriedades biológicas, especialmente sua atividade larvicida.

2.5 ATIVIDADE BIOLÓGICA DE ÓLEOS ESSENCIAIS

Os óleos essenciais (OEs) possuem uma ampla gama de atividades biológicas, como propriedades antimicrobianas, antioxidantes, anti-inflamatórias e larvicidas, sendo usados em diversas aplicações terapêuticas e agrícolas. Esses óleos contêm monoterpenoides, sesquiterpenoides e fenilpropanoides, produzidos por plantas aromáticas

de diferentes famílias botânicas, incluindo Lamiaceae. Os OEs são compostos ideais para formulações inseticidas contra larvas e adultos de mosquitos como *Anopheles*, *Aedes* e *Culex* (Araújo et al., 2003; Silva et al., 2008; Maggi & Benelli, 2018; Santos et al., 2019b; Lima et al., 2019; Silva et al., 2021; Duque et al., 2023). O OE de várias espécies da Lamiaceae demonstrou alta eficácia larvicida contra *Aedes aegypti* ($CL_{50} < 10,00 \text{ mg.L}^{-1}$), como em *Hyptis martiusii*, que induziu 100% de mortalidade em larvas de *Aedes aegypti* (Araújo et al., 2003). Outras espécies, como *Hyptis dilatata* (Duque et al., 2023), *Hyptis pectinata* (Silva et al., 2008), *Medusantha martiusii* (Silva et al., 2016) e *Pogostemon cablin* (Santos et al., 2019b), também apresentaram atividade larvicida.

Os mecanismos de ação dos óleos essenciais variam conforme sua composição química, interagindo com membranas celulares, inibindo enzimas e interferindo na sinalização celular. O OE e as frações obtidas das folhas de *Hyptis ovalifolia* mostraram atividade antifúngica contra dermatófitos como *Microsporum canis*, *M. gypseum*, *Trichophyton rubrum* e *T. mentagrophytes* (Souza et al., 2003). *Hyptis ovalifolia* (sinônimo de *Gymneia interrupta*) também é conhecida por produzir argenticlactona, um composto antifúngico eficaz contra *Paracoccidioides brasiliensis* (Araújo et al., 2016; Silva et al., 2018). Já *Hyptis suaveolens* é utilizada na medicina tradicional para tratar doenças respiratórias, febres, doenças de pele, dores e câimbras, com relatos de atividade antifúngica, antimicrobiana, anti-inflamatória e inseticida (Andrade et al., 2017). *Hyptis verticillata* é tradicionalmente usada como agente anti-inflamatório e antimicrobiano, além de apresentar atividades anticancerígenas e inseticidas (Picking et al., 2013).

A eficácia larvicida dos OEs foi amplamente demonstrada no controle de vetores de doenças, como *Aedes aegypti*, oferecendo uma alternativa promissora aos inseticidas sintéticos. O eugenol, um monoterpeneo presente no óleo essencial de manjeriço, mostrou-se eficaz como larvicida em bioensaios realizados conforme o protocolo da Organização Mundial da Saúde (OMS), sugerindo seu potencial para o controle de *Aedes aegypti* (Adhikari et al., 2022). Diversos OEs, como os de *Cymbopogon citratus* e *Ocimum basilicum*, demonstraram significativa atividade larvicida, servindo de base para investigar o potencial de *G. interrupta* (Albuquerque et al., 2019).

A avaliação da atividade larvicida do óleo essencial de *G. interrupta* é importante para explorar seu uso como agente natural no controle de vetores, contribuindo para o desenvolvimento de soluções sustentáveis.

O Brasil é um importante ator no mercado global de óleos essenciais com balança comercial superavitária para óleos essenciais. O Brasil está em uma posição considerável e exporta uma relevante variedade de óleos essenciais. Há poucos dados sobre a produção interna de OE e uma carência generalizada de dados sobre tendências do mercado nacional. No setor privado é possível aperfeiçoar a produção dos óleos essenciais qualitativa e quantitativamente, agregando, assim, maior valor de mercado ao produto brasileiro e aumentando a arrecadação com sua exportação. Há expectativa de crescimento estável do mercado de OE ao longo da década de 2020 e o setor de aromaterapia tem se destacado, com um incremento médio anual de 10% (Bizzo & Rezende, 2022; Bieski et al., 2021).

2.6 CONSERVAÇÃO DE ESPÉCIES VEGETAIS

A conservação de plantas medicinais é fundamental para garantir a sustentabilidade dos recursos naturais e a continuidade do uso de plantas de importância cultural, medicinal e econômica. A conservação *ex situ* protege os recursos genéticos ameaçados de extinção ou vulnerabilidade, preservando tanto o material genético quanto o conhecimento tradicional associado a essas plantas (Medeiros, 2014; Silva, 2015). A exploração comercial de óleos essenciais (OEs) é uma forma sustentável de extrativismo vegetal, pois geralmente não requer o abate das plantas, uma vez que os OEs podem ser extraídos de folhas, flores, frutos ou cascas (Medeiros, 2014).

As espécies nativas enfrentam ameaças como destruição de habitats, mudanças climáticas e coleta excessiva, o que torna urgente a adoção de estratégias de conservação. Para espécies ameaçadas do Cerrado, o desenvolvimento de técnicas de micropropagação é importante, pois aumenta rapidamente o número de plantas e contribui para protocolos de conservação *in vitro* (Sousa, 2015). A micropropagação, juntamente com bancos de germoplasma e jardins botânicos, desempenha um papel essencial na conservação da diversidade genética e na reintrodução de plantas em seus habitats naturais (Hernández-Terán et al., 2019; Bettoni et al., 2021; Ren & Antonelli, 2023).

A micropropagação é uma ferramenta valiosa para a conservação de plantas ameaçadas, permitindo a produção de indivíduos geneticamente idênticos e saudáveis para reintrodução. A aplicação dessas técnicas em *G. interrupta* é uma estratégia promissora para preservar a espécie e estudar seus compostos bioativos em condições controladas. Este estudo pode gerar resultados positivos, com o desenvolvimento de protocolos de germinação

in vitro e avaliação do crescimento em casa de vegetação, contribuindo diretamente para o melhoramento de espécies aromáticas.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Os estudos foram conduzidos no Laboratório de Cultura de Tecidos Vegetais (labCulTive – ICB/EA), Laboratório de Anatomia Vegetal (LabAv), Laboratório Multiusuário de Microscopia de Alta Resolução (LabMic) e Centro Regional para o Desenvolvimento Tecnológico e Inovação (CRTI), da Universidade Federal de Goiás. No labCulTive, nos experimentos de estabelecimento *in vitro*, as condições da Sala de Crescimento foram constantes ao longo dos experimentos e seguiram os seguintes parâmetros: temperatura de 25°C +/- 1°C, umidade relativa de 60%, iluminação por meio de lâmpadas tubulares LED Green Power Philips®, com densidade de fluxo de fótons fotossintéticos (*PPFD - Photosynthetic Photon Flux Density*) média de 43,23 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ e fotoperíodo de 16 h claro/8 h escuro.

3.1 MATERIAL VEGETAL

Sementes e o material propagativo de *G. interrupta* foram coletados em três localidades: Chácaras de Recreio Samambaia, Goiânia-GO (16°34'18"S, 49°17'07"W), Parque Estadual Serra de Jaraguá, Jaraguá-GO (15°45'54"S, 49°20'45"W) e Morro Cabeludo, Serra dos Pireneus, Pirenópolis-GO (15°48'34"S, 48°49'46"W). Dois espécimes foram identificados pelo taxonomista Heleno Dias Ferreira, processados segundo Fidalgo & Bononi (1989) e encaminhados, em 06 de julho de 2023, ao Herbário da UFG. Vouchers: 35996 (Jaraguá) e 35997 e 35998 (Pirenópolis). Parte das folhas foi fixada conforme Marques & Soares (2021) para análises micromorfológicas e histoquímicas no Laboratório de Anatomia Vegetal da UFG. As coletas ocorreram entre 8h e 10h da manhã. As inflorescências foram separadas das folhas, armazenadas em sacos de papel Kraft, e mantidas à temperatura ambiente até a secagem completa. Após limpeza, as sementes foram extraídas por fricção e peneiradas para remoção de resíduos. As sementes selecionadas foram armazenadas em tubos Falcon de 50 mL e refrigeradas em geladeira, a 5°C, até o uso nos experimentos (Ferraz, 2016). O projeto está cadastrado no Sistema Nacional de Gestão do

Patrimônio Genético e do Conhecimento Tradicional Associado (SisGen) sob o número A820866.

3.2 PROTOCOLO DE MICROPROPAGAÇÃO

3.2.1 Testes de Germinação *in vitro*

Para a realização dos testes de germinação foram separadas 1.200 sementes, que posteriormente foram distribuídas em seis tratamentos com 200 sementes para cada tratamento. Para o procedimento de descontaminação, as sementes selecionadas foram distribuídas num infusor de polipropileno 100,00% (5,5 x 7,0 cm). Os infusores foram então lavados, sempre com agitação, em água com detergente por 15 min. Em seguida, foram mergulhados em solução de álcool 70,00% por um min e transferidos para solução de hipoclorito de sódio comercial (2,50% de cloro ativo) por 40 min. Em câmara de fluxo laminar, os infusores foram lavados em água destilada autoclavada por cinco a seis vezes e as sementes foram utilizadas nos seis tratamentos. Em cada placa de Petri utilizam-se 50 sementes, sendo 6 tratamentos com 4 repetições. As sementes após serem lavadas e desinfectadas são colocadas em cada tratamento. As sementes do tratamento T1 são colocadas diretamente no papel de germinação na placa Petri. As sementes do tratamento T2 ficam imersas em água destilada por 24 h e depois transferidas para o papel de germinação em placas Petri. As sementes dos tratamentos T3 a T6 ficam imersas em ácido giberélico (GA₃) nas respectivas concentrações (144,50 µM, 289,00 µM, 578,00 µM e 1156,00 µM) por 24 h e depois transferidas para o papel de germinação em placas Petri.

Durante 15 dias, as placas permaneceram em Sala de Crescimento, com o papel de germinação sendo mantido sempre úmido. Foram feitas avaliações diárias sobre o número de sementes com protrusão radicular, sendo as sementes germinadas retiradas da placa. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,05$). Foram calculados: porcentagem de germinação e contaminação; índice de velocidade de germinação (IVG), velocidade de germinação (VG); e tempo médio de germinação (TMG).

A porcentagem de germinação final foi calculada segundo a seguinte equação:
100X/Y;

Em que:

- X = quantidade de sementes germinadas por placa;
- Y = quantidade total de sementes.

Os índices de velocidade de germinação (IVG), velocidade de germinação (VG), e o tempo médio de germinação (TMG) foram calculados com as seguintes equações (respectivamente):

$$IVG = G1/T1 + G2/T2 + \dots G_n/T_n;$$

$$VG = (T1 G1 + T2 G2 + T_n G_n) / (G1 + G2 + \dots + G_n);$$

$$TMG = (G1 T1 + G2 T2 \dots + G_n T_n) / (G1 + G2 + \dots + G_n).$$

Em que:

- T1, T2, Tn = Número de dias após a sementeira no primeiro, segundo e último dia;
- G1, G2, Gn = Número de sementes germinadas na primeira, segunda e respectivas contagens.

Não foram realizados testes visando à determinação da qualidade fisiológica das sementes (determinação da viabilidade). As sementes de *G. interrupta* são muito pequenas e o teste de tetrazólio, neste caso, não é um método confiável para a determinação do vigor destas sementes.

3.2.2 Teste de meios para o estabelecimento in vitro

Para o estabelecimento in vitro seguiu-se os mesmos procedimentos de descontaminação indicados no item 3.2.1, utilizando-se cerca de 500 sementes acomodadas em infusores de polipropileno. Após a descontaminação, os infusores com as sementes foram transferidos para uma solução de 100,00 mL de GA₃ a 1156,00 µM, por 24 h. Após este período, e em câmara de fluxo laminar, as sementes foram transferidas para frascos de 40,00 mL, contendo 5,00 mL de meio de cultura básico MS (Murashige e Skoog, 1962) modificado por conter metade da concentração recomendada dos macronutrientes (½MS), suplementado com 30,00 g.L⁻¹ de sacarose, 0,20 g.L⁻¹ de mio-inositol e 4,00 g.L⁻¹ de Gellax® (agente gelificante). O pH do meio foi ajustado em 5,70 ± 5,80 antes de ser esterilizado em autoclave a 120°C a 1 atm por 20 min. Os frascos foram fechados com tampa metálica sendo utilizado de 5-10 sementes por frasco e mantidos em Sala de Crescimento.

Após 40 dias de germinação, as plantas foram transferidas individualmente para frascos com capacidade para 375,00 mL em quatro tratamentos: T1 (controle): Gellax® com

água e 10,00 ml de solução de sulfato de magnésio a 0,15 M ou mol.L⁻¹; T2: Gellex® e meio de cultura MS com metade das concentrações de macronutrientes (½MS); T3: Gellex® e meio de cultura MS completo e T4: Gellex® e meio de cultura WPM (Lloyd & McCown, 1980). Em todos os meios de cultura, foi adicionado o biocida PPMTM (*Plant Preservative Mixture*) na concentração de 1,00% (1,00 mL de PPM por litro de meio). Após a transferência, os frascos foram fechados com tampa rígida de polipropileno (TP); TP contendo um furo de 5,00 mm de diâmetro, coberto com uma membrana composta por duas camadas de fita microporosa (Cremer®) e uma camada de fita veda-rosca (Politetrafluoroetileno-PTFE) (Amanco®) para permitir as trocas gasosas com o meio externo (Saldanha et al., 2012). Os frascos foram protegidos, ainda, com uma camada de filme PVC em torno da base da vedação principal. Foram utilizados 40 frascos com 50,00 mL de meio, para cada tratamento, totalizando 160 unidades experimentais. As culturas foram mantidas em Sala de Crescimento por aproximadamente 40 dias. Foram avaliados a altura das plantas e o número de folhas.

3.2.3 Multiplicação in vitro

Para a multiplicação in vitro e indução de novas brotações foram utilizadas plantas oriundas da germinação in vitro. A indução de brotos foi realizada a partir de fragmentos intermodais caulinares, com aproximadamente 5,0 cm de comprimento, e contendo duas gemas laterais localizadas nos entrenós. Os explantes foram inoculados individualmente em meio de cultura WPM, suplementado com diferentes concentrações de 6-benzilaminopurina (BAP): 0,000; 0,125; 0,250; 0,500; 0,750 e 1,000 mg.mL⁻¹ (0,000; 0,555; 1,110; 2,220; 3,330; 4,440 µM), e 1,00% de PPMTM, 6,50 g.L⁻¹ Agar, 30,00 g.L⁻¹ de sacarose, 0,20 g.L⁻¹ de mio-inositol e o pH do meio foi ajustado em 5,7 ± 5,8 antes de ser esterilizado em autoclave a 120°C a 1 atm por 20 min. O material vegetal foi mantido em Sala de Crescimento durante 30 dias. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado totalizando seis tratamentos. Cada tratamento foi constituído de 40 repetições contendo um explante em cada frasco. Os tratamentos foram avaliados semanalmente, durante quatro semanas sendo quantificadas as seguintes variáveis: sobrevivência, frequência de explantes responsivos, isto é, a porcentagem de explantes que formaram brotos e número de novos brotos, porcentagem de explantes com formação de calos na base do explante, porcentagem de contaminação e altura do explante.

3.2.4 Enraizamento in vitro

Para a indução de raízes em *G. interrupta* foram utilizadas plantas provenientes do melhor tratamento das brotações. Os brotos foram individualizados e transferidos para frascos de 375,00 mL, com 50,00 mL de meio de cultura WPM, suplementado com diferentes concentrações de ácido indolbutírico (AIB), de ácido naftalenoacético (ANA) e ácido indol acético (AIA), separados ou combinados, suplementados com 1,00% de PPMTM. Os meios do tratamento com AIA foram inicialmente autoclavados e apenas após esse processo foi adicionado o regulador de crescimento, em câmara de fluxo laminar, e após filtração utilizando filtro de 0,22 µm. Os tratamentos com os reguladores ANA e AIB foram autoclavados, não necessitando de filtração. Foram realizados testes com diferentes concentrações de ANA: 0,00; 1,00; 2,00 e 4,00 mg.L⁻¹ (0,00; 5,37; 10,74; 21,48 µM); diferentes concentrações de AIB: 0,25; 0,50; 1,00; 1,50 e 2,00 mg.L⁻¹ (1,23; 2,46; 4,92; 7,38; 9,84 µM); diferentes concentrações de AIA: 0,50; 1,00 e 2,00 mg.L⁻¹ (2,86; 5,71 e 11,42µM); diferentes concentrações de AIB combinado com ANA: Controle; 0,30+0,30; 0,60+0,60; 0,90+0,90; 1,20+1,20 mg.L⁻¹ (1,71+1,61; 3,43+3,22; 5,14+4,83; 6,85+6,44 µM). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com cada tratamento constituído de 40 repetições, sendo cada repetição composta por um explante por frasco. Foram avaliados: frequência de explantes responsivos, isto é, a porcentagem de explantes que formaram raízes, número de raízes por explante, porcentagem de explantes com formação de calos na base do explante e porcentagem de contaminação.

3.2.5 Aclimatização

Para a aclimatização das plantas obtidas in vitro, após o enraizamento, foram testados três substratos diferentes em vasos plásticos: T1 (50,00% de substrato comercial Terral Solo®, 25,00% de terra de barranco e 25,00% de areia, ou proporção 2:1:1), T2 (40,00% de Terral Solo®, 20,00% de terra de barranco e 40,00% de areia, ou proporção 2:1:2) e T3 (33,00% de Terral Solo®, 17,00% de terra de barranco e 50,00% de areia, ou proporção 2:1:3). Após o plantio, os substratos foram umedecidos e os vasos foram cobertos com sacos plásticos transparentes e mantidos na Casa de Vegetação do labCulTive (ICB/UFG), em condição de umidade de aproximadamente 60,00%, sempre observando se

o substrato estava úmido. Após dez dias nessas condições, os sacos plásticos foram retirados, mantendo-se as plantas por mais quinze dias na casa de vegetação. As avaliações ocorreram semanalmente, durante 4 semanas, perfazendo quatro avaliações. Sendo avaliada a taxa de sobrevivência das plantas e a altura da planta. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial (3x3) com estabelecimento de 3 intervalos de comprimento de raiz em: pequena (P) < 1,5 cm, média (M) ≥ 2-4,5 cm e grande (G) ≥ 5-18 cm para cada um dos 3 tipos de substrato. Cada tratamento foi constituído de 20 repetições, sendo cada repetição composta por uma planta enraizada, totalizando 180 unidades experimentais.

3.2.6 Análise estatística

Para os testes de germinação, os dados foram submetidos à Análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,05$) ou pelo teste de Scott-Knott ($\alpha = 0,05$). Quando os dados não atenderam às pressuposições da ANOVA, estes foram submetidos à transformação Box-Cox. Foi utilizado o programa R (Versão 4.0.3) para a análise dos dados, e o GraphPad Prism para gráficos. A análise de regressão utilizando a distribuição de Weibull pelo programa R.

3.3 MICROMORFOLOGIA E HISTOQUÍMICA DOS TRICOMAS FOLIARES

3.3.1 Obtenção e identificação do material vegetal e local dos experimentos

Parte das folhas coletadas foram fixadas conforme técnicas usuais de anatomia vegetal (Marques & Soares, 2021) para a caracterização micromorfológica e histoquímica no Laboratório de Anatomia Vegetal (LabAv), no Laboratório Multiusuário de Microscopia de Alta Resolução (LabMic) e no Centro Regional para o Desenvolvimento Tecnológico e Inovação (CRTI), da Universidade Federal de Goiás.

3.3.2 Microscopia eletrônica de varredura

Foram coletados fragmentos da região mediana de folhas de *G. interrupta*, provenientes de três condições de cultivo: cultivo in vitro (CV), ex vitro (plantas

aclimatizadas (PA) e plantas cultivadas no solo, após 30 dias de aclimatizadas (CS) e coletas em campo (plantas nativas - PN). As amostras, foram fixadas com solução de Karnovsky (Bozzola & Russel 1992, adaptado). Após 24 h, o fixador foi substituído por uma solução de acetona 70% e álcool 70% (1:1). Em seguida, as folhas foram levadas ao sonicador a 37°C por 1 h para retirar o excesso de cera presente nas lâminas foliares. Posteriormente, o material vegetal foi desidratado em série acetônica crescente até a saturação, seco ao ponto crítico de CO₂ (Leica EM – CPD 300 – Germany), recobertas por ouro no metalizador por 2 min (Leica – EM – SCD 050) com 15 nm de espessura. As imagens foram obtidas em um microscópio eletrônico de varredura por efeito de campo (MEV-FEG) Tescan AmberX com tensão de aceleração de elétrons de 5 kV no modo de detecção de elétrons secundários (SED), e transferidas para o CRTI/UFG. Para classificação dos tricomas utilizou-se Werker (2000, adaptado).

3.3.3 Histoquímica

Para investigação das principais classes de metabólitos produzidos pelos tricomas glandulares as amostras foram submetidas à diferentes reagentes (Tabela 1). A confecção das lâminas histológicas foi realizada a partir de secções transversais de amostras não fixadas, e seccionadas à mão livre. Secções controle foram realizadas simultaneamente, segundo as técnicas usuais em Microtécnica Vegetal (Marques & Soares, 2021), no LabAv. As observações e documentações fotográficas foram realizadas em microscópio óptico com luz polarizada modelo LEICA DM 500, os desenhos em fotomicroscópio modelo ZEISS-AXIOSKOP acoplado à câmera clara. As escalas que acompanham as ilustrações foram obtidas nas mesmas condições ópticas.

Tabela 1. Testes histoquímicos aplicados para detectar as principais classes de metabólitos secundários presentes em *Gymneia interrupta*.

Grupos de metabólitos		Reação positiva	Reagente
Lipídios	Lipídios totais	Vermelha	Sudan IV (Brundrett et al.,

			1991) Sudan III (Johansen, 1940); Steinmetz (Costa, 2001)
		Laranja	
		Cinza a negro	Sudan Slack B (Jensen, 1962)
	Lipídios neutros e ácidos	Azul (ácidos) rosa (neutros)	Sulfato Azul do Nilo (Cain, 1947)
Terpenos	Óleos essenciais	Azul (óleo essencial)	Reagente de Nadi (David & Carde, 1964).
		Castanho- avermelhada	Dicromato de Potássio (Gabe, 1968)
Compostos fenólicos	Compostos fenólicos gerais	Verde, purpura, azul, negro	Steinmetz (Costa, 2001) Cloreto férrico (Johansen, 1940); Sulfato ferroso e Formalina (Johansen, 1940).
Sílica		Luz polarizada	

3.4 ANÁLISE DO ÓLEO ESSENCIAL

3.4.1 Local dos experimentos

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Pesquisa em Produtos Naturais (LPPN), localizado na Faculdade de Farmácia da Universidade Federal de Goiás.

3.4.2 Obtenção do óleo essencial

O óleo essencial das amostras foliares de *G. interrupta* foram obtidas das coletas em campo, cultivo in vitro, 30 dias após aclimatização e 30 dias após plantio no solo. O óleo essencial foi extraído por hidrodestilação em aparelho de Clevenger por 2 h (Farmacopeia Brasileira, 2019). O óleo essencial foi purificado partição líquido-líquido com éter. A fase orgânica foi reunida e tratada com sulfato de sódio anidrido durante 15 min. Após esse período, a solução foi filtrada e o solvente evaporado em temperatura ambiente. O volume

de óleo essencial foi medido no tubo graduado do próprio aparelho e o rendimento, em porcentagem, foi calculado em relação à quantidade inicial de material botânico empregado na extração. O óleo essencial obtido foi acondicionado, identificado e armazenado em freezer para análises subsequentes. A armazenagem e a avaliação dos constituintes identificados por cromatografia a gás acoplada a espectrometria de massas (CG/EM) seguiram metodologia descrita por Santos et al. (2020). O óleo essencial obtido no procedimento foi dessecado com sulfato de sódio anidro e armazenado em frasco âmbar, sob refrigeração a -22,00 °C.

3.4.3 Composição química do óleo essencial

O óleo essencial obtido foi submetido à análise cromatográfica, em fase gasosa, acoplada à espectrometria de massas (CG/EM) em aparelho Shimadzu GC- QP2010, com coluna capilar de sílica BD-5 (30 m × 0,25 mm ID, 0,25 m de espessura, 5% de fenilmetilpolisiloxano). Rampa de aquecimento programada em: 60-240°C a 3°C.min⁻¹; 280,00°C a 10°C.min⁻¹ e finalmente 10 min a 280,00°C. Gás transportador Hélio a taxa de fluxo de 1 mL.min⁻¹, modo dividido na proporção de 1:20. A porta de injeção foi ajustada a 225,00°C. Parâmetros operacionais do espectrômetro de massa quadripolar significativos: temperatura da interface 240,00°C; ionização por impacto de elétrons a 70,00 eV com faixa de massa de varredura de 40-350,00 m.z⁻¹ a uma taxa de amostragem de 1 varredura.s⁻¹.

Os componentes químicos do óleo essencial foram identificados por comparação dos espectros de massas e índices de retenção com os relatados na literatura para os componentes mais comuns de óleos essenciais (Adams, 2017) e a porcentagem de cada componente identificada pela área (%) obtida no relatório de pico. Os índices de retenção foram calculados através da coinjeção de uma mistura de hidrocarbonetos, C9 – C28, e cálculo do Índice de Kovatz pela equação de Van Den Dool & Kratz (Dool e Kratz, 1963; Adams, 2017).

3.4.4 Atividade larvicida

Para investigar o potencial larvicida contra larvas do mosquito *Aedes aegypti*, alíquotas do óleo essencial de *G. interrupta* (de plantas coletadas em campo, PN, e aclimatizadas, PA) foram solubilizadas com Tween 20 (p/p) em água, formando uma solução

de 100,00 $\mu\text{g.mL}^{-1}$. Um total de 20 larvas de *Ae. aegypti* em terceiro instar foram expostas a 20,00 mL de solução teste em diluições seriadas de 100,00 a 20,00 $\mu\text{g.mL}^{-1}$. Como controle negativo foi empregada solução de água + tensoativo e o controle positivo, Temefós (Abate® - Basf Chemical Group) a 0,012 $\mu\text{g.mL}^{-1}$. Os eventos de mortalidade foram quantificados após 24 h de exposição aos tratamentos e confirmados por ausência de resposta ao estímulo mecânico. Foram realizadas três réplicas para cada ensaio. A Contração Letal (CL) responsável por 50 e 90% de mortalidade foi estimada por Probit ($\alpha=0,05$) com auxílio do software Statistica 12.0.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 PROTOCOLO DE MICROPROPAGAÇÃO

4.1.1 Germinação in vitro

A aplicação de ácido giberélico (GA₃) promoveu melhorias significativas na germinação in vitro de sementes de *Gymneia interrupta*, conforme indicado na Tabela 2. Dentre os tratamentos testados, a concentração de 578,00 µM (T5) apresentou o melhor desempenho geral, com a maior taxa de velocidade de germinação (6,81), o menor tempo médio de germinação (7,99 dias) e germinação consistente (61,50%). As Figuras 2 e 3 ilustram claramente a superioridade dos tratamentos com GA₃ em relação aos controles, destacando a influência positiva do regulador de crescimento tanto na porcentagem como na uniformidade da germinação. Esses resultados confirmam que o GA₃ atua de forma eficaz na superação da dormência fisiológica, acelerando o processo germinativo em condições in vitro.

Tabela 2. Porcentagem de germinação, Índice de velocidade de germinação (IVG), velocidade de germinação (VG) e tempo médio de germinação (TMG) / dias de *G. interrupta* com as concentrações de 144,50 µM (50,00 mg.L⁻¹), 289,00 µM (100,00 mg.L⁻¹), 578,00 µM (200,00 mg.L⁻¹) e 1156,00 µM (400,00 mg.L⁻¹) de GA₃.

Tratamento	Germinação (%)	IVG	VG	TMG
T1 (Somente descontaminação)	56,00 ab	2,30 b	398,50 a	14,38 a
T2 (Imersão em água por 24 h)	43,50 b	1,77 b	303,00 ab	14,32 a
T3 (144,50 µM de GA ₃ por 24 h)	60,00 ab	4,20 a	321,80 ab	10,54 b
T4 (289,00 µM de GA ₃ por 24 h)	64,50 ab	6,17 a	271,30 ab	8,40 b
T5 (578,00 µM de GA ₃ por 24 h)	61,50 ab	6,81 a	244,00 b	7,99 b
T6 (1156,00 µM de GA ₃ por 24 h)	73,00 a	6,60 a	337,50 ab	9,35 b

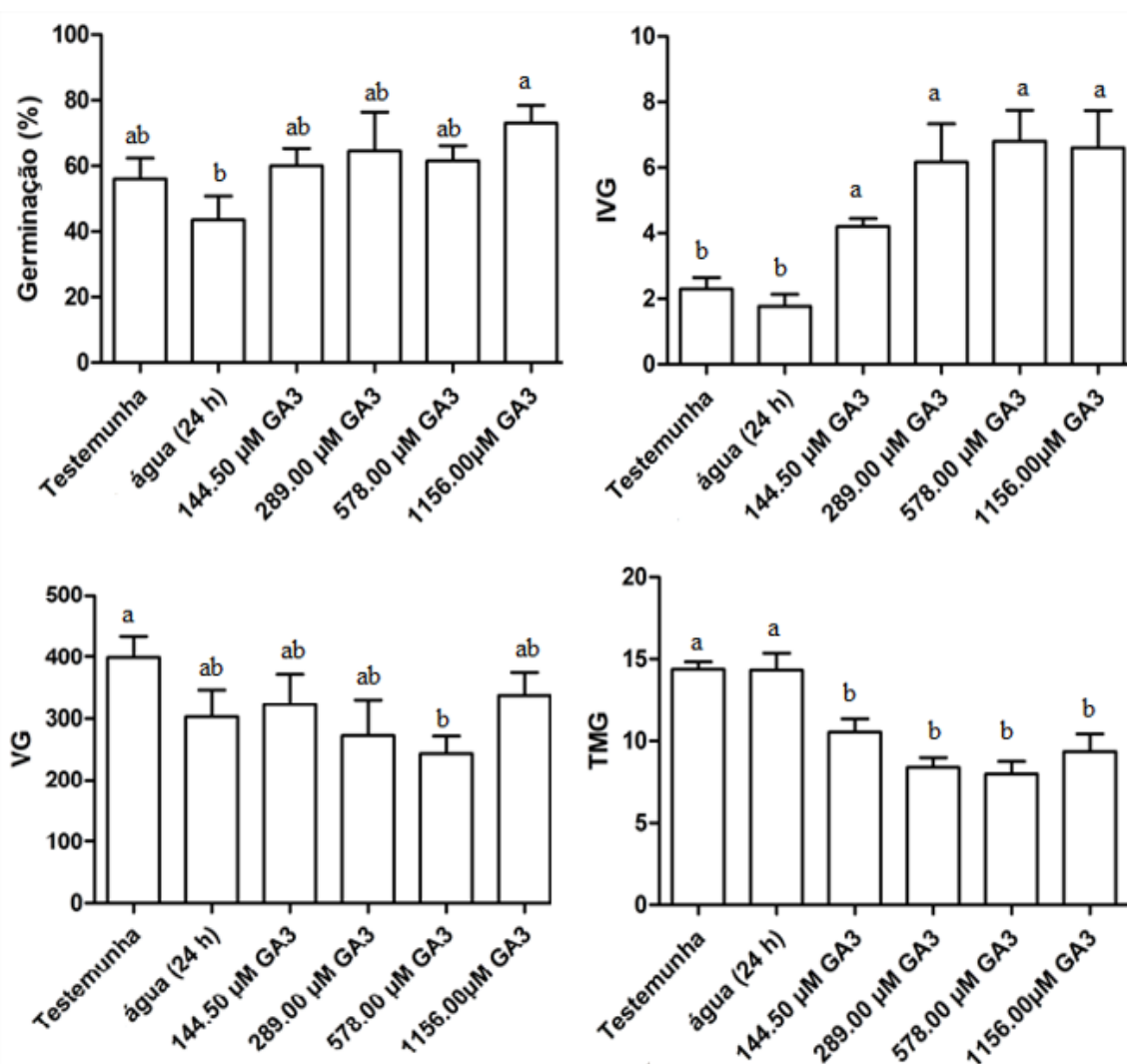


Figura 2. Porcentagem de germinação, Índice de velocidade de germinação (IMG), Velocidade de germinação (VG) e Tempo de velocidade de germinação (TMG)/dias de *Gymneia interrupta* após descontaminação das sementes (T1) após descontaminação e imersão em água por 24h (T2) e após descontaminação e imersão, por 24h, em soluções com diferentes concentrações de ácido giberélico (GA₃): 144,50 μM (T3), 289,00 μM (T4), 578,00 μM (T5) e 1156,00 μM (T6). *Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,05$).

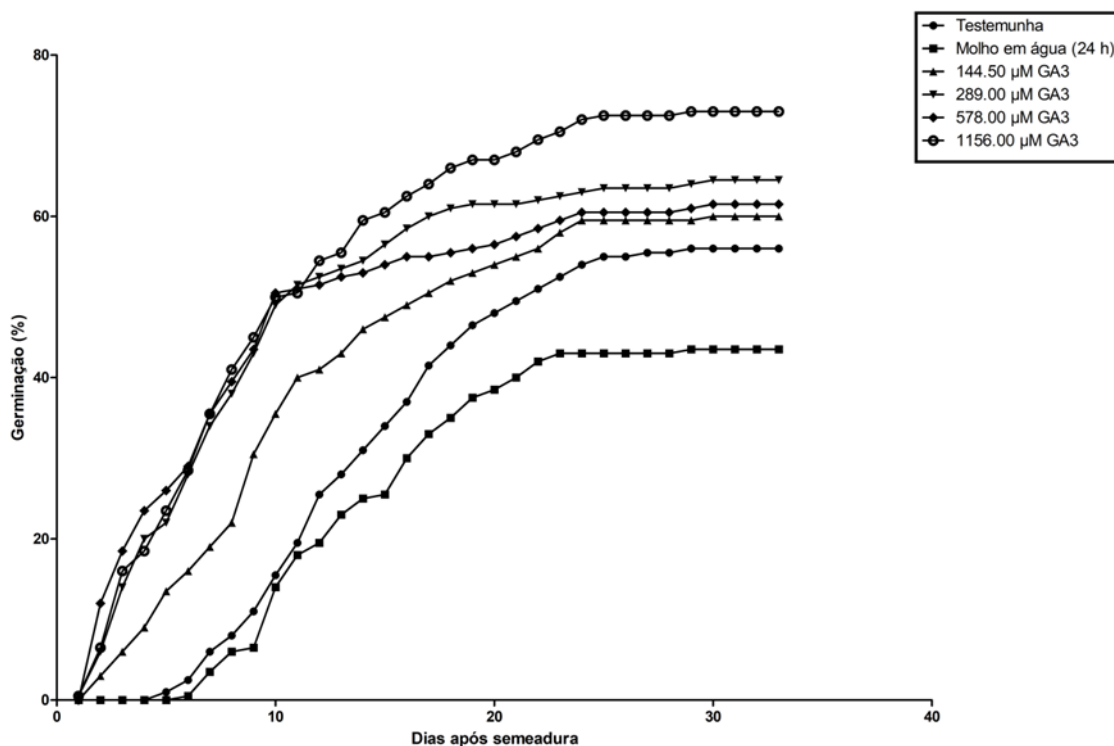


Figura 3. Porcentagem de germinação de *Gymneia interrupta* após descontaminação das sementes (T1), após descontaminação e imersão em água por 24h (T2) e após descontaminação e imersão, por 24h, em soluções com diferentes concentrações de ácido giberélico (GA₃): 144,50 µM (T3), 289,00 µM (T4), 578,00 µM (T5) e 1156,00 µM (T6). *Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,05$).

Do ponto de vista fisiológico, o GA₃ atua promovendo a ativação de vias metabólicas envolvidas na mobilização de reservas, especialmente por meio da indução de enzimas hidrolíticas, como a α -amilase, que facilitam a utilização de amido e outros nutrientes essenciais ao crescimento do embrião. Além disso, há uma ação sinérgica entre o GA₃ e a redução da atividade do ácido abscísico (ABA), hormônio responsável pela manutenção da dormência. De acordo com Nelson et al. (2023), a perda de dormência por pós-maturação a seco em *Arabidopsis thaliana* está associada ao aumento progressivo dos níveis endógenos de GA₃. Xu et al. (2020) também demonstraram que a germinação envolve uma rede de sinalização integrada em que o GA₃ desempenha papel central, estimulando a protrusão da radícula e o crescimento inicial da plântula.

Diversos estudos confirmam o papel central do ácido giberélico (GA₃) na superação da dormência e no estímulo à germinação de sementes de espécies da família Lamiaceae. Aoyama et al. (1996) observaram aumento expressivo na taxa de germinação e no desenvolvimento inicial das plântulas de *Lavandula angustifolia* após aplicação de GA₃.

Resultados semelhantes foram reportados por Chetouani et al. (2017), com taxas de 67,00% para *Lavandula dentata* e 27,00% para *Thymus satureioides* após tratamentos com GA₃. Elhindi et al. (2016) também relataram ganhos significativos em *Mentha piperita* (de 22,30% para 74,00%) e *Ocimum basilicum* (de 33,30% para 65,60%) utilizando 100,00 mg·L⁻¹ de GA₃. Em *Thymus algeriensis* e *Marrubium vulgare*, Mehalaine et al. (2023) demonstraram que a associação do GA₃ ao escuro favoreceu a germinação, alcançando 93,30% em *M. vulgare*. No entanto, *Rosmarinus officinalis* apresentou baixa sensibilidade, com apenas 6,70% de germinação mesmo com doses elevadas (Mehalaine et al., 2023; Suárez et al., 2011).

Evidências mais recentes reforçam que o efeito do GA₃ pode ser potencializado por meio de tratamentos combinados. Ekren et al. (2024) demonstraram que a associação de priming e revestimento polimérico com GA₃ elevou a germinação de *Lavandula stoechas* e *Ocimum basilicum* para 92,00% e 94,00%, respectivamente. Em contraste, *Minthostachys mollis* não respondeu ao hormônio, sendo a luz o principal fator para a indução da germinação (Suárez et al., 2011). No caso de *Origanum acutidens*, Karagöz (2023) registrou 92,00% de germinação e bom vigor inicial com o uso de GA₃. Esses dados corroboram as conclusões de Thompson (1969), que destacou a ampla variabilidade de resposta entre espécies da família Lamiaceae, com eficácia do GA₃ variando de 1,00 a 1000,00 mg·L⁻¹. Assim, embora o GA₃ seja uma ferramenta promissora, seu uso deve ser cuidadosamente ajustado às exigências fisiológicas de cada espécie, incluindo fatores como luz, temperatura e tratamentos pré-germinativos, para garantir resultados eficientes e reprodutíveis.

4.1.2 Teste de meios

A avaliação de diferentes meios de cultura para o estabelecimento *in vitro* de *Gymneia interrupta* revelou diferenças significativas no crescimento inicial das plântulas, conforme apresentado na Tabela 3. Após 40 dias de cultivo, observou-se que os três meios nutritivos testados — MS, ½ MS e WPM — foram significativamente superiores ao controle (água + Gellax®), tanto em termos de altura quanto no número médio de folhas. O meio ½ MS apresentou a maior média de altura (0,83 cm), seguido de WPM (0,81 cm) e MS completo (0,80 cm), todos estatisticamente superiores ao controle (0,43 cm). Em relação ao número de folhas, o meio MS apresentou a maior média (7,26 folhas), seguido de WPM (6,66) e ½ MS (6,65), com o controle sendo inferior (5,57 folhas).

Tabela 3. Resultado da avaliação dos meios de cultura com as médias da altura da planta (cm) e número de médio de folhas em *G. interrupta* para o estabelecimento in vitro em diferentes meios (½MS, MS, WPM) e com o controle (somente água e Gellex®).

Tratamento	Altura	Nº de folhas
Controle	0,43 b	5,57 b
MS 1/2	0,83 a	6,65 a
MS	0,80 a	7,26 a
WPM	0,81 a	6,66 a

Embora os resultados entre os três meios nutritivos tenham sido semelhantes em termos quantitativos, a avaliação visual das plântulas revelou diferenças qualitativas importantes. Tanto o meio ½ MS quanto o WPM apresentam menor custo e menor força iônica em comparação ao MS completo. Porém, plântulas cultivadas no meio WPM apresentaram-se mais vigorosas, com coloração mais intensa e aspecto geral mais saudável.

O meio MS, desenvolvido por Murashige e Skoog (1962), possui alta concentração de sais minerais e é indicado para plantas herbáceas de crescimento rápido. O meio ½ MS, com metade da força iônica do MS, reduz o estresse osmótico, sendo mais adequado para o enraizamento e crescimento moderado. Já o WPM, formulado por Lloyd e McCown (1980), possui menor salinidade e foi desenvolvido especificamente para o cultivo de espécies lenhosas. Embora o MS seja o meio mais versátil e frequentemente eficiente, a escolha da formulação ideal depende das características fisiológicas da espécie e do estágio de desenvolvimento em cultura (Fadel et al., 2010; Pradhan et al., 2013; Al-Mizory, 2014; Ioannidis & Koropouli, 2024).

Na família Lamiaceae, o meio MS em força total mostrou-se eficaz para a multiplicação de brotos em *Lavandula latifolia* e *Ocimum basilicum* (Al-Bakhit et al., 2007; Dode et al., 2004). Por outro lado, o meio ½ MS favoreceu o enraizamento e a organogênese em *Mentha spicata* e *Prunella vulgaris* (Fadel et al., 2010; Rasool et al., 2009). Embora menos citado, o meio WPM apresentou bons resultados para o enraizamento e manutenção de *Satureja thymbra* (Sarropoulou & Maloupa, 2019). A escolha adequada do meio de cultura e a combinação de reguladores de crescimento são determinantes para o sucesso da propagação in vitro de espécies dessa família.

Al-Bakhit et al. (2007) relataram alta proliferação de brotos em *Lavandula angustifolia* com o uso de cinetina e ANA. Em *Mentha spicata*, Fadel et al. (2010) observaram melhor organogênese e maior acúmulo de compostos fenólicos com ½ MS. Para

Melissa officinalis, Reis et al. (2008) destacaram melhores taxas de germinação e multiplicação com ½ MS suplementado com BAP. De forma semelhante, Miclea & Chifor (2018) confirmaram bons resultados para *Lavandula angustifolia* com meio ½ MS, reforçando a eficácia de formulações menos concentradas para germinação e multiplicação de Lamiaceae.

Diante do desempenho equilibrado nas variáveis analisadas (Tabela 3), do bom aspecto visual das plântulas cultivadas nesse meio e do suporte bibliográfico com espécies relacionadas, o meio WPM foi definido como o mais indicado para o estabelecimento in vitro de *Gymneia interrupta*, unindo desempenho técnico, compatibilidade fisiológica e custo acessível.

4.1.3 Multiplicação in vitro

O uso de diferentes concentrações do regulador de crescimento 6-benzilaminopurina (BAP) influenciou significativamente o desenvolvimento in vitro de *Gymneia interrupta*, conforme os dados apresentados na Tabela 4. Foram testadas seis concentrações (0,00 a 1,00 mg·L⁻¹), incluindo o controle sem adição de BAP. A adição da citocinina ao meio MS resultou em aumento expressivo do número médio de brotos por explante, especialmente nos tratamentos com 0,75 mg·L⁻¹ (8,61 brotos) e 1,00 mg·L⁻¹ (9,56 brotos), ambos estatisticamente superiores aos demais. Em contrapartida, o controle (T1) apresentou média de apenas 3,71 brotos por explante, com menor altura e menor número de folhas, indicando que a presença de BAP é essencial para a multiplicação eficiente da espécie.

Tabela 4. Resultado da avaliação da multiplicação in vitro em diferentes concentrações de BAP (0,000; 0,125; 0,250; 0,500; 0,750; 1,000 mg.L⁻¹) para verificar a média da altura (cm), sobrevivência, número de brotos de *Gymneia interrupta* com o controle (somente água, Gellex® e Mg+).

Tratamento	Concentração BAP mg.L ⁻¹	Média altura	Média sobrevivência	Número de brotos	Contaminação
T1	0,000	0,63 b	0,86a	3,71 c	0,07 c
T2	0,125	0,99a	0,72a	6,40 b	0,16 b
T3	0,250	0,88a	0,64a	6,76 b	0,28a
T4	0,500	0,81a	0,78a	6,98 b	0,18 b
T5	0,750	0,83a	0,83a	8,61a	0,05 c
T6	1,000	0,82a	0,77a	9,56a	0,08 c

No que se refere à altura dos brotos, o tratamento com $0,125 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ resultou na maior média (0,98 cm), embora sem diferença estatística significativa em relação às demais concentrações com BAP, exceto o controle (0,63 cm). A sobrevivência dos explantes foi elevada em todos os tratamentos, com variação entre 63,80% e 86,50%, sendo o maior valor registrado no controle. Já a contaminação permaneceu baixa, destacando-se o tratamento com $0,75 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ como o de menor incidência (5,00%), reforçando sua viabilidade para multiplicação.

Esses achados estão de acordo com estudos prévios sobre o papel da BAP na propagação in vitro de plantas. Segundo Dilshad et al. (2021), em *Solanum tuberosum*, o uso de $0,25 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ de BAP produziu até 25 brotos por explante. Tolera et al. (2014) observaram que em *Saccharum officinarum*, a concentração de $1,00 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ foi ideal para alcançar mais de 30 brotos por explante, confirmando que BAP estimula intensamente a brotação. Mossi et al. (2000) e Nemati et al. (2011) também destacaram a superioridade da BAP em relação a outras citocininas, como cinetina, especialmente quando aplicada de forma isolada.

Diversos estudos demonstram que a 6-benzilaminopurina (BAP) é altamente eficaz na indução de brotos em espécies da família Lamiaceae, grupo ao qual pertence *Gymneia interrupta*. Em *Ocimum basilicum*, Asghari et al. (2012) e Rasool et al. (2009) registraram taxas de regeneração acima de 90,00% e produção de até 30 brotos por explante com 11,00 a 15,00 μM de BAP. Em *Scutellaria alpina*, Grzegorzczuk-Karolak et al. (2015) relataram acúmulo de biomassa e até 25 brotos por explante com 2,00 a 4,00 μM de BAP, enquanto Weremczuk-Jeżyna et al. (2018) mostraram que esse regulador também estimula a produção de metabólitos como o ácido rosmarínico. Enkhbileg et al. (2019) observaram variações entre cultivares de *O. basilicum* frente a BAP e TDZ, com alta calogênese, mas baixa regeneração de brotos radiculares. Protocolos com folhas cotiledonares propostos por Dode et al. (2003, 2004) também se mostraram eficazes. Além disso, a combinação de BAP com ANA em *Satureja hortensis* (Navroski et al., 2014) e o uso de $0,50 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ em *O. gratissimum* (Sheelu et al., 2014) reforçam sua versatilidade. Em *Prunella vulgaris* e *Thymus leucotrichus*, os efeitos da BAP foram potencializados com outras citocininas, evidenciando a necessidade de ajustes específicos conforme o genótipo e o objetivo do cultivo.

Portanto, considerando os dados obtidos para *G. interrupta* (Tabela 4), os resultados de outras espécies vegetais e os relatos específicos para a família Lamiaceae, conclui-se que as concentrações de $0,75$ a $1,00 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ de BAP são as mais adequadas para

promover a multiplicação *in vitro* da espécie. Dentre essas, a concentração de $0,75 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ se destaca por combinar alta taxa de brotação com menor índice de contaminação, sendo a mais indicada para os protocolos subsequentes de propagação da espécie.

4.1.4 Enraizamento *in vitro*

O uso de diferentes concentrações de ácido indolbutírico (AIB) influenciou significativamente a indução de raízes em plântulas de *Gymneia interrupta* cultivadas *in vitro* em meio WPM, conforme os dados apresentados na Tabela 5. As concentrações testadas variaram de $0,00$ a $2,00 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, correspondendo a $0,00$ a $9,84 \mu\text{M}$. A análise estatística revelou que os tratamentos com $1,00 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ($4,92 \mu\text{M}$) e $1,50 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ($7,38 \mu\text{M}$) de AIB promoveram as maiores médias de raízes por explante, com $0,82$ e $0,90$, respectivamente. Além disso, o tratamento com $1,50 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ foi o que apresentou a menor incidência de contaminação ($0,00\%$) e uma baixa formação de calos ($0,03$), indicando sua superioridade para a fase de enraizamento.

Tabela 5. Avaliação do número, presença de raízes e calos conforme os testes (T1 a T6) realizados com diferentes concentrações de AIB: $0,00$; $0,25$; $0,50$; $1,00$; $1,50$ e $2,00 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ($0,00$; $1,23$; $2,46$; $4,92$; $7,38$; $9,84 \mu\text{M}$ respectivamente) em *Gymneia interrupta* (outubro de 2023).

Tratamento AIB (μM)	Média n° de raízes	Média n° de calos
0,00 (T1)	0,18 b	0,00 b
1,23 (T2)	0,13 b	0,00 b
2,46 (T3)	0,42a	0,00 b
4,92 (T4)	0,82a	0,00 b
7,38 (T5)	0,90a	0,03a
9,84 (T6)	0,36a	0,09a

Esses resultados estão de acordo com a literatura sobre o papel das auxinas no enraizamento *in vitro*. O AIB é amplamente reconhecido por estimular a iniciação de raízes adventícias, influenciando positivamente a divisão celular e a diferenciação dos tecidos radiculares. Carmen et al. (2012) observaram que em *Alnus glutinosa*, a aplicação de apenas $0,10 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ de AIB aumentou a média de raízes e antecipou sua formação em dois dias. Justamante et al. (2022) relataram que concentrações de $0,90 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ em híbridos de *Prunus* induziram entre $7,00$ e $8,80$ raízes por explante. Gonçalves et al. (2008) destacaram que o AIB também estimula o acúmulo de AIA endógeno, potencializando os processos

morfogenéticos envolvidos na formação de raízes. Tonon et al. (2001) acrescentaram que o AIB acelera a sequência de eventos celulares desde a ativação meristemática até a emergência radicular.

Ao focar na família Lamiaceae, da qual *G. interrupta* faz parte, diversos estudos reforçam a eficácia do AIB para o enraizamento in vitro. Dimitrova et al. (2012) observaram efeito positivo de $0,70 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ de AIB em *Lamium album*, enquanto Dolatabadi et al. (2012) reportaram que entre $1,00$ e $4,00 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ de AIB aumentaram significativamente o número e o comprimento das raízes em *Mentha piperita* e *Thymus vulgaris*. Rodrigues et al. (2020) também verificaram a eficiência de baixas concentrações ($0,00$ a $0,10 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$) em *Lavandula angustifolia*. Gudeva et al. (2017) confirmaram que o AIB promoveu maior porcentagem de enraizamento do que outras auxinas em *Rosmarinus officinalis* e *Salvia officinalis*, e Machado (2013) demonstrou resultados semelhantes em lavanda.

Diante desses dados experimentais e da literatura disponível, conclui-se que a concentração de $1,50 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ de AIB é a mais indicada para o enraizamento in vitro de *Gymneia interrupta*, por promover maior número de raízes, baixa formação de calos e elevada sanidade dos explantes. Essa concentração se mostra consistente com os achados em outras espécies da Lamiaceae, validando sua adoção nos protocolos de propagação da espécie.

4.1.5 Aclimatização

A aclimatização das plântulas enraizadas in vitro de *Gymneia interrupta* foi realizada em três formulações de substrato: T1 (2:1:1), T2 (2:1:2) e T3 (2:1:3), compostas por substrato comercial Terral Solo®, terra de barranco e areia, respectivamente. As avaliações incluíram altura das plantas, sobrevivência e interação com o tamanho das raízes (pequenas, médias ou grandes), ao longo de quatro semanas.

A análise de variância revelou que o tamanho da raiz e o tempo (semana) influenciaram significativamente o crescimento das plantas ($p < 0,0001$), enquanto o substrato isoladamente não apresentou diferença significativa ($p = 0,1308$). No entanto, a interação entre tamanho da raiz e substrato foi significativa ($p = 0,0092$), indicando que o desempenho do substrato depende do desenvolvimento inicial da muda (Tabela 6).

Tabela 6. Médias ajustadas da altura média de plântulas de *Gymneia interrupta* aos 40 dias de aclimatização, em função da interação entre o tamanho da raiz (pequena,

média, grande) e o tipo de substrato (T1: 2:1:1, T2: 2:1:2, T3: 2:1:3 de Terral Solo®, terra de barranco e areia, respectivamente).

Tamanho da raiz	Substrato	Altura média (cm)
Grande (G)	T1	7,20a
Grande (G)	T2	7,45a
Grande (G)	T3	8,33a
Média (M)	T1	4,12 b
Média (M)	T2	3,95 b
Média (M)	T3	4,36 b
Pequena (P)	T1	0,80 c
Pequena (P)	T2	1,05 c
Pequena (P)	T3	1,31 c

Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

De acordo com os dados da Tabela 7, as plântulas com raízes grandes apresentaram maior crescimento (7,77 cm), seguidas pelas médias (4,14 cm) e pequenas (1,05 cm), com diferenças estatisticamente significativas. Apesar da ausência de diferença estatística entre os substratos (Tabela 8), a maior altura média foi observada no tratamento T3 (4,94 cm), sugerindo que a maior proporção de areia pode ter favorecido a drenagem e a aeração, aspectos importantes na adaptação inicial das mudas. Os melhores resultados de interação entre tamanho da raiz e substrato foram obtidos no tratamento com raízes grandes em substrato T3, que alcançaram 8,33 cm de altura (Tabela 6).

Tabela 7. Médias ajustadas da altura média de plântulas de *Gymneia interrupta* em função do tamanho das raízes (pequena, média e grande), aos 40 dias de aclimatização.

Tamanho da raiz	Altura média (cm) \pm EP
Grande (G)	7,77 \pm 0,37a
Média (M)	4,14 \pm 0,37 b
Pequena (P)	1,05 \pm 0,37 c

Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). EP: erro padrão.

Tabela 8. Médias ajustadas da altura média de plântulas de *Gymneia interrupta* cultivadas em três formulações de substrato (T1: 2:1:1, T2: 2:1:2, T3: 2:1:3 de Terral Solo®, terra de barranco e areia, respectivamente), aos 40 dias de aclimatização.

Substrato	Altura média (cm) ± EP
1.AREIA (T1: 2:1:1)	4,04 ± 0,37a
2.AREIA (T2: 2:1:2)	3,99 ± 0,37a
3.AREIA (T3: 2:1:3)	4,94 ± 0,37a

Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). EP: erro padrão.

Esses resultados são consistentes com dados da literatura que destacam a importância da composição do substrato na fase de transição entre o ambiente *in vitro* e *ex vitro*. Substratos que equilibram retenção de água e aeração, como misturas contendo areia, turfa, húmus ou carvão vegetal, favorecem o enraizamento e a adaptação das plântulas (Villa et al., 2006; Pérez-Pazos et al., 2023; Abishay et al., 2023). A utilização de misturas orgânicas e inorgânicas também promove maior produção foliar e maior taxa de sobrevivência (Schuck et al., 2012; Silva et al., 2020; Stefanello et al., 2009).

Especificamente em espécies da família Lamiaceae, substratos porosos como turfa:perlita (3:1), musgo:areia (1:2) e coco-peet mostraram ser altamente eficazes na aclimatização, com taxas de sobrevivência superiores a 75,00% em espécies como *Ocimum basilicum*, *Mentha × piperita*, *Lavandula angustifolia* e *Salvia officinalis* (Begum et al., 2002; Manushkina et al., 2022; Miclea & Chifor, 2018). Os autores destacam ainda a influência do ambiente (temperatura e umidade) sobre a resposta das espécies.

Dessa forma, a combinação do substrato T3 (2:1:3 – maior proporção de areia) com plântulas apresentando raízes grandes revelou-se a condição mais eficiente para a aclimatização de *Gymneia interrupta*. Essa formulação proporcionou melhor desenvolvimento inicial, baixa mortalidade e é compatível com os princípios recomendados na literatura para espécies lenhosas da Lamiaceae.

4.2 MICROMORFOLOGIA DOS TRICOMAS FOLIARES

Não foram observadas diferenças significativas na micromorfologia dos tricomas foliares de *G. interrupta* entre amostras de folhas de plantas de cultivo *in vitro* (CV), aclimatizadas *ex vitro* (PA), cultivadas no solo após 30 dias de aclimação (CS) e plantas nativas coletadas em campo (PN). Identificaram-se dois tipos de tricomas: não glandulares e glandulares.

Os tricomas não-glandulares presentes nas folhas de *G. interrupta*, são simples, unicelulares, bicelulares, tricolares, tetracelular e multicelulares, com superfície lisa ou verrucosa, e, por vezes, apresentam células basais expandidas formando um pedestal em forma de roseta. Foram descritos seis tipos de tricomas não-glandulares nas amostras de folhas de *G. interrupta*, ocorrendo em todas as amostras de folhas (PN, CV, PA e CS), em ambas as superfícies, adaxial e abaxial, exceto o Tipo VI, para amostras de folhas de cultivo in vitro (Tabela 9).

Tabela 9. Ocorrência de tricomas não-glandulares, nas amostras de folhas, provenientes de coletas no campo (PN), do cultivo in vitro (CV), ex vitro: plantas aclimatizadas (PA) e plantas cultivadas no solo, após 30 dias de aclimatizadas (CS) de *Gymneia interrupta*.

Amostras	Tricomas não-glandulares						Localização	
	Tipo I	Tipo II	Tipo III	Tipo IV	Tipo V	Tipo VI	AD	AB
PN	+	+	+	+	++	++	++	++
CV	+	+	+	+	+	-	+	+
PA	+	+	+	+	+	+	++	++
CS	+	+	+	++	++	++	++	++

Legenda: Ausência: -; Presença: +; maior ocorrência ++. AD- face adaxial; AB- face abaxial.

Os tricomas não-glandulares aqui descritos (Tabela 10) assemelham-se aos relatados para várias espécies de Lamiaceae (Fajri et al., 2013; Tozin et al., 2016; Ramborger et al., 2020; Talebi & Ghorbanpour, 2023; Gostin, 2023). Convencionalmente, estes tricomas são considerados como tricomas que não participam da produção, armazenamento e/ou liberação de compostos químicos biologicamente ativos (Werker, 2000). Entretanto em estudos recentes, com *Aegiphila verticillata* e *Hyptis villosa*, foram identificados síntese e acúmulo de diferentes metabólitos secundários com valor ecofisiológico, atuando na interação química destas espécies com o ambiente, com exemplo, os compostos fenólicos, complementando assim, a ação dos tricomas glandulares (Tozin et al., 2016). Karabourniotis et al. (2020), afirmam que os tricomas não-glandulares acumulam grandes quantidades de compostos fenólicos, principalmente nos estágios iniciais de sua ontogenia, sem aparente capacidade de secreção.

Tabela 10. Descrição dos tipos de tricomas foliares não-glandulares de *Gymneia interrupta* presentes nas amostras provenientes de coletas no campo (PN), do cultivo in vitro (CV), ex vitro: plantas aclimatizadas (PA) e plantas cultivadas no solo, após 30 dias de aclimatizadas (CS).

Tipo	Tricomas não glandulares
	Descrição
I	unicelular (UNC), consiste em uma célula curta, ápice agudo, superfície com ornamentação verrucosa; presente em todas as amostras, tanto na face adaxial quanto abaxial (Figuras 4-A, B).
II	bicelular (BC), consiste em duas células, ápice agudo, superfície com ornamentação verrucosa, células epidérmicas basais, volumosas, radialmente arranjadas, formando uma roseta, parede celular espessa e silicificadas; presente em todas as amostras, tanto na face adaxial quanto abaxial (Figuras 4-C, D).
III	bicelular (BC), consiste em duas células, célula basal curta, expandida formando um pedestal, superfície com ornamentação verrucosa, ápice agudo, parede celular espessa e silicificadas; presente em todas as amostras, tanto na face adaxial quanto abaxial (Figuras 4-E, F; 7-J, seta curta verde).
IV	tricelular (TC), consiste em três células articuladas, célula basal silicificada, superfície lisa, ápice acuminado, parede celular espessa e silicificadas; presente em todas as amostras, tanto na face adaxial quanto abaxial (Figuras 4-G, I, seta branca; 5-A, B).
V	tetracelular (TT), consiste em quatro células articuladas, célula basal silicificada, superfície com ornamentação verrucosa, ápice agudo, parede celular espessa e silicificadas; presente em todas as amostras; tanto na face adaxial quanto abaxial (Figuras 4-H, I, seta amarela; 5-A, B; 7-H, seta curta branca).
VI	multicelular (MC), consiste em cinco a mais células articuladas, superfície com ornamentação verrucosa, ápice agudo, parede celular espessa e silicificadas. Presente em todas as amostras, exceto nas amostras oriundas do cultivo in vitro (Figuras 4-J, K; 5-A, B; 7-G, H, seta azul, 7-J, seta curta branca).

Diversas pesquisas têm sido conduzidas para elucidar as funções dos tricomas não-glandulares. Atualmente sabe-se que, a presença destes tricomas nas folhas podem estar relacionadas a diversas funções, como por exemplo, influenciando na difusão do vapor de água na superfície das folhas, evitando a transpiração excessiva quando estas estão submetidas a ventos e radiação UV (Tozin et al., 2016; Simplício et al., 2022), formando uma densa cobertura, podendo servir de barreira mecânica contra vários fatores abióticos e bióticos, proteção física, química e mecânica, além da proteção contra herbívoros e

patógenos (Tozin et al., 2016; Ramborger et al., 2020; Simplício et al., 2022; Tang et al., 2022; Gostin, 2023), além de potencialmente controlar a perda excessiva de água em altas temperaturas, como ocorre no Cerrado. Pode-se observar também uma grande silicificação destes tricomas (Figura 5B), o que pode ser uma adaptação de *G. interrupta* ao clima do Cerrado. De acordo com Dias et al. (2022), a presença de silício nas paredes das células dos tricomas, potencializa a resistência da planta à ação de fungos e insetos, evita a perda excessiva de água, diminuindo a taxa de transpiração (Santos et al., 2021). Em relação a estudos com micropropagação, os tricomas não-glandulares, auxiliam no ajuste da planta as mudanças drásticas do ambiente in vitro para ex vitro (Zuzarte et al., 2010; Karabourniotis et al., 2020; Wang et al., 2021; Simplício et al., 2022) e atuam na absorção e translocação de nutrientes (Li et al., 2021; Otto et al., 2021).

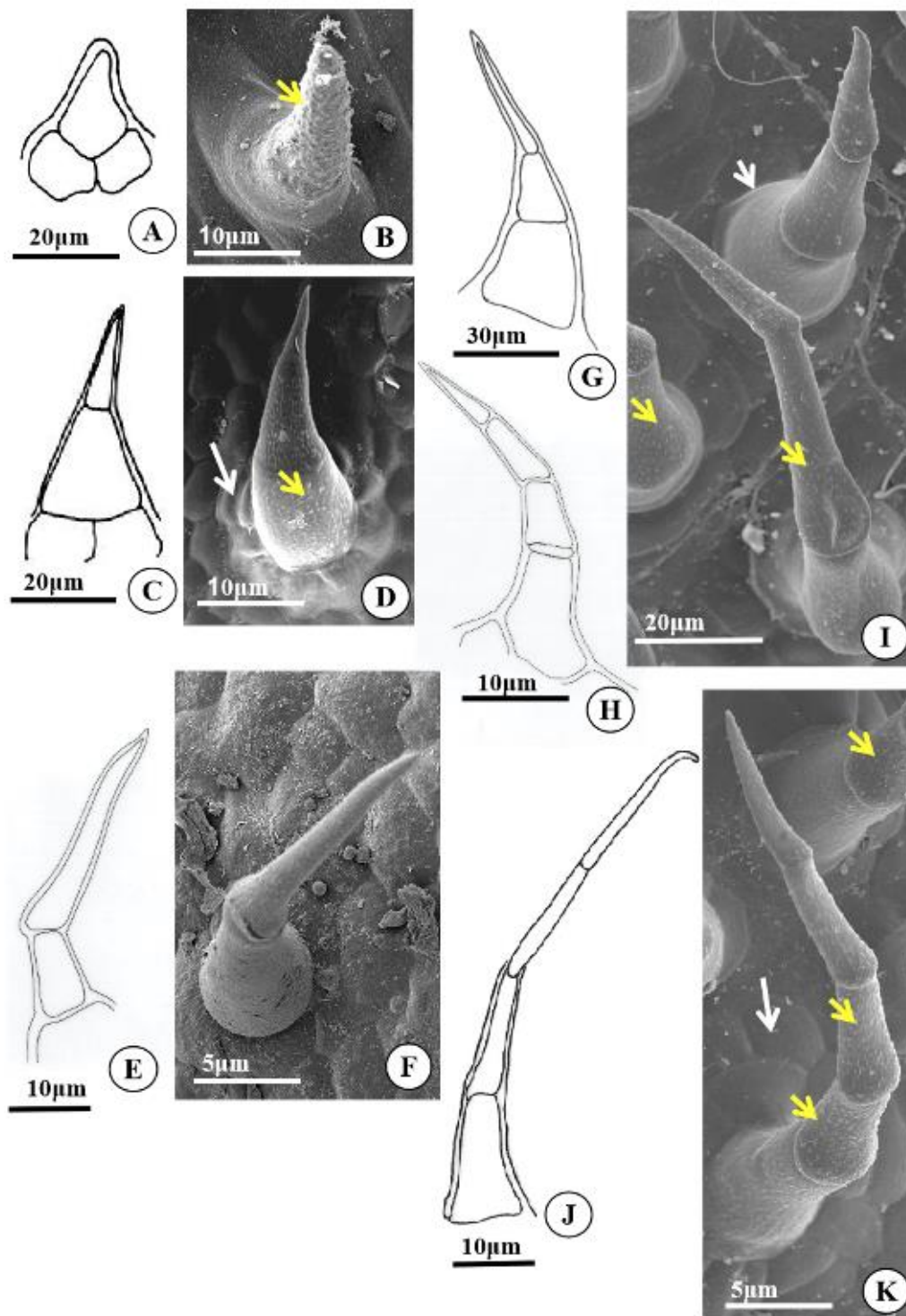


Figura 4. A- C- E-G- H-J. Ilustração e eletromicrografias dos tricomas não-glandulares que ocorrem em folhas de *Gymneia interrupta*. A. Tricoma não-glandular Tipo I; C. Tricoma não-glandular Tipo II; E. Tricoma não-glandular Tipo III; G. Tricoma não-glandular Tipo IV; H. tricoma não-glandular Tipo V; J. tricoma não-glandular Tipo VI. B- D- F-I- K. Eletromicrografia-Tricomas não-glandulares. B. Tricoma não glandular Tipo I; D. Tricoma não-glandular Tipo II; F. tricoma não-glandular Tipo III; I. tricoma não glandular Tipo IV, seta branca, Tipo V, seta amarela; K. Tricoma não-glandular Tipo VI.

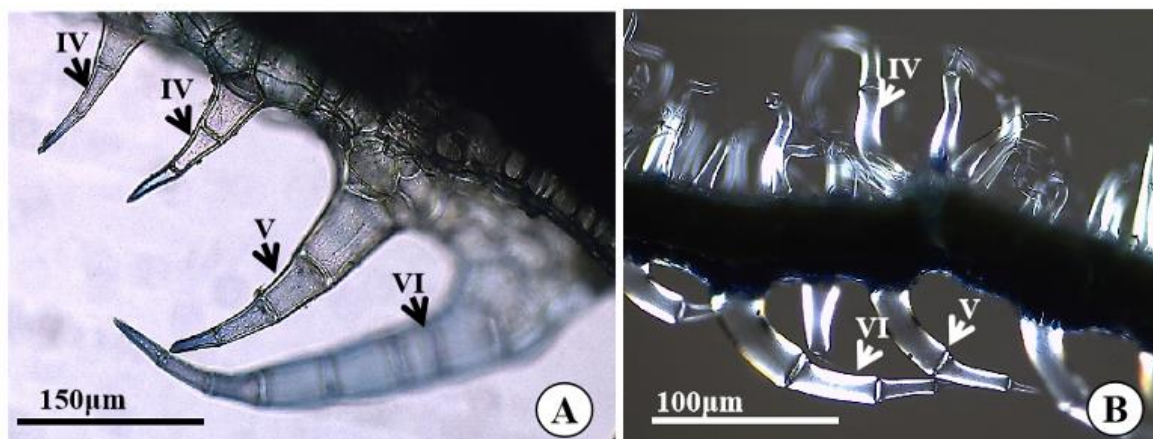


Figura 5. A-B. Fotomicrografia das secções transversais da lâmina foliar de *Gymneia interrupta*, Tricomas não- glandulares. **A.** Tipo IV (tricelular), Tipo V (tetracelular), VI (multicelular). **B.** Tipo IV, V, VI, presença de sílica nas paredes celulares dos tricomas indicada pela luz polarizada.

Já, os tricomas glandulares foram registrados dois tipos: peltados e capitados. Ambos apresentam o mesmo padrão morfológico que consiste em três zonas: uma base, um pedúnculo, e /ou uma célula pescoço e, na extremidade distal dilatada, a cabeça secretora (Werker et al., 1985). Os dois tipos estão presentes em todas as amostras de folhas analisadas (PN, CV, PA e CS) em ambas as superfícies foliares, tanto adaxial quanto abaxial, com maior ocorrência para a amostra de plantas coletas em campo, entretanto se diferenciaram quanto a morfologia, densidade visual e localização da secreção (Tabela 11).

Tabela 11. Ocorrência de tricomas glandulares capitados nas amostras provenientes de coletas no campo (PN), do cultivo in vitro (CV), ex vitro (plantas aclimatizadas (PA) e plantas cultivadas no solo, após 30 dias de aclimatizadas (CS) de *Gymneia interrupta*.

Amostras	Tipos de tricomas glandulares capitados							Localização	
	I	II	III	IV	V	VI	VII	AD	AB
PN	+	++	++	++	++	++	++	++	++
CV	++	++	+	+	+	+	-	+	+
PA	+	+	+	+	++	++	++	++	++
CS	++	+	+	+	++	++	++	++	++

Legenda: Ausência: -; Presença: +; maior ocorrência ++. AD- face adaxial; AB- face abaxial.

Os tricomas glandulares peltados, foram registrados em todas as amostras de folhas (PN, CV, PA e CS) de *G. interrupta* e caracterizaram-se pelo amplo espaço subcuticular no qual o produto de secreção é acumulado conferindo, aos mesmos, cabeça secretora com quatro células em forma globosa e/ou ovoide (Figuras 6A-B; 8A-H).). Essas características foram registradas em espécies de diferentes gêneros de Lamiaceae, como no gênero *Hyptis* onde são essencialmente com quatro células (Werker et al., 1985; Svidenko et al., 2018). Ressaltando que o gênero *Gymneia* (Benth.) Harley & J. F. B. Pastore, foi recentemente erigido, com base em estudos filogenéticos macromoleculares alocando parte das espécies anteriormente incluídas em *Hyptis* subsect. *Gymneia* (Harley & Pastore, 2012).

Esses tricomas podem estar parcialmente aprofundados em sulcos ou depressões na epiderme ou no mesmo nível das células epidérmicas, corroborando os dados encontrados nas amostras analisadas por Werker et al. (1985); Werker (2000); Zuzarte et al. (2010); Kalicharan et al. (2018); Tozin & Rodrigues (2017); Nizar (2018); Abdelraheem et al. (2019); Muravnik (2020); Machado et al. (2021); Wang et al. (2021); Naidoo et al. (2021); Turkey & Ozturk (2023); Talebi & Ghorbanpour (2023). Estes tricomas são considerados o local de biossíntese dos metabólitos secundários nas espécies de Lamiaceae, principalmente os óleos essenciais (Wink, 1999; Fahn, 2000; Crang et al., 2018; Jongedijk et al., 2020; Silva et al., 2023; Hussin et al., 2024).

Nos tricomas glandulares capitados, embora, o seu tamanho, densidade e localização, estejam relacionadas com fatores ambientais (Metcalf & Chalk, 1979), a sua morfologia pode apresentar várias possibilidades (Ascensão et al., 1995; Werker et al., 1985; Hussin et al., 2024), sendo comum a ocorrência de diferentes versões dos mesmos (Hussin et al., 2024), como observado para *Gymneia interrupta*. Sabe-se que ao contrário dos tricomas peltados, nos capitados o material segregado não permanece no espaço subcuticular, e, é expelido para o exterior, através de poros na cutícula, sendo possível observar pequenas gotas de produto segregado sobre a cabeça destes tricomas (Werker et al., 1985; Hussin et al., 2024). Caracterizam-se morfologicamente pela presença de pedúnculo, com uma, duas, três, quatro a mais células, eventualmente, ocorre entre a cabeça glandular e o pedicelo, uma porção glandular esférica denominada de pescoço, e a cabeça secretora, globosa, ovoide, elíptica com no máximo quatro células (Figuras 6I-J).

Foram descritos sete tipos de tricomas glandulares capitados nas amostras de folhas de *Gymneia interrupta*, ocorrendo em todas as amostras de folhas (PN, CV, PA e CS), em ambas as superfícies, adaxial e abaxial (Tabela 12). Sendo estes similares

morfologicamente aos já reportados para outras espécies da família, como em *Hyptidendron canum* (Fiuza et al., 2010), *Ocimum selloi* (Gonçalves et al., 2010), *Hyptis capitata* e *Hyptis brevipes* (Fajri et al., 2013), *Vitex agnus-castus* (Braga et al., 2014), *Hyptis villosa* (Tozin & Rodrigues, 2017), *Mesosphaerum suaveolens* (Chatri et al., 2018), *Coleus* ssp. (Sulistyowati et al., 2018), *Cantinoa althaeifolia* (Almeida et al., 2020), *Ocimum* ssp. (Sanoj & Deepa, 2021), *Plectranthus ornatus* (Silva et al., 2023).

Tabela 12. Descrição dos tipos de tricomas glandulares capitados nas amostras de folhas, provenientes de coletas no campo (PN), do cultivo in vitro (CV), ex vitro: plantas aclimatizadas (PA) e plantas cultivadas no solo, após 30 dias de aclimatizadas (CS) de *Gymneia interrupta*.

Tipo	Tricomas glandulares capitados
	Descrição
I	Consiste pedúnculo unicelular curto e cabeça uni ou bicelular globosa, presente em todas as amostras analisadas, em ambas as faces (Figuras 6-C, D, O, cabeça de seta; Figuras 7-F, H, seta, I, J, seta; Figuras 8-I, M).
II	Consiste pedúnculo unicelular curto, sem célula de pescoço e cabeça bicelular, com amplo espaço subcuticular na fase secretora, presente praticamente em todas as amostras, em ambas a face da lâmina foliar com maior abundância na face abaxial (Figuras 6-E, F; Figuras 8-N, R).
III	Consiste pedúnculo unicelular longo, sem célula de pescoço e cabeça tetracelular, com amplo espaço subcuticular na fase secretora presente em todas as amostras, em ambas a face da lâmina foliar com maior abundância na face abaxial (Figuras 6-G, H; Figura 7-C, seta amarela; Figuras 8-A, J).
IV	Consiste pedúnculo bicelular, com célula de pescoço, cabeça bicelular globosa e ou ovoide, presente em todas as amostras, com maior ocorrência nas amostras coletadas em campo, em ambas as faces (Figuras 6-I, J; Figuras 9-K, L).
V	Consiste pedúnculo tricelular, relativamente longo, com célula de pescoço e cabeça unicelular globosa ou ovoide pequena, presentes em todas as amostras em ambas as faces (Figuras 6-K, L; 7-C, seta azul; E, seta amarela; H, seta branca; Figuras 9-M).
VI	consiste em pedúnculo pentacelular, relativamente longo, com célula de pescoço e cabeça unicelular ovoide ou globosa pequena, presente em todas as amostras, principalmente nas nervuras principais (Figuras 6-M, O, seta curta; Figuras 7-A, C, E, seta branca; Figuras 9-N).
VII	consiste em pedúnculo pluricelular (seis ou mais células), relativamente longo, com célula de pescoço e cabeça unicelular ovoide ou globosa pequena, presente nas amostras de PN e , principalmente nas nervuras principais, ambas as faces (Figuras 6-N, O, seta branca; Figura 7-B; Figuras 9-O).

Os tricomas glandulares capitados Tipo I, II e III observados em *G. interrupta*, são semelhantes aos descritos por Werker et al. (1985), são comuns nas espécies de nativas

do Brasil, e apresentam o mesmo padrão de liberação de secreção, observado nos tricomas glandulares peltados como em *Hyptis villosa* (Tozin & Rodrigues, 2017) *Mesosphaerum suaveolens* (Chatri et al., 2018), *Cantinoa althaeifolia* (Almeida et al., 2020).

Os tricomas glandulares capitados Tipo IV, V, VI, VII, estão distribuídos por toda lâmina foliar, mais densamente nas nervuras da face adaxial das folhas (Figura 7-A), sendo observado em todas as amostras, formando uma densa cobertura. A alta incidência de tricomas com pedúnculo com mais de cinco células, pode ser considerada como mecanismo de defesa física e proteção contra radiação ultravioleta, características importantes para plantas de ocorrência restrita no Cerrado, como *Gymneia interrupta*. Werker (2000) e Wang et al. (2021), indicam em seus trabalhos que os tricomas com pedúnculo com mais de cinco células estão associados a proteção química e física, pois proporcionando uma maior interação da planta com o ambiente, interferindo de forma eficaz contra herbívoros, patógenos e, na proteção contra alta intensidade luminosa.

O tricoma glandular capitado Tipo VII, não foi observado na amostra de folha cultivada in vitro, inferindo que está ausência, esteja relacionado ao ambiente controlado das salas de crescimento no processo de micropropagação.

Nota-se que nas amostras foliares analisadas de *G. interrupta*, que os tricomas não-glandulares e os glandulares, ocorrerem em maior abundância na face abaxial, confirmando dados encontrados em *Hyptidendron canum* (Fiuza et al., 2010), *Vitex agnuscatus* (Braga et al., 2014), *Hyptis villosa* (Tozin & Rodrigues, 2017), *Mesosphaerum suaveolens* (Chatri et al., 2018) e *Cantinoa althaeifolia* (Almeida et al., 2020), todas espécies nativas do Brasil.

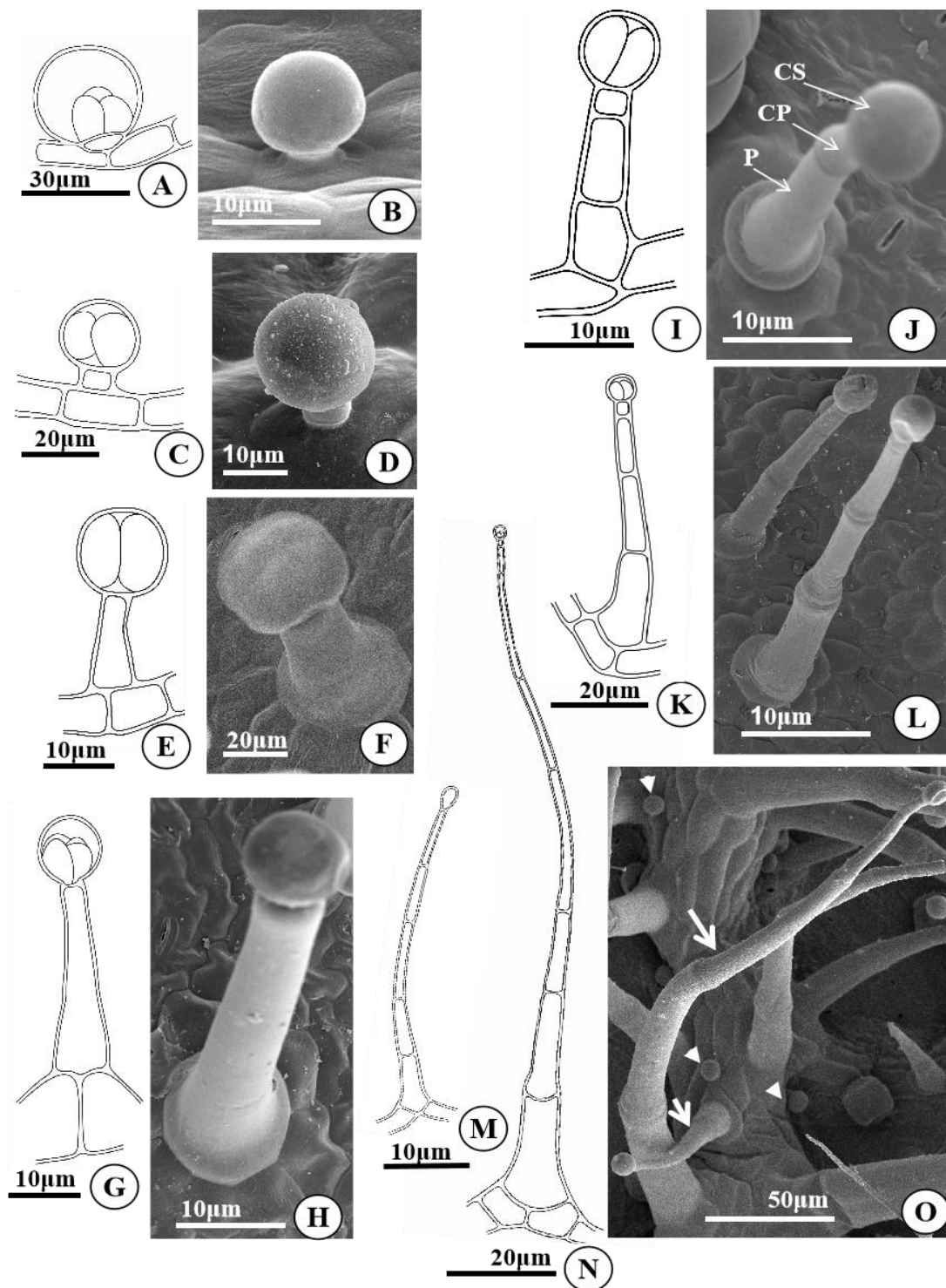


Figura 6. A-C-E-G-I-K-M-N. Ilustração e eletromicrografias dos tricomas glandulares que ocorrem nas folhas de *Gymneia interrupta*. A. Tricoma glandular peltado; C. Tricoma capitado Tipo I; E. Tricoma capitado Tipo II; G. Tricoma capitado Tipo III; I. Tricoma capitado Tipo IV; K. Tricoma capitado Tipo V; M. Tricoma capitado Tipo VI; N. Tricoma capitado Tipo VII. B-D-F-H-J-L-O. Eletromicrografia-Tricomas glandulares. B. Tricoma glandular peltado; D. Tricoma capitado Tipo I; F. Tricoma capitado Tipo II; H. Tricoma capitado Tipo III; J. Tricoma capitado Tipo IV (P: pedúnculo ; CP: célula de pescoço ; CS: célula secretora.); L. Tricoma

capitado Tipo V; **O**. Tricoma capitado Tipo I, cabeça de seta branca; Tipo VII, seta branca.

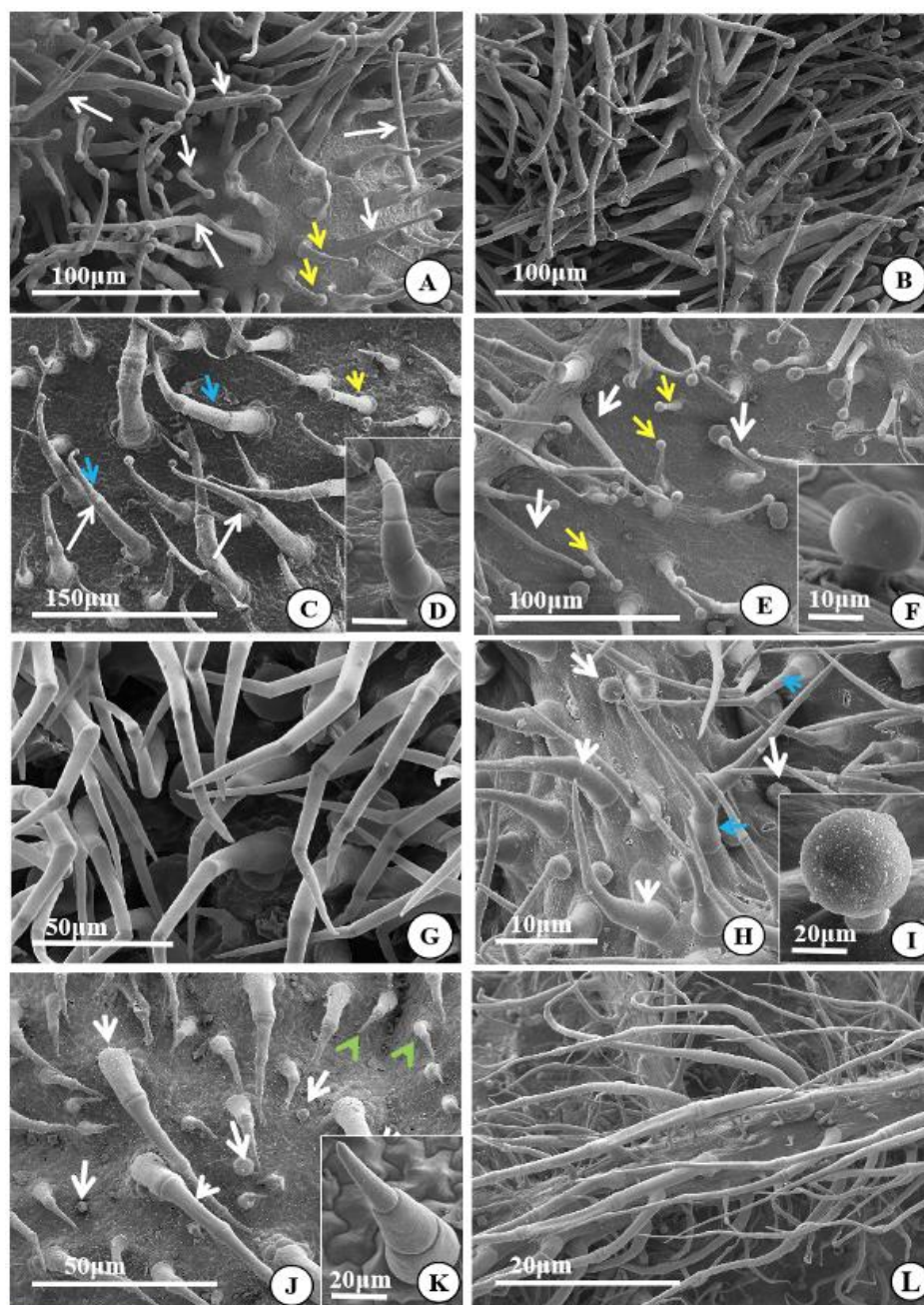


Figura 7. A-K. Eletromicrografias da lâmina foliar dos tricomas não-glandulares e glandulares nas amostras de folhas de *Gymneia interrupta*. **A-B. Amostras (PN)** - **A.** TGC, Tipo IV (seta amarela), Tipo V (seta curta, branca), Tipo VI (seta longa, branca); face adaxial. **B.** TGC Tipo VII, face abaxial. **C-F. Amostras (CV)**- **C.**TNG, Tipo V (seta azul), TGC, Tipo III (seta amarela), TCG, Tipo VI, face adaxial (seta branca); **D.** TNG, Tipo V, face adaxial; **E.** TGC, Tipo V (seta amarela), TGC, Tipo VI (seta branca), face abaxial; **F.** TGC, Tipo I, face abaxial; **G-I. Amostras (PA)** - **G.** TNG, Tipo VI, face adaxial; **H.**TNG, Tipo VI (seta azul), TNG, Tipo V (seta curta, branca), TGC, Tipo I (seta longa, branca), face adaxial; **I.** TGC, Tipo I, face abaxial; **J. Amostras (CS)** - **J.** TNG, Tipo VI (seta curta, branca), TNG, Tipo III (Seta curta, verde), TGC, Tipo I, face adaxial; **K.** TNG, Tipo III; **L.** TNG, Tipo VI. Legenda: TNG: tricoma não-glandular; TGC: tricoma glandular

capitado. PN: coletas em campo- plantas nativas; CV: cultivo in vitro; PA: plantas aclimatizadas; CS: plantas no solo, após 30 dias de aclimatizadas.

4.3 HISTOQUÍMICA DOS TRICOMAS FOLIARES

As análises histoquímicas confirmaram a presença de substâncias hidrofílicas e lipofílicas, característica comum a tricomas glandulares de diferentes espécies de Lamiaceae. Os resultados dos testes histoquímicos aplicados nas amostras de folhas de *G. interrupta* encontram-se resumidos na Tabela 13.

Tabela 13. Histoquímica dos tricomas glandulares presentes nas amostras de folhas de *Gymneia interrupta*, provenientes de coletas de campo, cultivo in vitro, plantas aclimatizadas e plantas nos solos, após 30 dias de Aclimatização.

	Grupos de metabólitos	Reagente	Tricomas glandulares	
			Peltados	Capitados
<i>Lipídios</i>	Lipídios totais	Sudan IV	++	++
		Sudan III	++	++
		Steinmetz	++	++
		Sudan Black B	++	++
	Lipídios neutros	Sulfato Azul do Nilo	+	+
<i>Terpenos</i>	Óleos essenciais	Reagente de Nadi	++	++
<i>Compostos Fenólicos</i>	Compostos fenólicos gerais	Dicromato de potássio	++	++
		Sulfato ferroso e formalina	++	++
		Steinmetz	+	+
		Cloreto férrico	++	++
		Steinmetz	+	+

Legenda: Ausência: -; Presença: +; maior ocorrência ++.

Nos tricomas glandulares peltados das folhas de *G. interrupta*, obteve-se resultado positivo para substâncias lipofílicas, através de testes com Sudan IV (Figura 8-A), Sudan III (Figura 8-B) e Sudan Black B (Figura 8-C). Reação positiva para terpenos (óleos essenciais) com reagente NADI (Figura 8-D).

Para compostos fenólicos, com os reagentes, Dicromato de potássio (Figura 8-E), Cloreto Férrico (Figura 8-F), Stenmeitz (Figura 8-H) e Sulfato Ferroso e Formalina (Figura 8-H).

Nos tricomas glandulares capitados Tipo I, reação positiva para substâncias lipofílicas como os reagentes, Sudan IV (Figura 8-I) e Sudan Black (Figura 8-J). Reação positiva para compostos fenólicos com os reagentes, Dicromato de Potássio (Figura 8H-L); reação positiva para terpenos (óleo essencial), reagente NADI (Figura 8-M).

Nos tricomas glandulares capitados Tipo II, reação positiva para substâncias lipofílicas como os reagentes, Sudan III (Figura 8-N) e Sudan Black (Figura 8-O); reação positiva para lipídios ácidos (azul), reagente Sulfato Azul do Nilo (Figura 8-P); reação positiva para compostos fenólicos, reagente Cloreto férrico (Figura 7-Q); reação positiva para terpenos (óleo essencial), reagente NADI (Figura 8-R).

Nos tricomas glandulares capitados Tipo III, reação positiva para substâncias lipofílicas como os reagentes, Sudan IV (Figura 9-A), Sudan III (Figura 9-B), Stenmeitz (Figura 9-C), Sudan Black (Figura 9-D); reação positiva para lipídios neutros (rosa) (Figura 9-E, seta), ácidos (azul), reagente Sulfato Azul do Nilo (Figura 9-E); reação positiva para compostos fenólicos com os reagentes, Dicromato de Potássio (Figura 9-F), Cloreto férrico (Figura 9-G), Stenmeitz (Figura 9-H), Sulfato ferroso e formalina (Figura 9-I). Reação positiva para terpenos (óleo essencial), reagente NADI (Figura 9-J).

Os tricomas glandulares Tipo IV, reagiram com substâncias lipofílicas, fenólicos e terpenos (óleo essencial), reagente NADI (Figura 9-K, L), o mesmo ocorrendo para os tricomas glandulares capitados Tipo V (Figura 9-M), Tipo VI (Figura 9-N) e Tipo VII (Figura 9-O).

Recorrer, a testes histoquímicos, pode nortear estudos sobre a natureza química do conteúdo dos diferentes tipos de tricomas glandulares (Silva et al., 2023) e complementar os dados micromorfológicos e, as espécies de Lamiaceae, tem sido alvo preferencial desses estudos. Dados similares ao encontrados nos tricomas glandulares de *G. interrupta*, foram observados para *Hyptis villosa* (Tozin & Rodrigues, 2017) e *Mesospharum suaveolens* (Chatri et al., 2018), plantas nativas do Brasil. Para as espécies não nativas, mas muito cultivadas no Brasil: *Thymus algeriensis* (Guesmi et al., 2019), *Plectranthus* ssp. (Machado et al., 2021), *Lavandula angustifolia* (Saunier et al., 2022); *Ocimum basilicum* (Turkay & Ozturk, 2023), mostrando a adaptabilidade das espécies de Lamiaceae aos diferentes cultivos.

Os lipídios totais, compostos fenólicos e Terpenos (óleos essenciais), podem desempenhar diferentes papéis biológicos na interação da planta com o meio ambiente (Wang et al., 2021; Simplício et al., 2022; Tang et al., 2022). Nas folhas estão associados à defesa química contra patógenos e herbívoros (Simplício et al., 2022) e como já mencionado, são importantes na manutenção do potencial hídrico das células protegendo os órgãos contra a dissecação (Ascensão et al., 1999; Werker, 2000), papel importante em ambientes com baixa umidade, como no Cerrado (Tozin et al., 2015a; Borghetti et al., 2023).

Estudos detalhados das características micromorfológicas dos tricomas, somadas aos dados histoquímicos, são fundamentais para se conhecer o processo adaptativo das espécies em ambientes com condições adversas.

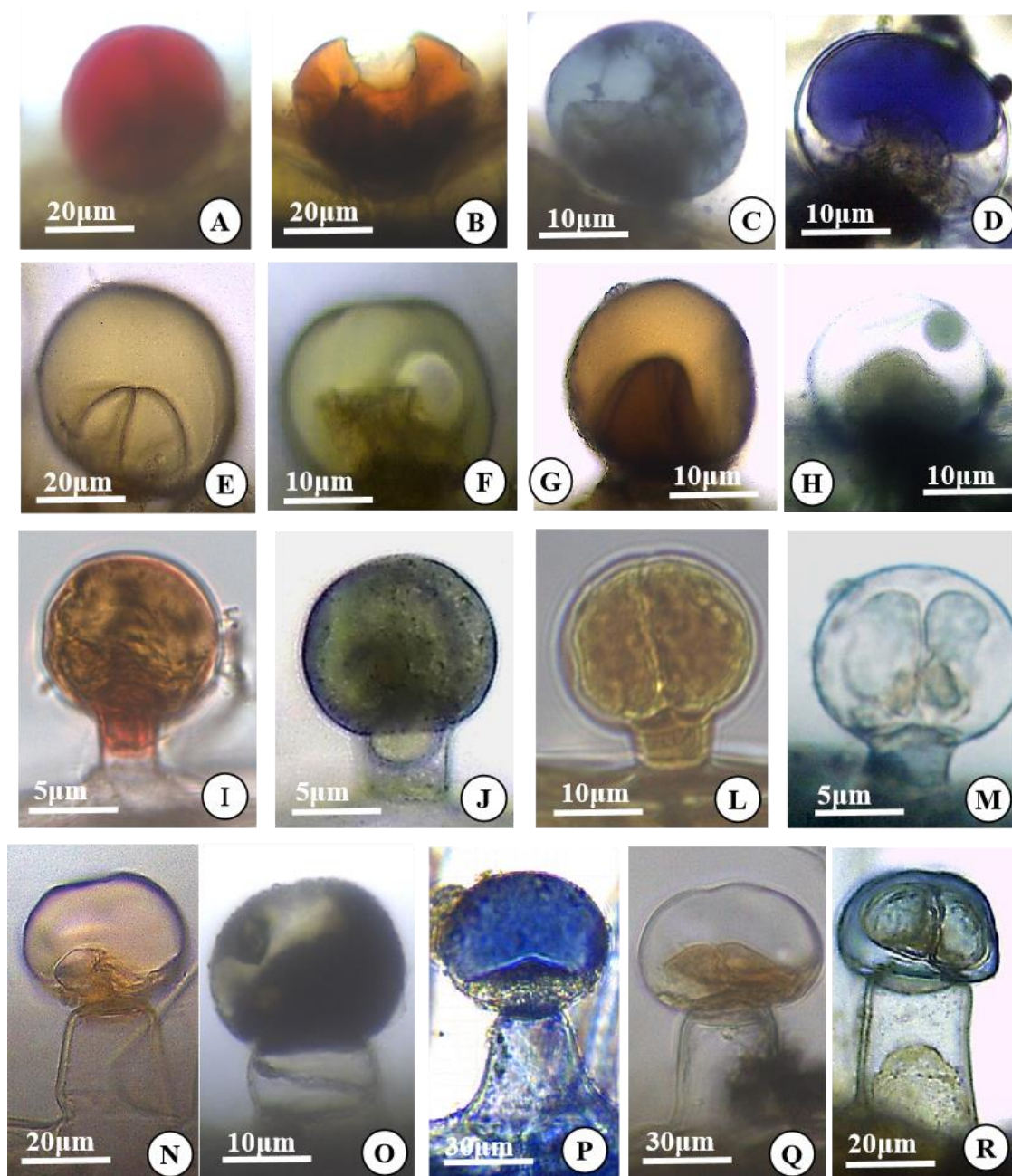


Figura 8. A-R. Fotomicrografias mostrando o resultado dos testes histoquímicos aplicados na lâmina foliar de *Gymneia interrupta*. **A-H.** Tricomas capitados peltados. **A-C.** Reação positiva para compostos lipofílicos; **A.** reagente Sudan IV; **B.** reagente Sudan III; **C.** reagente Sudan Black. **D.** Reação positiva para terpenos (óleo essencial), reagente NADI. **E-H.** Reação positiva para compostos fenólicos; **E.** reagente Dicromato de potássio; **F.** reagente Cloreto férrico; **G.** reagente Stenmeitz; **H.** reagente Sulfato ferroso e formalina. **I-M.** **Tricomas capitados Tipo I.** **I.** Reação positiva para compostos lipofílicos, reagente Sudan IV; **J.** Reação positiva para compostos lipofílicos, reagente Sudan Black; **L.** Reação positiva para compostos fenólicos, reagente Dicromato de potássio. **M.** Reação positiva para terpenos (óleo essencial), reagente NADI. **N-R.** **Tricomas capitados Tipo II.** **N.** Reação positiva para compostos lipofílicos, reagente Sudan III; **O.** Reação positiva para compostos lipofílicos, reagente Sudan Black. Reação positiva para lipídios ácidos, reagente Sulfato azul do Nilo. **Q.** Reação positiva para compostos fenólicos, reagente Cloreto férrico; **R.** Reação positiva para terpenos (óleo essencial), reagente NADI.



Figura 9. A-O. Testes histoquímicos aplicados na lâmina foliar de *Gymneia interrupta*. A-J. Tricomas glandular capitados Tipo III. A-D. reação positiva para compostos lipofílicos; A. reagente Sudan IV; B. reagente Sudan III; C. reagente Stenmeitz; D. reagente Sudan Black; E. reação positiva para lipídios neutros (rosa, seta), lipídios ácidos (azul), reagente Sulfato azul do Nilo. F-I. reação positiva para compostos fenólicos; F. reagente Dicromato de potássio; G. reagente Cloreto férrico; H. reagente Stenmeitz; I. reagente sulfato ferroso e formalina. J. Reação positiva para terpenos (óleo essencial), reagente NADI. K-L. Tricomas glandulares capitado Tipo IV, reação positiva para terpenos (óleo essencial), reagente NADI. M. Tricoma glandular capitado Tipo V, reação positiva para terpenos (óleo essencial), reagente NADI. N. Tricoma glandular capitado Tipo VI, reação positiva para terpenos (óleo essencial), reagente NADI. O. tricoma glandular capitado Tipo VII, reação positiva para terpenos (óleo essencial), reagente NADI.

4.4 ANÁLISE DO ÓLEO ESSENCIAL

As análises dos cromatogramas dos óleos essenciais das amostras foliares de *G. interrupta*, coletadas em campo (PN), cultivo in vitro (CV), plantas aclimatizadas (PA) e plantadas no solo após 30 dias de aclimatização (CA), obtiveram os seguintes rendimentos: 0,07% para amostras (PN), 0,02%, em (CV), 0,08% em PA e 0,03% (CS), respectivamente. Observa-se com esses resultados, que os melhores rendimentos foram para as amostras de PA e PN, respectivamente e, o menor rendimento nas amostras (CV). As variações observadas no rendimento dos óleos essenciais das amostras foliares de *G. interrupta*, podem ser interpretadas como uma resposta adaptativa da planta frente as condições de cultivo, associado a outros fatores ambientais como por exemplo, incidência de luz e temperatura.

Foram identificados 48 compostos, descritos detalhadamente na Tabela 14. Foi observado o predomínio de sesquiterpenos nas amostras (CV)(67,44%), sesquiterpenos oxigenados nas amostras (PA) (53,06%); nos monoterpenos e monoterpenos oxigenados nas amostras (CV), (7,42% e 3,32%, respectivamente). Observa-se uma diferença incomum entre as amostras de sesquiterpenos (CV) e amostras (PN), onde o teor de sesquiterpenos das amostras (CV), aumentou quando comparando com as (PN) (34,48%). O mesmo ocorrendo com os monoterpenos, as amostras (CV), teve um aumento significativo comparado com as (PN) (1,22%). Estes resultados demonstram, que estes compostos em *G. interrupta*, são diretamente influenciados pelas condições do local e o modo de condução da cultura. Essas alterações na composição química e rendimento do óleo essencial ocorrem devido aos mecanismos de defesa realizados pelas plantas medicinais e aromáticas. Aqeel et al. (2023), demonstraram, que a produção de óleos essenciais e dos seus metabólitos secundários são influenciados por fatores bióticos e principalmente abióticos, como temperatura, radiação UV-B, composição do solo (com alta ou baixa salinidade ou metais pesados) e estresse por seca, que são fatores suscetíveis de serem controlados, no caso do cultivo in vitro (Taiz et al., 2017; Alves et al., 2022). Ao se adaptarem às condições ambientais adversas, as plantas modificam sua composição química sem afetar seu fenótipo, dando origem a uma grande variedade genética entre as espécies com compostos bioativos diferentes (Mccioni et al., 2021).

Neste viés, Botrel et al. (2010), verificaram diferenças significativas no rendimento e na composição volátil de *Hyptis marruboides* (planta nativa), cultivadas no

campo e em casa de vegetação. O constituinte químico majoritário do óleo das plantas de campo foi o germacra-4 (15),5,10(14)-trien-1 α -ol, enquanto e das plantas de casa de vegetação o γ -muuroleno. Essa explícita diferença revela que o ambiente de cultivo é um fator importante para o teor e a composição química do óleo volátil de plantas de *H. marruboides*. Em *Salvia* ssp., Tibaldi et al. (2022), demonstraram que a propagação in vitro e o processo de pós-colheita nestas espécies interferiram no teor da composição do óleo essencial destas espécies.

Para atender à crescente demanda de matéria-prima das indústrias farmacêuticas, há necessidade de melhorar o cultivo das plantas in vitro com abordagens biotecnológicas com objetivo de aumentar o conteúdo de metabólitos secundários com potencial farmacêutico. Em *G. interrupta* houve aumento significativo na produção de Germacreno D no cultivo in vitro. Várias técnicas de cultivo in vitro (por exemplo, micropropagação) com diferentes elicitores bióticos (por exemplo, *Aspergillus flavus*) e abióticos (por exemplo, luz, temperatura, radiação, suplementação de meios basais com diferentes tipos de Reguladores de Crescimento Vegetal como 6-benzilaminopurina (BAP) isoladamente ou em combinação com ácido indol acético (AIA) ou ácido indolbutírico (AIB), aumentam o rendimento de metabólitos secundários (Shasmita et al., 2023; Asadollahei et al., 2022). O OE de *Vitex ferruginea* é rico em Germacreno D o que exibiu atividade antifúngica (potencial farmacêutico) (Cabral et al., 2008).

Os três componentes majoritários para amostras foram as seguintes:

- ✓ **Plantas nativas:** Epatulenol (8,31%), α -cadinol (7,54 %), Shyobunol (6,77%).
- ✓ **Cultivo in vitro:** Germacreno D (26,96%), β -cariofileno (12,01%), Biciclogermacreno (8,47%).
- ✓ **Plantas aclimatizadas:** Germacreno D (12,24%), Shyobunol (9,22%), Argentilactona (8,41%).
- ✓ **Plantadas no solo, 30 dias após aclimatização:** Shyobunol (14,85%), δ -cardineno (8,64%), Germacreno D (7,85%).

Tabela 14. Composição química dos óleos essenciais de partes aéreas de *Gymneia interrupta* obtidos de folhas coletadas em campo (PN), cultivada in vitro (CV), aclimatizadas (PA) e 30 dias plantadas no solo após aclimatização (CS).

Substâncias	IK	% (PA)	%(CV)	% (PA)	(CS)
Octen-3-ol	979	1,18	-	1,14	1,81
Limoneno	1029	1,22	7,42	0,57	2,83
Linalol	1096	1,92	3,32	0,61	0,70
Isoborneol	1160	0,43	-	-	-
Mirtenol	1195	0,25	-	1,06	0,36
Carvona	1243	0,22	-	-	-
δ-Elemene	1338	0,82	1,23	1,14	0,97
α-Copaeno	1376	0,84	1,43	0,89	0,37
β-Bourboneno	1388	0,90	-	0,49	0,21
β-Elemeno	1390	2,47	1,77	2,64	2,20
Cipereno	1398	-	0,78	-	-
α-Gurjuneno	1409	1,33	-	0,72	0,68
β-Cariofileno	1419	4,73	12,01	7,61	3,35
β-Copaeno	1432	0,33	-	0,48	0,17
α-trans-Bergamoteno	1434	0,68	-	0,60	0,21
α-Humuleno sesquiterpeno	1454	1,45	3,39	2,50	1,05
Allo-Aromadendreno	1460	1,03	1,10	1,62	0,64
γ-Muuroleno	1479	0,41	0,61	0,32	0,20
Germacreno D	1481	6,04	26,96	12,24	7,85
γ-Amorfeno	1495	0,16	1,43	-	-
Biciclogermacreno	1500	4,87	8,47	7,00	6,37
α-Muuroleno	1500	1,12	0,97	0,56	0,64
γ-Cadineno	1513	1,15	0,68	0,90	0,82
7-epi-α-Selineno	1522	-	0,57	-	-
δ-Cadineno	1523	5,90	6,04	5,31	8,64

α-Cadineno	1538	0,25	-	-	-
Germacreno B	1561	-	-	-	0,36
Palustrol	1558	1,32	-	0,50	0,55
Germacreno-D-4-ol	1575	-	0,50	4,97	5,56
Espatuleno	1578	8,31	-	-	-
Óxido de cariofileno	1583	6,56	-	2,24	-
Globulol	1590	3,06	0,89	1,38	1,63
Ledol	1602	2,97	-	1,03	1,43
Epóxido de humuleno II	1608	1,80	-	-	-
1,10-di-epi-Cubenol	1619	0,30	-	-	0,32
1-epi-Cubenol	1628	0,76	-	0,27	0,53
epi-α-Muurolol	1642	5,78	-	3,91	5,45
α-Muurolol (=Torreyol)	1646	1,52	7,51	1,02	1,37
α-Cadinol	1654	7,54	-	5,61	8,11
Argentilactona	1666	3,29	-	8,41	-
14-hidroxi-9-epi-(β)Cariofileno	1669	1,57	2,96	-	-
Mustakone	1677	0,64	-	-	-
Khusinol	1680	-	-	-	2,71
Germacra-4(15),5,10(14)-trien-1-α-ol	1686	0,64	-	-	-
Eudesma-4(15),7-dien-1β-ol	1688	-	-	0,81	-
Shyobunol	1689	6,77	-	9,22	14,85
Amorfa-4,9-dien-2-ol	1700	0,49	-	-	-
Oplopanona	1740	0,28	-	-	-
Monoterpenos		1,22	7,42	0,57	2,83
Monoterpenos oxigenados		2,82	3,32	1,67	1,06
Sesquiterpenos		34,48	67,44	45,02	34,73
Sesquiterpenos oxigenados		53,06	11,86	39,37	42,51
Não identificados (NI)		6,69	9,95	12,21	17,06

Total		99,45	99,99	99,5	100
Rendimento		0,07	0,02	0,08	0,03

Nota: ^a compostos químicos listados de acordo com o tempo de retenção. Percentual obtido por CG-EM.
 *NI=Composto não identificado. IK = índice de Kovat da literatura (ADAMS, 2017).

Os componentes encontrados simultaneamente em as amostras foliares de *G. interrupta*, foram, limonemo, linalol, δ -elemene, α -copaeno, β -elemeno, β -cariofileno, α -humuleno, allo-aromadendreno, γ -muuroleno, germacreno D, biciclogermacreno, α -muuroleno, γ -cadineno, 7-epi- α -selineno, δ -cadineno, globulol e α -muurolol. A literatura traz, que alguns destes componentes, apresentam atividades biológicas, como os monoterpenos, limonemo, linol e carvona, com ação anti-inflamatória, antinociceptiva, vasorrelaxante, ansiolítica, antidepressiva, sedativa e anti-hipertensiva (Brito et al., 2023), além de propriedades antioxidantes, antimicrobianas, antifúngicas, anti-inflamatórias, anticancerígenas e inseticida (Alves et al., 2022). Enquanto, os sesquiterpenos como biciclogermacreno, γ -muuroleno, β -carofileno e allo-aromadendreno, atividades antifúngicas, antimicrobianas, antioxidante, anti-inflamatória e potencial antipsicótico e bioherbicida (Karpíński, 2020; Bridi et al., 2021; Tambeli et al., 2023).

Os compostos como limoneno, linalol, pinenos (α - β), borneol, Isoborneol, cariofileno podem ser comuns ao perfil químico de espécies Lamiaceae (Mena et al., 2020). Dentre eles, pelo menos três são encontrados nos óleos essenciais de *Thymus vulgaris*, *Lavandula* spp. e *Rosmarinus officinalis* (Nunes et al., 2021; Mendes et al., 2022).

Os compostos β - elemeno, δ -elemeno e α -humoleno, foram identificados no óleo essencial de outras espécies do gênero *Hyptis* spp., com atividades antimicrobiana e anticancerígena (Sedano-Partida et al., 2020). Vários autores têm proposto em seus estudos ao longo de décadas, que os monoterpenos e sesquiterpenos são os componentes principais dos óleos essenciais desta família (Harley & Reynolds, 1992; Falcão & Menezes, 2003; Sedano-Partida et al., 2020; Zhang et al., 2020; Bridi et al., 2021; Zahid et al., 2021; Plugatar et al., 2023).

Para os componentes químicos majoritários totais, Germacreno D (26,00%), Shyobunol (14,85%), β -cariofilene (12,01%) e δ -cardineno (8,64%), foram encontrados na literatura atividades biológicas de interesse farmacológico como atividades antioxidante, anti-inflamatório, antimicrobiano, antiemético, antifúngico, inseticida (contra *Aedes aegypti*) (Saraiva Filho et al., 2020; Silva et al., 2021).

Outros componentes minoritários como, epóxido de humuleno II, mustakone, mirceno e β -bourboneno podem promover atividade antibacteriana, ansiolítica, analgésica e antitumoral (Costa, 2017; Wang et al., 2018; Santos et al., 2021).

Os componentes, isoborneol, carvona, α -cadineno, espatulenol, epóxido de humuleno II, mustakone, 54(15),5,10(14) -trien-1- α -ol-germacra, 4,9-dien-2-ol-amorfo e oplopanona, foram identificados apenas nas amostras coletadas em campo (PN). Cabe destaque, o espatulenol, com atividade larvicida (Magalhães et al., 2010), atividade neuroprotetora recuperando células danificadas e membranas mitocondriais, potencial fármaco para doenças como neuroblastoma e Parkinson (Mahalakshmi et al., 2021). Enquanto, o sesquiterpeno cipereno e 7-epi- α -selineno, apenas nas amostras cultivadas in vitro, khusinol, nas amostras de plantadas no solo, após 30 dias de aclimatização. Seguindo este panorama, alguns trabalhos avaliaram o potencial das atividades antifúngicas, inseticida, antidiurética destes componentes (Zaki & Salleh, 2020; Silva et al., 2021; Nur et al., 2022).

Ensaio bio-guiados em patógenos humanos como *Trypanosoma cruzi*, *Plasmodium falciparum*, *Leishmania amazonensis* e *Leishmania panamensis*, levaram à identificação do composto argetilactona, isolado a partir do óleo essencial de *H. ovalifolia* Benth (*syn. Gymneia interrupta*), o qual foi identificado como sendo responsável pela atividade antifúngica da espécie (Oliveira et al., 2004). O Argetilactona, foi encontrado nas amostras de PN (3,29%) e PA (8,41%).

Lima et al. (2023), relataram que os óleos essenciais extraídos de diferentes órgãos e de *Hyptis crenata* Pohl ex Benth., coletadas na Amazônia, tem como principais compostos químicos identificados, os monoterpenos, 1,8-cineol, limoneno, pinano (α -pineno, β -pineno), seguidos pelos sesquiterpenos, cariofilano e (E)-cariofileno. Amostras coletada na ilha do Marajó - Pará, os monoterpenos pinano (α -pineno e β -pineno), 1,8-cineol, cânfora, e limoneno, seguido dos sesquiterpenos E-cariofileno e α -longipineno, foram os de maior abundância. Souza et al. (2021), relataram que o óleo de *H. crenata* do nordeste do Brasil foi rico em cânfora, 1,8-cineol (19,80%) e α -pineno (15,40%). Em comum todos esses óleos apresentaram potencial antimicrobiano, fungicida, citotóxico, anti-HIV, inseticida, larvicida e antidepressiva.

Esses dados mostram a diversidade de compostos químicos presente em *G. interrupta* e na família Lamiaceae. Sinalizam ainda, a necessidade de ampliar o conhecimento científico sobre as espécies nativas do Brasil. Nota-se que a dificuldade de

pesquisas que investiguem os possíveis potenciais das plantas medicinais e a valorização do conhecimento em torno de espécies nativas as torna cada vez mais vulneráveis.

4.5 ATIVIDADE LARVICIDA

A Concentração Letal 50 (CL₅₀) representa a dose necessária de uma substância para provocar a mortalidade de 50% de uma população-alvo, sendo amplamente utilizada em estudos toxicológicos para avaliar a eficácia de compostos larvicidas. Quanto menor o valor de CL₅₀, maior a toxicidade do composto, indicando sua eficácia biológica em baixas concentrações. De acordo com Komalamisra et al. (2005), óleos essenciais com CL₅₀ inferior a 100,00 µg·mL⁻¹ são considerados biologicamente ativos, e altamente ativos quando o valor é inferior a 50,00 µg·mL⁻¹.

Conforme os dados apresentados na Tabela 15, os óleos essenciais extraídos das partes aéreas de *Gymneia interrupta*, provenientes tanto de plantas nativas coletadas em campo (PN) quanto de plantas aclimatizadas oriundas da micropropagação (PA), apresentaram CL₅₀ de 46,76 µg·mL⁻¹ e 48,10 µg·mL⁻¹, respectivamente. Esses valores caracterizam ambos os extratos como altamente ativos contra larvas de terceiro instar de *Aedes aegypti*, vetor de doenças como dengue, zika e chikungunya. A ausência de diferença estatística significativa entre as amostras reforça a manutenção da atividade biológica após o cultivo in vitro e aclimatização.

Tabela 15. Resultados do teste larvicida dos óleos essenciais extraídos das partes aéreas de *Gymneia interrupta*, provenientes tanto de plantas nativas coletadas em campo (PN) quanto de plantas aclimatizadas oriundas da micropropagação (PA).

AMOSTRAS	CL ₅₀ (± IC 95%) µg.mL ⁻¹	CL ₉₀ (± IC 95%) µg.mL ⁻¹
PN	46,76 (42,94 – 50,59)	83,03 (77,26 – 88,90)
PA	48,10 (42,92 – 53,23)	79,51 (72,15 – 86,88)

* IC 95%: intervalo de confiança da [CL₅₀] e [CL₉₀] a 95% de significância. CL: Concentração Letal.

Estudos prévios reforçam o expressivo potencial larvicida de espécies da família Lamiaceae. Martins et al. (2021) relataram uma CL₅₀ de 40,60 µg·mL⁻¹ para micropartículas do óleo essencial de *Melissa officinalis*, enquanto Pereira et al. (2018) reportaram CL₅₀ de 28,00 µg·mL⁻¹ para *Vitex gardneriana*, cujos constituintes majoritários incluíram cis-calameneno, 6,9-guaiadieno e óxido de cariofileno. *Hypenia irregularis*, espécie endêmica

do Cerrado, também demonstrou atividade larvicida significativa (Possel et al., 2020). De forma semelhante, *Origanum vulgare* ($CL_{50} = 37,50 \mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$) e *Thymus vulgaris* ($CL_{50} = 38,90 \mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$) apresentaram resultados promissores, conforme demonstrado por Oliveira et al. (2021), enquanto *Origanum majorana* obteve CL_{50} de $62,81 \mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ após 24 horas de exposição (Chaves et al., 2020).

Revisões recentes também destacam compostos-chave com ação larvicida presentes em espécies de Lamiaceae. Zaki & Salleh (2020), ao analisarem o gênero *Vitex*, apontaram β -cariofileno, germacreno D, limoneno, 1,8-cineol e espatulenol como principais metabólitos com atividades larvicida e inseticida. Resultados semelhantes foram obtidos por Marques et al. (2021) em espécies da Caatinga, e por Gupta & Gupta (2022), que identificaram CL_{50} entre $11,97$ e $76,61 \mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ em cinco espécies de Lamiaceae. Moola et al. (2023) e Salifou et al. (2020) evidenciaram a eficácia de diferentes quimiotipos de *Mesosphaerum suaveolens*, com CL_{50} variando entre $1,55$ e $66,49 \mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$. Rattan (2023) revisou os gêneros *Mentha*, *Ocimum*, *Stachys*, *Thymus* e *Vitex*, apontando CL_{50} de $20,11$ a $40,60 \mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ para *Stachys*. Adicionalmente, estudos com *Tetradenia riparia* relataram CL_{50} entre $29,31$ e $40,76 \mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ (Oliveira et al., 2022) e até $1,56 \mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ com β -cariofileno entre os principais constituintes — composto este também identificado no óleo essencial de *G. interrupta*.

A consistência dos dados obtidos para *G. interrupta*, mesmo entre plantas oriundas de diferentes condições (campo e aclimatizadas), sugere que a biossíntese de compostos voláteis com ação larvicida não foi comprometida pelo cultivo in vitro, o que reforça a viabilidade de sua multiplicação via micropropagação com fins biotecnológicos. Ademais, o perfil químico do óleo essencial, rico em β -cariofileno, germacreno D e biciclogermacreno, coincide com os compostos majoritários descritos em diversas espécies com comprovada ação larvicida. O ineditismo deste estudo e a elevada atividade observada colocam *G. interrupta* como uma promissora candidata para o desenvolvimento de larvicidas naturais, contribuindo com alternativas sustentáveis no combate ao *Aedes aegypti* e fortalecendo estratégias de conservação da biodiversidade do Cerrado e Amazônia.

5 CONCLUSÕES

- I. O presente trabalho permitiu a consolidação de um protocolo eficiente de micropropagação para *Gymneia interrupta*, espécie endêmica dos domínios fitogeográficos Cerrado e Amazônia, com reconhecido potencial etnofarmacológico. A germinação *in vitro* foi favorecida pela aplicação de ácido giberélico (GA₃), com destaque para a concentração de 578,00 µM. O meio de cultura WPM demonstrou melhor desempenho para o estabelecimento inicial das plântulas, sendo também economicamente viável.
- II. Durante a fase de multiplicação, as concentrações de 0,75 e 1,00 mg·L⁻¹ de BAP promoveram maior número de brotações por explante. O enraizamento foi significativamente incrementado com o uso de AIB nas concentrações de 1,00 e 1,50 mg·L⁻¹. Na etapa de aclimatização, a maior taxa de sobrevivência e o melhor desenvolvimento vegetativo foram observados na combinação de mudas com raízes longas cultivadas no substrato T3 (2:1:3 de Terral Solo®, terra de barranco e areia).
- III. A análise micromorfológica revelou a presença de tricomas glandulares do tipo peltado e capitado nas folhas, tanto de plantas nativas quanto de plantas micropropagadas. Os testes histoquímicos indicaram a presença de lipídios, óleos essenciais, terpenoides e compostos fenólicos nos tricomas, evidenciando seu papel na produção e armazenamento de metabólitos secundários.
- IV. A composição química do óleo essencial, determinada por cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (CG-EM), apresentou como constituintes majoritários o β-cariofileno, germacreno D e biciclogermacreno. A atividade larvicida frente a larvas de terceiro instar de *Aedes aegypti* foi classificada como altamente ativa, com CL₅₀ inferior a 50 µg·mL⁻¹, tanto nas amostras provenientes de plantas coletadas em campo quanto nas aclimatizadas.
- V. De forma inédita, o estudo confirma o potencial biotecnológico de *G. interrupta* como fonte de compostos naturais com atividade inseticida, além de demonstrar a viabilidade de sua propagação em larga escala por meio da cultura de tecidos

vegetais. Os resultados contribuem significativamente para estratégias de conservação *ex situ* e para o desenvolvimento de produtos naturais com aplicação no controle vetorial, aliando conservação da biodiversidade à inovação científica.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABISHAY, K. V.; ARNAUD, A.; TÉMIDOUAN, B. B.; TODEDI, J.-M.; NOUHOUN, Z. W.; CORNEILLE, A. Effect of substrate type on survival and growth of sweet potato vitroplants under acclimatization. **Journal of Plant Sciences**, v. 11, n. 1, 2023.

ABRAHAM, E. J.; WALLACE, E. D.; KELLOGG, J. J. A comparison of high- and low-resolution gas chromatography-mass spectrometry for herbal product classification: A case study with *Ocimum* essential oils. **Phytochemical analysis (PCA)**, v. 34, n. 6, p. 680–691, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1002/pca.3258>.

ADAMS, R. P. **Identification of Essential oil Components by Gas Chromatography/Mass Spectrometry**. 2017.

ADHIKARI, K.; KHANIKOR, B.; SARMA, R. Persistent susceptibility of *Aedes aegypti* to eugenol. **Scientific reports**, v. 12, n. 1, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-022-06302-8>.

AL-BAKHIT, A. A. M.; SAWWAN, J.; AL-MAHMOUD, M. In vitro propagation of two *Lavandula* species: *Lavandula angustifolia* and *Lavandula latifolia* L. Medica. **Jordan Journal of Agricultural Sciences**, v. 3, n. 1, p. 1–10, 2007.

ALBUQUERQUE, J. V.; SANTOS, S. L.; PIMENTEL, R. M. M. Bioatividade de plantas como estratégia no controle vetorial da Dengue. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Maringá, v. 21, n. 4, p. 278-289, 2019.

ALMEIDA, V. P.; RAMAN, V.; RAESKI, P. A.; URBAN, A. M.; & SWIECH, J. & MIGUEL, M.; FARAGO, P.; KHAN, I.; MANFRON, J. Anatomy, micromorphology, and histochemistry of leaves and stems of *Cantinoa althaeifolia* (Lamiaceae). **Microscopy Research and Technique**, v.83, n.5, 2020. DOI:10.1002/jemt.23444.

AL-MIZORY, L. S. In vitro micropropagation of selected *Bougainvillea* sp. through callus induction. **Journal of Agricultural Science and Technology**, v. 4, n. 1, p. 106–112, 2014.

ALVES, N. V.; CASTRO, I. P. M.; GELLEN, L. F. A.; PANONTIN, J. F. Potencial farmacológico dos óleos essenciais: uma atualização. **Práticas Integrativas e Complementares: Visão Holística e Multidisciplinar**, v.2, p. 144-160, 2022. Editora Científica Digital. DOI: 10.37885/210906134.

ANDRADE, A. M.; OLIVEIRA, J.P. R.; SANTOS, A.L.L.M.; FRANCO, C.R.P.; ANTONIOLLI, A. R.; ESTEVAM, C.S.; THOMAZZI, S.M. Preliminary study on the anti-inflammatory and antioxidant activities of the leave extract of *Hyptis fruticosa* Salzm. ex

Benth., Lamiaceae. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v.20, n.6, Curitiba, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-695X2010005000034>.

ANDRADE, H. B.; BRAGA, A. F.; BERTOLUCCI, S.K.V.; HSIE, B. S.; SILVA, S. T.; PINTO, J.E.B.P. Efeito de reguladores vegetais, intensidade de luz e LED no crescimento e compostos voláteis de *Hyptis suaveolens* (L.) **Poit in vitro**. **ISHS Acta Horticulturae 1155: VI Simpósio Internacional sobre Produção e Estabelecimento de Plantas Micropropagadas**, 2017. DOI: 10.17660/ActaHortic.2017.1155.40.

ANDRADE, S. R. M. **Princípios da cultura de tecidos vegetais**. Embrapa Cerrados. 1. Ed. Planaltina, DF, 2002. 16 p.

ANTAR, G.M.; HARLEY, R.M.; OLIVEIRA, A.B.; BUCHOSKI, M.G.; FRANÇA, F.; FARIA, M.T.; SOARES, A.S.; MOTA, M.C.A.; SCHLIEWE, M.A.; PASTORE, J.F.B. **Lamiaceae in Flora do Brasil**, Jardim Botânico do Rio de Janeiro. (<https://floradobrasil2020.jbrj.gov.br/FB142>). 2024.

ANTAR, G.M.; HARLEY, R.M.; OLIVEIRA, A.B.; BUCHOSKI, M.G.; FRANÇA, F.; FARIA, M.T.; SOARES, A.S.; MOTA, M.C.A.; SCHLIEWE, M.A.; PASTORE, J.F.B. 2020. **Lamiaceae in Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. (<https://floradobrasil2020.jbrj.gov.br/FB142>). 2020.

AOYAMA, E. M.; FURLAN, M. R.; INDRIUNAS, A.; ELIAS, L. Morfoanatomia foliar de *Plectranthus verticillatus* (L.f.) Druce (Lamiaceae). **Enciclopédia biosfera**, Centro Científico Conhecer – Jandaia-GO, v. 17 n. 34; p. 622, 2020. DOI: 10.18677/EnciBio_2020D48.

AOYAMA, E.; ONO, E. O.; FURLAN, M. R. Estudo da germinação de sementes de lavanda (*Lavandula angustifolia* Miller). **Scientia Agricola**, v. 53, n. 1, p. 136–140, 1996.

AQEEL, U.; AFTAB, T.; KHAN, M.M.A.; NAEEM, S. Regulation of essential oil in aromatic plants under changing environment. **Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants**, v. 32,100441, ISSN 2214-7861, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jarmap.2022.100441>.

ARAÚJO, E. C. C.; SILVEIRA, E. R.; LIMA, M. A. S.; NETO, M. A.; ANDRADE, I. L.; LIMA, M. A. A.; SANTIAGO, G. M. P.; MESQUITA, A. L. M. Insecticidal Activity and Chemical Composition of Volatile Oils from *Hyptis martiusii* Benth. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 51, n. 13, p. 3760–3762, 2003. DOI: 10.1021/jf021074s.

ARAÚJO, F. S.; COELHO, L. M.; SILVA, L.C.; SILVA NETO, B. R.; PARENTE-ROCHA, J. A.; BAILÃO, A. M.; OLIVEIRA, C. M.; FERNANDES, G.R.; HERNÁNDEZ, O.; OCHOA, J. G.; SOARES, C. M.; PEREIRA, M. Effects of Argentilactone on the Transcriptional Profile, Cell Wall and Oxidative Stress of *Paracoccidioides* spp. **PLoS neglected tropical diseases**, v. 10, n. 1, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0004309>.

ASADOLLAHEI, M. V.; YOUSEFIFARD, M.; TABATABAEIAN, J.; NEKONAM, M. S.; MAHDAVI, S. M. E. Effect of elicitors on secondary metabolites biosynthesis in *Zataria multiflora* Boiss. **Industrial Crops and Products**, v. 181, n. 114789, ISSN 0926-6690, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2022.114789>.

ASCENSÃO, L.; MARQUES, N.; PAIS, M. S. Glandular trichomes on vegetative and reproductive organs of *Leonotis leonurus* (Lamiaceae). **Annals of Botany**, v. 75, n. 6, p. 619-626, 1995.

ASCENSÃO, L.; MOTA, L.; CASTRO, M. M. Glandular Trichomes on the Leaves and Flowers of *Plectranthus ornatus*: Morphology, Distribution and Histochemistry. **Annals of Botany**, v. 84, n. 4, p. 437-447, 1999. DOI: <https://doi.org/10.1006/anbo.1999.0937>.

ASCENSÃO, L. & PAIS, M. S. The Leaf Capitate Trichomes of *Leonotis leonurus*: Histochemistry, Ultrastructure and Secretion. **Annals of Botany**, v. 81, n. 2, p. 263–271, 1998. DOI: <https://doi.org/10.1006/anbo.1997.0550>.

ASGHARI, F.; HOSSIENI, B.; HASSANI, A.; SHIRZAD, H. Effect of explants source and different hormonal combinations on direct regeneration of basil plants (*Ocimum basilicum* L.). **Australian Journal of Agricultural Engineering**, v. 3, n. 1, p. 12–17, 2012.

ASHRAFI, K.; IQRAR, S.; SAIFI, M.; KHAN, S.; QAMAR, F.; QUADRI, S. N.; MISHRA, A.; ABDIN, M. Z. Influence of Plant Growth Regulators on Glandular Trichome Density and Steviol Glycosides Accumulation in *Stevia rebaudiana*. **ACS Omega**, v. 7, n. 35, p. 30967–30977, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1021/acsomega.2c02957>.

BAKHTIAR, Z.; SONBOLI, A.; MIRJALILI, M. H. Essential oil variability of *Thymus persicus* (Ronniger ex Rech.f.) Jalas (Lamiaceae) during in vitro regeneration and ex situ domestication. **Journal of essential oil research**, v. 54, n. 4, p. 438-477, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1080/10412905.2023.2232813>.

BAKKALI, F.; AVERBECK, S.; AVERBECK, D.; IDAOMAR, M. Biological effects of essential oils – A review. **Food and Chemical Toxicology**, v. 46, n. 2, p. 446-475, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fct.2007.09.106>.

BARRETO, I.C.; DE ALMEIDA, A.S.; SENA FILHO, J.G. Taxonomic Insights and Its Type Cyclization Correlation of Volatile Sesquiterpenes in Vitex Species and Potential Source Insecticidal Compounds: A Review. **Molecules**, v. 26, n. 21, 2021. DOI: 10.3390/molecules26216405. PMID: 34770814; PMCID: PMC8587464.

BEGUM, F.; AMIN, M. N.; AZAD, M. A. K. In vitro rapid clonal propagation of *Ocimum basilicum* L. **Plant Tissue Culture**, v. 12, n. 1, p. 27–35, 2002.

BETTONI, J.C.; MARKOVIĆ, Z.; BI, W.; VOLK, G.M.; MATSUMOTO, T.; WANG, Q.-C. Grapevine Shoot Tip Cryopreservation and Cryotherapy: Secure Storage of Disease-Free Plants. **Plants**, v.10, n. 10, 2190, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants10102190>.

BHATT, A.; NAIDOO, Y.; NICHOLAS, A. An investigation of the glandular and non-glandular foliar trichomes of *Orthosiphon labiatus* N.E.Br. [Lamiaceae]. **New Zealand Journal of Botany**, v. 48, n. 3-4, p. 153-161, 2010. DOI: 10.1080/0028825X.2010.500716.

BIESKI, I. G. C.; SANTOS, J. L. U.; FERREIRA, M. L.; GARCIA, P. C.; DOURADO, S. H. A.; JANUÁRIO, A. B.; MESSIAS, T. E.; APOLINÁRIO, J. M. S. S. Potencial econômico e terapêutico dos óleos essenciais mais utilizados no Brasil. **Revista Fitos**, v. 15, n. 1, p. 125-137, 2021. DOI: <https://doi.org/10.32712/2446-4775.2022.1203>.

BIZZO, H. R. & REZENDE, C. M. O Mercado de Óleos Essenciais no Brasil e no Mundo na última década. **Quim. Nova**, v. 45, n. 8, p. 949-958, 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.21577/0100-4042.20170889>.

BONILLA-LANDA, I.; CALLEJAS-LINARES, J. M.; CORTAZAR-MURILLO, E. M.; FARÍAS, F.R.; GUEVARA-VALENCIA, M.; MONRIBOT-VILLANUEVA, J. L.; GUERRERO-ANALCO, J. A. Antibacterial activity and phenolic profile of the methanolic extract from the aerial parts of *Hyptis suaveolens* (Lamiaceae). **Acta botánica mexicana**, n. 129, 2022. DOI: <https://doi.org/10.21829/abm129.2022.1920>.

BORGHETTI, F.; BARBOSA, E.; RIBEIRO, L.; RIBEIRO, J. F.; MACIEL, E.; WALTER, B. M. T. Fitogeografia das savanas sul-americanas. **Heringeriana**, v. 17, p. 1-55, Jardim Botânico de Brasília, 2023. DOI: <https://doi.org/10.17648/heringeriana.v17i1.918014>.

BOTREL, P. P.; PINTO, J. E. B. P.; FERRAZ, V.; BERTOLUCCI, S. K. V.; FIGUEIREDO, F. C. Teor e composição química do óleo essencial de *Hyptis marrubioides* Epl., Lamiaceae em função da sazonalidade. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 32, n. 3, p. 533-538, 2010. DOI: 10.4025/actasciagron.v32i3.3415.

BOTREL, P.P.; RODRIGUES, M.A.; BERTOLUCCI, SUZAN; LIMA, ANDREÍSA; ALVARENGA, IVAN; PINTO, J.P. Factors affecting in vitro propagation and chromatographic analysis of compounds in *Hyptis marrubioides* epl., a threatened medicinal plant. **ISHS Acta Horticulturae** 1083: VIII Simpósio Internacional sobre Cultura In Vitro e Melhoramento Hortícola, p. 319-325, 2015. DOI: 10.17660/ActaHortic.2015.1083.40.

BOZZOLA, J. J. & RUSSELL, L. D. **Electron microscopy**. Boston: Jones and Bartlett Publishers. 542 p. 1992.

BRAGA, Z.V.; KIKUCHI, T. Y. S.; DIAS, A. C. A., SILVA, R.J. F.; VILHENA-POTIGUARA, R. C. MORFOANATOMIA E DISTRIBUIÇÃO DE TRICOMAS PRESENTES EM FOLHA E CAULE DE ALECRIM D'ANGOLA (*Vitex agnus-castus* L., LAMIACEAE) OCORRENTE NA AMAZÔNIA BRASILEIRA. **Enciclopedia biosfera**, v. 10, n. 19, 2014. DOI: <https://conhecer.org.br/ojs/index.php/biosfera/article/view/2469>.

BRECHÚ-FRANCO, A. E.; LAGUNA-HERNÁNDEZ, G.; VELÁZQUEZ-MONDRAGÓN, A.; FONSECA-JUÁREZ, R. M.; ESPINOSA-MATÍAS, S. Structural characteristics of the leaves of two species of *Tetramerium* an endemic to Mexico. **Braz. J. Bot**, v. 47, p. 205–217, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40415-024-00980-6>.

BRIDI, H.; MEIRELLES, G. C.; POSER, G. L. Subtribe Hyptidinae (Lamiaceae): A promising source of bioactive metabolites. **Journal of ethnopharmacology**, v. 264, 113225, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jep.2020.113225>.

BRITO, D. S.; MORAES, R. A.; JESUS, R. L. C.; ARAÚJO, F. A.; SILVA, L. B.; LIMA, G. B. C.; CAMARGO, S. B.; SILVA, I. L. P.; SILVA, D. F. Efeitos cardiovasculares de linalol livre ou complexado à β -ciclodextrina: um foco para ação anti-hipertensiva. **Revista de Medicina**, São Paulo, Brasil, v. 102, n. 6, p. e-203574, 2023. DOI: 10.11606/issn.1679-9836.v102i6e-203574. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/revistadc/article/view/203574>. Acesso em: ago. 2024.

BRUNDRETT, M.C.; KENDRICK, B.; PETERSON, C.A. Efficient lipid staining in plant material with sudan red 7B or fluoral yellow 088 in polyethylene glycol-glycerol. **Biotechnic & Histochemistry**, v. 66, p. 111-116, 1991.

BUENO, C. C.; DYNA, F. A. G. M.; OLIVEIRA, F. A. G. M.; SILVA, T. A. R.; LEMBI, M. K. S.; MORITZ, C. M. F.; SAKAI, O. A. Profile of the export and import of essential oils in Brazil, between 2020 and 2021, and the predominance of essential oil from *Melaleuca alternifolia* in Paraná. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 10, n. 13, p. e560101321574, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i13.21574.

CABRAL, C.; GONÇALVES, M. J.; CAVALEIRO, C.; SALGUEIRO L.; ANTUNES T.; SEVINATE-PINTO I.; SALES, F. *Vitex ferruginea* Schumach. Et. Thonn. subsp. *amboniensis* (Gürke) Verdc.: glandular trichomes micromorphology, composition and antifungal activity of the essential oils. **Journal of Essential Oil Research**, v. 20, p. 86–90, 2008. DOI: 10.1080/10412905.2008.9699430.

CAIN, A.J. The use of Nile blue in the examination of lipids. **Quarterly Journal of Microscopical Science**, v. 88, p. 383-392, 1947. DOI: <https://doi.org/10.1242/jcs.s3-88.3.383>.

CARMEN, M.; JOSÉ, S.; ROMERO, L.; JANEIRO, L. V. Effect of indole-3-butyric acid on root formation in *Alnus glutinosa* microcuttings. **Silva Fennica**, v. 46, n. 5, p. 643–654, 2012.

CHAGA, L. T. **Micropropagação, caracterização dos tricomas foliares e análise da composição química dos óleos essenciais de *Hyptis pycnocephala* Benth. (Lamiaceae)**. 2023. 88f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, Goiás – Brasil, 2023.

CHATRI, M.; BAKTIAR, A.; MANSYURDIN, M.; PERIADNADI, P. Leaf Trichomes Morphology of *Hyptis suaveolens* (L.) Poit. (LAMIACEAE). **IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering**, 335, 012020, 2018. DOI:10.1088/1757-899X/335/1/012020.

CHAVES, R. D. S. B.; MARTINS, R. L.; RODRIGUES, A. B. L.; RABELO, É. M.; FARIAS, A. L. F.; BRANDÃO, L. B.; SANTOS, L. L.; GALARDO, A. K. R.; ALMEIDA, S. S. M. D. S. Evaluation of larvicidal potential against larvae of *Aedes aegypti* (Linnaeus, 1762) and of the antimicrobial activity of essential oil obtained from the leaves of *Origanum*

majorana L. **PloS one**, v. 15, n.7:e0235740, 2020 DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0235740>.

CHETOUANI, M.; MZABRI, I.; AAMAR, A.; BOUKROUTE, A.; KOUDDANE, N.; BERRICHI, A. Effect of gibberellic acid (AG3) on the germination of seeds of *Thymus satureioides* L and *Lavandula dentata*. **Journal of Materials and Environmental Sciences**, v. 8, n. 3, p. 1003–1010, 2017.

COSTA, A.F. **Farmacognosia**. Lisboa: Calouste Gulbenkian. 2001.

COSTA, D. F. N. **Potencial imunomodulador e antimicrobiano do (+) - α -Pineno e (+) - β -Pineno**. 2017. 53 f. Dissertação (Mestre em Odontologia), Orientador: Lúcio Roberto Cançado Castellano – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/123456789/12335/1/Arquivototal.pdf>. Acesso em: ago. 2024.

CRANG, R.; LYONS-SOBASKI, S.; WISE, R. **Plant Anatomy: A Concept-Based Approach to the Structure of Seed Plants**. DOI: 10.1007/978-3-319-77315-5. 2018.

DAVID, R. & CARDE, J.P. Coloration différentielle des inclusions lipidique et terpeniques des pseudophylles du Pin maritime au moyen du reactif Nadi. **Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences**, Paris, Série D, 258: 1338-1340, 1964.

DIAS, R. R.; COE, H. H. G.; VASCONCELOS, A. M. C.; CARVALHO, A.; MENDONÇA FILHO, C. V.; CHUENG, K.; RICARDO, S. D. F. Fitólitos de plantas do cerrado. In: Os percursos da botânica e suas descobertas (pp.98-116) Organizador: Jesus Rodrigues Lemos. Ponta Grossa, PR: **Atena**, 2022. DOI: 10.22533/at.ed.6992004109.

DILSHAD, E.; ASIF, A.; AROOJ, H.; KHAN, S.; BAKHTIAR, S. Impact of BAP on in vitro regeneration of potato (*Solanum tuberosum* L.). **Current Trends in OMICS**, v. 1, n. 2, p. 24–28, 2021.

DIMITROVA, M.; YORDANOVA, Z.; KAPCHINA-TOTEVA, V. Influence of 6-benzylaminopurine and indole-3-butyric acid on in vitro propagation and secondary metabolites accumulation in *Lamium album* from Lozen Mountain. **Acta Horticulturae**, n. 955, p. 315–322, 2012.

DODE, L. B.; BOBROWSKI, V. L.; BRAGA, E. J. B.; SEIXAS, F. K.; SCHUCH, M. W. Propagação in vitro de *Ocimum basilicum* L. (Lamiaceae). **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 25, n. 2, p. 435–437, 2003.

DODE, L. B.; BOBROWSKI, V. L.; SACHELI, C. M.; SOUZA, A. Q. In vitro propagation of *Ocimum basilicum* L. (Lamiaceae). **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 25, n. 2, p. 435–437, 2004.

DOLATABADI, H. K.; EBRAHIMI, M.; JAVANMARD, A.; RAHIMI, A. Evaluation of different densities of auxin and endophytic fungi (*Piriformospora indica* and *Sebacina*

vermifera) on *Mentha piperita* and *Thymus vulgaris* growth. **African Journal of Biotechnology**, v. 11, n. 19, p. 4396–4403, 2012.

DOOL, V. D. H. & KRATZ, P. D. A generalization of the retention index system including linear temperature programmed gas-liquid partition chromatography. **Journal of Chromatography A**, v. 11, p. 463-471, 1963. DOI: 10.1016/S0021-9673(01) 80947-X.

DUQUE, J. E.; URBINA, D. L.; VESGA, L. C.; ORTIZ-RODRÍGUEZ, L. A.; VANEGAS, T. S.; STASHENKO, E. E.; MENDEZ-SANCHEZ, S. C. Insecticidal activity of essential oils from American native plants against *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae): an introduction to their possible mechanism of action. **Scientific reports**, v. 13, n. 1, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-023-30046-8>.

DURIGAN, D; PILON, N. A. L; ASSIS, G. B; SOUZA, F. M.; BAITELLO, J. B. **Plantas pequenas do cerrado: biodiversidade negligenciada/Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo**. 1.ed. – São Paulo: SMA, 2018. Disponível em: <https://semil.sp.gov.br/educacaoambiental/prateleira-ambiental/plantas-do-cerrado-biodiversidade-negligenciada/>. Acesso em: set. 2024.

DUTA-CORNESCU, G.; CONSTANTIN, N.; POJOGA, D.-M.; NICUTA, D.; SIMON-GRUITA, A. Somaclonal Variation—Advantage or Disadvantage in Micropropagation of the Medicinal **Plants**. **Int. J. Mol. Sci.**, v. 24, n. 1, 838, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms24010838>.

EKREN, S.; GÖKÇÖL, A.; YILDIRIM KESKİNOĞLU, A.; PAYLAN, İ. C. Optimizing germination performance of Lamiaceae family seeds: insights from research. **Journal of Plant Diseases and Protection**, v. 131, n. 1, p. 123–134, 2024.

ELHINDI, K.; DEWIR, Y.; ASRAR, A.-W.; ABDEL-SALAM, E. M.; ELDIN, A.; ALI, M. Improvement of seed germination in three medicinal plant species by plant growth regulators. **HortScience**, v. 51, n. 7, p. 887–891, 2016.

ENKHBILEG, E.; FÁRI, M.; KURUCZ, E. In vitro effect of different cytokinin types (BAP, TDZ) on two different *Ocimum basilicum* cultivars explants. **International Journal of Horticultural Science**, v. 25, n. 3-4, p. 15–20, 2019.

EVERT, R. F. **Esau's plant anatomy**. 3rd. edn. New Jersey, Wiley- Interscience. 2006.

FADEL, D.; KINTZIOS, S.; ECONOMOU, A.; MOSCHOPOULOU, G.; CONSTANTINIDOU, H.-I. A. Effect of different strength of medium on organogenesis, phenolic accumulation and antioxidant activity of spearmint (*Mentha spicata* L.). **The Open Horticulture Journal**, v. 3, p. 31–35, 2010.

FAHN, A. **Secretory Tissues in Plants**. London: Academic Press, 302p. 1979.

FAHN, A. Structure and function of secretory cells. *Advances in Botanical Research*, **Academic Press**, v. 31, p. 37-75, ISSN 0065-2296, ISBN 9780120059317, 2000. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0065-2296\(00\)31006-0](https://doi.org/10.1016/S0065-2296(00)31006-0). 2000.

FAHN, A. Structure and Function of Secretory Cells. In: CALLOW, J. A. Advances in Botanical Research Incorporating Advances in Plant Pathology: Plant Trichomes. **Academic Press**, v. 31, p. 37-66. 2000.

FAJRI, F. Tipe trikoma dan stomata pada beberapa species Hyptis (Labiatae). **Eksakta**, v. 1 Tahun XIV. 2013.

FALCÃO, D. Q. & MENEZES, F. S. Revisão etnofarmacológica, farmacológica e química do gênero Hyptis. **Revista Brasileira de Farmácia**, v. 84, n. 3, p. 69-74, 2003.

FARMACOPEIA BRASILEIRA. **Farmacopeia Brasileira**: volume 1: 6ª edição. 2019. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/farmacopeia/farmacopeia-brasileira>. Acesso em: set. 2024.

FERRAZ, M. **Caracterização e conservação de sementes de espécies da subtribo Hyptidinae (Lamiaceae) nativas de semiárido baiano**. 2016. 83f. Tese (Doutorado em Recursos Genéticos Vegetais) – Escola de Agronomia, Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2016.

FERREIRA, T. A. A.; COSTA, M. S. M.; SILVA, A. C. B.; GUEDES, A. S.; MEDEIROS, A. P. R.; SILVA, E. J. F.; MIRANDA, S. R.; LAMEIRA, O. A. Micropropagação visando a conservação in vitro de *Aeollanthus suaveolens* (catinga de mulata). **Cuadernos de educación y desarrollo**, v.15, n.10, p. 12327-12339, 2023. DOI: <https://doi.org/10.55905/cuadv15n10-122>.

FIDALGO, O & BONONI, V. L. R. **Técnicas de coleta, preservação e herborização de material botânico**. Instituto de Botânica, manual nº4, São Paulo, SP. 61p. 1989. Disponível em:

https://www.academia.edu/39230143/Livro_Fidalgo_e_Bononi_1989_T%C3%A9cnicas_de_coleta_preserva%C3%A7%C3%A3o_e_herboriza%C3%A7%C3%A3o_de_material_bot%C3%A2nico. Acesso em: jul. 2024.

FIUZA, T.S.; REZENDE, M. H.; SABÓIA-MORAIS, S. M. T.; LEONICE M. F. TRESVENZOL, L.M.F.; FERREIRA, H. D.; PAULA, J. R. Estudo das folhas e caule de *Hyptidendron canum* (Pohl ex Benth.) Harley, Lamiaceae. **Rev. bras. farmacogn.**, v. 20 n.2, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-695X2010000200010>.

FLORA E FUNGA DO BRASIL. **Jardim Botânico do Rio de Janeiro**. 2024. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>. Acesso em: maio 2024.

GABE, M. **Techniques histologiques**. (Masson et Cie: Paris). 1968.

GOBBO-NETO, L. & LOPES, N. P. Plantas medicinais: fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários. **Química Nova**, v. 30, n. 2, p. 374-381, 2007.

GONÇALVES, J. C.; DIOGO, G.; COELHO, M. T.; VIDAL, N.; AMÂNCIO, S. Quantitation of endogenous levels of IAA, IAAsp and IBA in micro-propagated shoots of hybrid chestnut pre-treated with IBA. **In Vitro Cellular & Developmental Biology - Plant**, v. 44, n. 5, p. 412–418, 2008.

GONÇALVES, L. A.; AZEVEDO, A. A.; OTONI, W. C. Caracterização e ontogenia dos tricomas glandulares de *Ocimum selloi* Benth. – Lamiaceae. **Acta Bot. Bras.**, v. 24, n. 4, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-33062010000400005>.

GOSTIN, I.N. Glandular and Non-Glandular Trichomes from *Phlomis herba-venti* subsp. *pungens* Leaves: Light, Confocal, and Scanning Electron Microscopy and Histochemistry of the Secretory Products. **Plants**, v. 12, n. 2423, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants12132423>.

GRZEGORCZYK-KAROLAK, I.; KUŹMA, Ł.; WYSOKIŃSKA, H. The effect of cytokinins on shoot proliferation, secondary metabolite production and antioxidant potential in shoot cultures of *Scutellaria alpina*. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture**, v. 122, n. 3, p. 699–708, 2015.

GUDEVA, L. K.; MITREV, S.; TRAJKOVA, F.; STANKOV, K. Influence of different auxins on rooting of rosemary, sage and elderberry. **Annual Research & Review in Biology**, v. 12, n. 5, p. 1–8, 2017.

GUESMI, F.; SAIDI, I.; BOUZENNA, H.; HFAIEDH, N.; LANDOULSI, A. Phytocompound variability, antioxidant and antibacterial activities, anatomical features of glandular and aglandular hairs of *Thymus hirtus* Willd. Ssp. *algeriensis* Boiss. and Reut. over developmental stages. **South African Journal of Botany**, v.127, p. 234-243, ISSN 0254-6299, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2019.09.004>.

GUPTA, M. & GUPTA, D. Essential oils: As Potential Larvicides. **Journal of Drug Delivery and Therapeutics**, v. 12, n. 3, p. 193-201, 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.22270/jddt.v12i3.5313>.

GUPTA, M. L. & BHAMBIE, S. Foliar appendages in certain species of *Salvia* (studies in Lamiaceae VI). **Folia Geobotanica & Phytotaxonomica**, v. 15, n. 1, p. 95–100, 1980. DOI: <http://www.jstor.org/stable/4180156>.

HALDER, M.; SARKAR, S.; JHA, S. Elicitation: A biotechnological tool for enhanced production of secondary metabolites in hairy root cultures. **Engineering in Life Sciences**, v. 19, n. 12, p. 880-895, 2019. DOI: 10.1002/elsc.201900058.

HARLEY, R.; FRANÇA, F.; SANTOS, E.P.; SANTOS, J.S.; PASTORE, J.F. Lamiaceae in Lista de Espécies da Flora do Brasil. **Jardim Botânico do Rio de Janeiro**. 2015. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB132607>>. Acesso em: ago, 2023.

HARLEY, R. M. Checklist and key of genera and species of the Lamiaceae of the Brazilian Amazon. **Rodriguésia**, v. 63, n. 1, p. 129-144, 2012.

HARLEY, R.M. New Collections of Labiatae from Brazil. Notes on New World Labiatae, III. **Kew Bulletin**, v. 29, n. 1, p. 125-140, 1974.

HARLEY, R. M. & PASTORE, J. F. B. A generic revision and new combinations in the Hyptidinae (Lamiaceae), based on molecular and morphological evidence. **Phytotaxa**, v. 58, p. 1–55, 2012.

HARLEY, R. M. & REYNOLDS, T. **Labiatae Science**. Richmond, Surrey, UK: Royal Botanic Gardens Kew. 1992.

HERNÁNDEZ-TERÁN, A.; WEGIER, A.; BENÍTEZ, M.; LIRA, R.; SOSA FUENTES, T. G.; ESCALANTE, A. E. In vitro performance in cotton plants with different genetic backgrounds: the case of *Gossypium hirsutum* in Mexico, and its implications for germplasm conservation. **PeerJ**, v. 7, e7017, 2019. DOI: <https://doi.org/10.7717/peerj.7017>.

HUSSIN, N.; NOOR, N. N. M.; MOHAMED, F. Taxonomic Significance of Trichome Ultrastructure in Five Genera of Lamiaceae. **Journal of Science and Mathematics Letters**, v. 12, n. 1, p. 8-17, ISSN 2462-2052, 2024. DOI: <https://doi.org/10.37134/jsml.vol12.1.2.2024>.

IOANNIDIS, K. & KOROPOULI, P. Effects of different media and their strengths in vitro culture of three different *Cistus creticus* L. populations and their genetic assessment using simple sequence repeat molecular markers. **Horticulturae**, v. 10, n. 1, p. 104, 2024.

JENSEN, W.A. **Botanical histochemistry**. San Francisco: H.H. Freeman and Company, 480p. 1962.

JOHANSEN, D.A. **Plant microtechnique**. New York: McGraw-Hill Book Co. Inc., 523p. 1940.

JONGEDIJK, E.; MÜLLER, S.; DIJK, A. D. J.; SCHIJLEN, E.; CHAMPAGNE, A.; BOUTRY, M.; LEVISSON, M.; KROL, S.; BOUWMEESTER, H.; BEEKWILDER, J. Novel routes towards bioplastics from plants: elucidation of the methylperillate biosynthesis pathway from *Salvia dorisiana* trichomes. **Journal of Experimental Botany**, v. 71, n. 10, 30, p. 3052–3065, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1093/jxb/eraa086>.

JUSTAMANTE, M. S.; MHIMDI, M.; MOLINA-PÉREZ, M.; ALBACETE, A.; MORENO, M. Á.; MATAIX, I.; PÉREZ-PÉREZ, J. M. Effects of auxin (indole-3-butyric acid) on adventitious root formation in peach-based *Prunus* rootstocks. **Plants**, v. 11, n. 7, p. 913, 2022.

KALICHARAN, B.; NAIDOO, Y.; NAKHOODA, M.; DEWIR, Y. H. Micromorphological evaluation of the foliar trichomes of field grown and micropropagated *Stachys natalensis* Hochst (Lamiaceae). **South African Journal of Botany**, v. 119, p. 369-376, ISSN 0254-6299, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2018.08.025>.

KAPCHINA-TOTEVA, V.; DIMITROVA, M. A.; STEFANOVA, M.; KOLEVA, D.; KOSTOV, K.; YORDANOVA, Z.HP., STEFANOV, D.; ZHIPONOVA, M. K. Adaptive changes in photosynthetic performance and secondary metabolites during white dead nettle micropropagation. **Journal of plant physiology**, v. 171, n. 15, p. 1344–1353, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2014.05.010>.

KARABOURNIOTIS G.; LIAKOPOULOS G.; NIKOLOPOULOS D.; BRESTA P. Protective and defensive roles of non-glandular trichomes against multiple stresses: Structure–function coordination. **Journal of Forestry Research**, v. 31, p. 1-12, 2020. DOI: 10.1007/s11676-019-01034-4.

KARAGÖZ, H. A study on the germination of *Origanum acutidens* L. seeds subjected to pre-treatment of gibberellic acid and colchicine. **Journal of Agricultural Production**, v. 4, n. 2, p. 101–110, 2023.

KARPIŃSKI, T.M. Essential Oils of Lamiaceae Family Plants as Antifungals. **Biomolecules**, v. 7, n. 10 (1): 103, 2020. DOI: 10.3390/biom10010103.

KOMALAMISRA, N.; TRONGTOKIT, Y.; RONGSRIYAM, Y.; APIWATHNASORN, C. Screening for larvicidal activity in some Thai plants against four mosquito vector species. **The Southeast Asian journal of tropical medicine and public health**, v. 36, n. 6, p. 1412–1422, 2005. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16610643/>. Acesso em: ago. 20254.

LI, J.; WANG, X.; JIANG, R.; DONG, B.; FANG, S.; LI, Q.; Lv, Z.; Chen, W. Phytohormone-based regulation of trichome development. **Frontiers in Plant Science**, v. 12, 734776, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.734776>.

LIMA, M. N. N.; COSTA, J. S.; GUIMARÃES, B. A.; FREITAS, J. J. S.; SETZER, W. N.; SILVA, K. R.; MAIA, J. G. S.; FIGUEIREDO, P. L. B. Chemometrics of the Composition and Antioxidant Capacity of *Hyptis crenata* Essential Oils from Brazil. **Molecules**, v. 28, n. 3371, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules28083371>.

LIMA, Y. M. E.; OLIVEIRA, C. A.; SANTOS, E. L. V. S.; SILVA JUNIOR, C. P.; BEZERRA, R. M.; MEDEIROS, F. A. Caracterização química e análise da atividade larvicida e repelência do óleo essencial das folhas de *Siparuma guianensis* frente ao *Aedes aegypti*. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Maringá, v. 21, n. 4, p. 326-332, 2019.

LIU, H.; LIU, S.; JIAO, J.; LUBC, T.J.; XU, F. Trichomes as a natural biophysical barrier for plants and their bioinspired applications. **Soft Matter**, v. 13:5096–5106, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1039/C7SM00622E>.

LIU, Y.; JING, S.-X.; LUO, S.-H.; LI, S.-H. Non-volatile natural products in plant glandular trichomes: chemistry, biological activities and biosynthesis. **Natural product reports**, v. 36, n. 4, p. 626–665, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1039/c8np00077h>.

LLOYD, G.; McCOWN, B. Use of microculture for production and improvement of *Rhododendron* ssp. **HortScience**, v.15, n.3, p.416-420, 1980.

LUZ, T.R.S.A.; MESQUITA, L.S.S.; AMARAL, F.M.M.; COUTINHO, D.F. Essential oils and their chemical constituents against *Aedes aegypti* L. (Diptera: Culicidae) larvae. **Acta Tropica**, v. 212, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2020.105705>.

MACHADO, C.D.; SANTOS, V.L.P dos; NOVAK, R. S.; KOCH, M. S.; ARCARO, G.; RAMAN, V.; FRANCO, C.R.C.; FARAGO, P. V.; BUDEL, J. M. Contributions of

trichome micromorphology to the characterization of species traded as “BOLDO”. **Flora**, V. 279,151827, ISSN 0367-2530, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.flora.2021.151827>.

MACHADO, M. P. **Application of IBA on in vitro and ex vitro rooting microcutting of *Lavandula angustifolia* Miller**. 2013. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2013.

MAGALHÃES, L. A. M.; LIMA, M.D.P.; MARQUES, M. O.; FACANALI, R.; PINTO, A. C.; TADEI, W. P. Chemical composition and larvicidal activity against *Aedes aegypti* larvae of essential oils from four Guarea species. **Molecules** (Basel, Switzerland), v. 15, n. 8, p. 5734–5741, 2010. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules15085734>.

MAGGI, F. & BENELLI, G. Essential Oils from Aromatic and Medicinal Plants as Effective Weapons Against Mosquito Vectors of Public Health Importance. In: Benelli, G., Mehlhorn, H. (eds) Mosquito-borne Diseases. **Parasitology Research Monographs**, vol 10. Springer, Cham., 2018. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-94075-5_6.

MAHALAKSHMI, B; HUANG, C. Y.; LEE, S. D; MAURYA, N; KUMAR, V. B. Review of Danshen: From its metabolism to possible mechanisms of its biological activities. *Journal of Functional Foods*, v, 85, 104613, ISSN 1756-4646, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jff.2021.104613>.

MALECI, B. L. & GIULIANI, C. The glandular trichomes of the Labiatae. A review. **Acta Hort.**, v. 723, p. 85-90, 2006. DOI: 10.17660/ActaHortic.2006.723.7.

MANAN, A. A; TAHA, R. M.; MUBARAK, E. E; ELIAS, H. In vitro flowering, glandular trichomes ultrastructure, and essential oil accumulation in micropropagated *Ocimum basilicum* L. **In Vitro Cell.Dev.Biol.—Plant**. v.52, p. 303-314, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11627-016-9755-8>.

MARQUES, J. P. R & SOARES, M. K. M. **Manual de técnicas aplicadas à Histopatologia vegetal**. Piracicaba: FEALQ, 2021.

MARQUES, N. T.; FILIPE, A.; PINTO, P.; BARROSO, J.; TRINDADE, H.; POWER, D. M.; FIGUEIREDO, A. F. Trichome density in relation to volatiles emission and 1,8-cineole synthase gene expression in *Thymus albicans* vegetative and reproductive organs. **Chem. Biodiversity**, v. 17, Zurich, Switzerland, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1002/cbdv.201900669>.

MARTINELLI, G.; MESSINA, T; FILHO, L.S. Livro **Vermelho da Flora do Brasil – Plantas Raras do Cerrado**. 1ª ed. Andrea Jakobsson Estúdio- Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, p. 320, 2014. Disponível em: <file:///C:/Users/Karina/Downloads/LivroVermelhoPlantasRarasCerrado.pdf>. Acesso em: 24 nov. 2022.

MARTINS, T. G. T.; ROSA, P. V. S. .; ARRUDA, M. O.; DIAS, A. A. S. .; ARAÚJO NETO, A. P. de .; CARVALHO, A. M. A. S. .; SILVEIRA, L. da S.; CONCEIÇÃO, F. O. V. de A.; CONCEIÇÃO, C. E. P.; SOUSA, R. T. de; MENDES FILHO, N. E.; MOUCHREK FILHO, V. E. .; EVERTON, G. O. Atividade larvicida de micropartículas do óleo essencial de *Melissa officinalis* L. (Lamiaceae) frente *Aedes aegypti* (Diptera,

Culicidae). **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 10, n. 1, p. e35710111166, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i1.11166.

MANUSHKINA, T.; KACHANOVA, T.; SAMOILENKO, M.; PETROVA, O. Clonal micropropagation in vitro of essential oil plants of the family Lamiaceae Lindl. **Ukrainian Black Sea Region Agrarian Science**, n. 1, p. 56–64, 2022.

MEDEIROS, F. C. M. **Caracterização química e atividade biológica de óleos essenciais de plantas do Cerrado contra fungos xilófagos**. 2014. 108f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília /UnB, Brasília, DF., 2014.

MEHALAINE, S.; MENASRIA, T.; CHENCHOUNI, H. Screening of seed germination requirements of some native plants of the Mediterranean region. **Scientia Horticulturae**, v. 312, p. 111838, 2023.

MENA, C.P.; SILVA, B., MEDINA, A. Composición química y actividad biológica de los aceites esenciales de Lamiaceas, Asteraceas, Vervenaceas: una revisión. **Infoanalítica**, v. 8, n. 1, p. 47-68, 2020. DOI:10.26807/ia.vi.177.

MENDES, C. C. R.; MONTEIRO, A. M. G.; TOLEDO, A. S.; OTSUBO, B. K. V.; SOUZA, I. C. R. de; MORAIS, I. O. de; MACHADO, L. C. de S. Correlação entre os componentes químicos e propriedades terapêuticas dos óleos essenciais na diminuição de sintomas clínicos em cada sistema do corpo humano / Correlation between chemical components and therapeutic properties of essential oils in the reduction of clinical symptoms in each system of the human body. **Brazilian Journal of Health Review**, [S. l.], v. 5, n. 1, p. 741–760, 2022. DOI: 10.34119/bjhrv5n1-063. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BJHR/article/view/42670>. Acesso em: 11 aug. 2024.

MENESES, A. P.; OLIVEIRA, R. P.; SILVA, C. N.; MARINHO, G. L. O. C.; FARIAS, M. P. O. Atividade anti-helmíntica in vitro do extrato aquoso de *Hyptis suaveolens* sobre nematoides gastrintestinais de ovinos. **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal**, v.14, n.4, p. 1 – 9, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.5935/1981-2965.20210036>.

METCALFE, C.R.; CHALK, L. **Anatomy of the Dicotyledons**. 2 ed. Clarendon Press. Oxford. v.2. 1983.

MICLEA, I. & CHIFOR, R. Germination, in vitro propagation and acclimatization in *Lavandula angustifolia*. **Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Animal Science and Biotechnologies**, v. 75, n. 2, p. 105–109, 2018.

MISHRA, P.; SOHRAB, S.; MISHRA, S. K. A review on the phytochemical and pharmacological properties of *Hyptis suaveolens* (L.) Poit. **Future journal of pharmaceutical sciences**, v. 7, n. 1, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1186/s43094-021-00219-1>.

MITRA, M.; SAIKAT GANTAIT, S.; MANDAL, N. *Coleus forskohlii*: advancements and

prospects of in vitro biotechnology. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 104, p. 2359–2371, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00253-020-10377-6>.

MOOLA, A. K.; AYYADURAI, T.; BALASUBRAMANI, S.; VIGNESH, R.; MOHAN, P.K.; SATHISH, S.; DIANA, R. K. B. Chemical composition and larvicidal activity against *Aedes aegypti* larvae from *Hyptis suaveolens* (L.) Poit essential oil. **Journal of Natural Pesticide Research**, v. 3,100018, ISSN 2773-0786, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.napere.2022.100018>.

MOSSI, A. J.; LEONTIEV-ORLOV, O.; ROGALSKI, M.; CANSIAN, R. 6-benzilaminopurina (BAP) na multiplicação in vitro de prunáceas (*Prunus* sp.). **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 6, n. 1, p. 42–46, 2000.

MURASHIGE, T.; SKOOG, F. A revised medium for a rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. **Physiologia Plantarum**, n.15, p.493-497, 1962.

MURAVNIK, L.E. The Structural Peculiarities of the Leaf Glandular Trichomes: A Review. **Plant Cell and Tissue Differentiation and Secondary Metabolites**, p. 1–35, 2020. DOI:10.1007/978-3-030-11253-0_3-1.

MURTI, Y.; JAIN, D.; SEMWAL, B.; SINGH, S.; PRACHETA, Dr.; BHASKAR, P. Innovative methods for extraction of essential oils from medicinal plants. **International Journal of Secondary Metabolite**, v. 10, p. 190-230, 2023. DOI: 10.21448/ijsm.1121860.

NAIDOO, Y.; DLADLA, T.; DEWIR, Y.H.; GANGARAM, S.; NAIDOO, C.M.; RIHAN, H.Z. The Micromorphology and Histochemistry of Foliar Mixed Indumentum of *Leucas lavandulaefolia* (Lamiaceae). **Plants**, v. 10, 1767, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants10091767>.

NAPOLI, E.; SIRACUSA, L.; RUBERTO, G. New Tricks for Old Guys: Recent Developments in the Chemistry, Biochemistry, Applications and Exploitation of Selected Species from the Lamiaceae Family. **Chemistry & biodiversity**, v. 17, n. 3, e1900677, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1002/cbdv.201900677>.

NAVROSKI, M. C.; WALDOW, D. A. G.; REINIGER, L.; GOLLE, D. P.; CURTI, A. R.; PEREIRA, M. O. Multiplicação in vitro de segmentos apicais caulinares de segurelha (*Satureja hortensis* L.). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 16, n. 4, p. 803–809, 2014.

NELSON, S. K.; KANNO, Y.; SEO, M.; STEBER, C. Seed dormancy loss from dry after-ripening is associated with increasing gibberellin hormone levels in *Arabidopsis thaliana*. **Frontiers in Plant Science**, v. 14, p. 1–15, 2023.

NEMATI, H.; TEHRANIFAR, A.; BAGHERI, A.; SHARIFI, A. In vitro culture of carnation (*Dianthus caryophyllus* L.) focusing on the problem of vitrification. **Journal of Biological and Environmental Sciences**, v. 5, n. 13, p. 13–18, 2011.

NEPOMUCENO, C.F.; FONSECA, P.T.; SILVA, T.S.; OLIVEIRA, L.M.; SANTANA, J.R.F. Germinação in vitro de *Hyptis leucocephala* Mart. ex Benth. e *Hyptis platanifolia*

Mart. ex Benth. **Rev. Bras. Pl. Med.**, Campinas, v.16, n.4, p.886-895, 2014. DOI: https://doi.org/10.1590/1983-084X/12_093.

NUNES, C. R.; VALENTE, P. M.; SILVA, F. D. DA; VALENTE, V. M. M. Composição química e atividade antifúngica do óleo essencial de *Thymus Vulgaris* sobre *Aspergillus Niger*, *Penicillium Expansum*, *Sclerotinia Sclerotiorum* E *Sclerotium Rolfsii* / Chemical composition and antifungal activity of *Thymus Vulgaris* essential oil on *Aspergillus Niger*, *Penicillium Expansum*, *Sclerotinia Sclerotiorum* and *Sclerotium Rolfsii*. **Brazilian Journal of Development**, v.7, n. 2, p. 14250–14260, 2021. DOI:<https://doi.org/10.34117/bjdv7n2-173>.

NUR, A.; SUKRASNO, S.; FIDRIANNY, I. Isolation of Khusimol from the Root of Vetiver (*Vetiveria zizanioides* L. Nash) Grown in Samarang – Garut and the Study of its Profile after Harvesting. **Letters in Applied NanoBioScience**, v. 11, n. 2, p. 3549 – 3559, 2022. DOI: <https://doi.org/10.33263/LIANBS112.35493559>.

OLIVEIRA, A. A.; FRANÇA, L. P.; RAMOS, A. S.; FERREIRA, J. L. P.; MARIA, A. C. B.; OLIVEIRA, K. M. T.; ARAÚJO, E. S.; SILVA, J. N.; BRANCHES, A. D. S.; BARROS, G. A.; SILVA, N. G.; TADEI, W. P.; AMARAL, A. C. F.; SILVA, J. R. A. Larvicidal, adulticidal and repellent activities against *Aedes aegypti* L. of two commonly used spices, *Origanum vulgare* L. and *Thymus vulgaris* L. **South African Journal of Botany**, v. 140, p. 17-24, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2021.03.005>.

OLIVEIRA, A. C.; SIMÕES, R. C.; SILVA, F. M. A.; COSTA SÁ, I. S. C.; COSTA, M. L. L.; NUNOMURA, S. M.; NUNOMURA, R. C. S.; ROQUE, R. A. Essential oil and fenchone extracted from *Tetradenia riparia* (Hochstetter.) Codd (Lamiaceae) induce oxidative stress in *Culex quinquefasciatus* larvae (Diptera: Culicidae) without causing lethal effects on non-target animals. **Environ Sci Pollut Res**, v.31, p. 32998–33010, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-024-33440-5>.

OLIVEIRA, A. C.; SIMÕES, R. C.; TAVARES, C. P. S.; LIMA, C. A. P.; COSTA SÁ, I. S.; SILVA, F. M. A.; FIGUEIRA, E. A. G.; NUNOMURA, S. M.; NUNOMURA, R. C. S.; ROQUE, R. A. Toxicity of the essential oil from *Tetradenia riparia* (Hochstetter.) Codd (Lamiaceae) and its principal constituent against malaria and dengue vectors and non-target animals. **Pesticide biochemistry and physiology**, v. 188, n. 105265, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2022.105265>.

OLIVEIRA, C. M. A. de; SILVA, M. R. R.; KATO, L.; FERREIRA, H; SOUZA, L. K. H. Chemical Composition and Antifungal Activity of the Essential Oil of *Hyptis ovalifolia* Benth. (Lamiaceae). **Jornal of the Brazilian Chemical Society**, v. 15, n. 5, p.756-759, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-50532004000500023>.

OTTO, R.; MARQUES, J. P. R.; CARVALHO, H. W. P. Strategies for probing absorption and translocation of foliar-applied nutrients. **Journal of Experimental Botany**, v. 72, n.13, p. 4600–4603, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1093/jxb/erab229>.

OZYIGIT, I. I.; DOGAN, I.; HOCAOGLU-OZYIGIT, A.; YALCIN, B.; ERDOGAN, A.; YALCIN, I. E.; CABI, E.; KAYA, Y. Production of secondary metabolites using tissue

culture-based biotechnological applications. **Frontiers in Plant Science**, v. 14, p. 1132555, 2023. DOI: 10.3389/fpls.2023.1132555.

PEREIRA, E.J.P.; SILVA, H.C.; HOLANDA, C.L.; MENEZES, J.E.S.A.; SIQUEIRA, S.M.C.; RODRIGUES, T.H.S.; FONTENELLE, R.; VALE, J.; SILVA, P.T.; SANTIAGO, G.; SANTOS, H. Chemical composition, cytotoxicity and larvicidal activity against *Aedes aegypti* of essential oils from *Vitex gardineriana* Schauer. **Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromaticas**, v. 17, n. 3, p. 302-309, 2018.

PÉREZ-PAZOS, J.-V.; ROSERO, A.; VERGARA, E.; GÁMEZ, R. Response of sweet potato to substrates and acclimatization conditions in the greenhouse to produce high-quality planting material. **The Horticulture Journal**, v. 92, n. 4, 2023.

PICKING, D.; DELGODA, R.; BOULOGNE, I.; MITCHELL, S. *Hyptis verticillata* Jacq: a review of its traditional uses, phytochemistry, pharmacology and toxicology. **Journal of ethnopharmacology**, v. 147, n. 1, p. 16–41, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jep.2013.01.039>.

PLUGATAR, Y.V.; BULAVIN, I.V.; IVANOVA, N.N.; MIROSHNICHENKO, N.N.; SAPLEV, N.M.; SHEVCHUK, O.M.; FESKOV, S.A.; NAUMENKO, T.S. Study of the Component Composition of Essential Oil, Morphology, Anatomy and Ploidy Level of *Hyssopus officinalis* f. *cyaneus* Alef. **Horticulturae**, v. 9, n. 480, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/horticulturae9040480>.

POSSEL, R. D.; FERREIRA, T. P.S.; BESSA, D. M.DE O.; FERREIRA, M. O.; DIAS, D. P. N.; MORAES, G. K. A.; FERRAZ, L. F.; FERREIRA, T. P.; FERNADES A. C.; DIDONET, J.; SANTOS, J. R.; DIAS, B. L.; AGUIAR, R. W.S. Larvicide and repellent activity of *Hypenia irregularis* (Benth.) Harley in the alternative control of mosquito *Aedes aegypti*. **Journal of Medicinal Plants Research**, v. 14, n. 10, p. 535-543, 2020. DOI: <https://doi.org/10.5897/JMPR2019.6777>.

PRADHAN, S.; REGMI, T.; PARMAR, G.; PANT, B. Effect of different media on in vitro seed germination and seedling development of *Cymbidium aloifolium* (L.) Sw. **Nepal Journal of Science and Technology**, v. 14, n. 1, p. 51–56, 2013.

QUISEN, R. C. **Manual de procedimentos do Laboratório de Cultura de tecidos da Embrapa Amazônia Ocidental**. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental. Documentos, 61, 44p, 2008.

RAMBORGGER, B. P.; PAZ, M. E. G.; DENARDIN, E. L. G.; SOARES, J. DE J.; ROEHRS, R. A review of anatomical, physiological, biological characteristics and uses of *Plectranthus neochilus*. **Ciência E Natura**, v. 42, n. e12, p. 1-17, 2020. DOI: <https://doi.org/10.5902/2179460X40157>.

RAMIREZ-ESTRADA, K.; VIDAL-LIMON, H.; HIDALGO, D.; MOYANO, E.; GOLENIOSWKI, M.; CUSIDÓ, R. M.; PALAZON, J. Elicitation, an effective strategy for the biotechnological production of bioactive high-added value compounds in plant cell factories. **Molecules**, v. 21, n. 2, p. 182, 2016. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules21020182>.

RAPPOSELLI, E.; MELITO, S.; BARMINA, G. G.; FODDAI, M.; AZARA, E.; SCARPA, G. M. relationship between soil and essential oil profiles in *Salvia desoleana* populations: preliminary results. **Natural Product Communications**, v. 10, n. 9, 1615-1618, 2015. DOI:10.1177/1934578X1501000932.

RASOOL, R.; KAMILI, A.; GANAI, B.; AKBAR, S. Effect of BAP and NAA on shoot regeneration in *Prunella vulgaris*. **Biotechnology**, v. 8, n. 4, p. 424–427, 2009.

RATTAN, R. ESSENTIAL OILS FROM LAMIACEAE SPECIES - A REVIEW. **International Journal of Research and Analytical Reviews (IJRAR)**, v. 10, n. 2, 2023.

RATTRAY, R. D. & WYK, B.-E. V. The Botanical, Chemical and Ethnobotanical Diversity of Southern African Lamiaceae. **Molecules**, v. 26, n. 3712, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules26123712>.

REIS, É. S.; CORDEIRO, D. C.; SOUZA, D. C.; MOURA, T. N.; COSTA, S. R. Influência do meio de cultura na germinação de sementes in vitro e taxa de multiplicação de *Melissa officinalis* L. **Revista Ceres**, v. 55, n. 3, p. 160–167, 2008.

REN, H., & ANTONELLI, A. National botanical gardens at the forefront of global plant conservation. **Innovation (Cambridge (Mass.))**, v. 4, n. 5, 100478, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.xinn.2023.100478>.

RIOS, R. M. **Avaliação do potencial bioativo das plantas medicinais do gênero Hyptis oriundas do cerrado brasileiro**. 2019. 236f. Tese (Doutorado em Ciências) Escola de Ciências, Universidade do Minho, Braga, Portugal, 2019.

RODRIGUES, D. B.; WENDLING, I.; TIRONI, R. F.; LAURA, V. A.; SOUZA, P. V. D. Quality of light and indolbutyric acid in vitro rooting of lavender. **Ornamental Horticulture**, v. 26, n. 2, p. 238–246, 2020.

ROCHA, M. C. A.L.; OLIVEIRA, L. M.; LIMA, I. K. F. Conservação e domesticação de Hyptidinae (Lamiaceae): a contribuição da Universidade Estadual de Feira de Santana. **Revista RG News**, v. 8, n. 2, 2022. Sociedade Brasileira de Recursos Genéticos. Disponível em: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://www.recursosgeneticos.org/Recursos/Arquivos/16._Conservacao_e_domesticacao_de_Hyptidinae.pdf. Acesso em: jul. 2023.

SALDANHA, C.W.; OTONI, C.G.; AZEVEDO, J. L. F.; DIAS, L.L.C.; RÊGO, M. M.; OTONI, W. C. A low-cost alternative membrane system that promotes growth in nodal cultures of Brazilian ginseng [*Pfaffia glomerata* (Spreng.) Pedersen]. **Plant Cell Tiss Organ Cult**, v. 110, p. 413–422, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11240-012-0162-5>.

SALIFOU, S.; HOUNGNIMASSOUN, H. M. A.; DOTCHE, I. O.; ATTINDEHOU, S.; SALIFOU, S. Larvicide activity of two chemotypes of *Hyptis suaveolens* (Lamiaceae) poit, 1806 and alphacypermethrin on larvae of *Rhipicepalus* (Boophilus) *microplus* (Can., 1887) (Acari: ixodidae). **Journal of Entomology and Zoology Studies**, v. 8, n. 2, p. 790-794, 2020.

SANOJ, E. & DEEPA, P. Micromorphological variations of trichomes in the genus *Ocimum* L. *Plant Sci. Today* [Internet], v. 8, n. 3, p. 429–436, 2021. DOI: <https://doi.org/10.14719/pst.2021.8.3.1006>.

SANTOS, A. B. S.; EVERTON, G. O.; JÚNIOR, R. G. O. C.; ROSA, P. V. S.; PEREIRA, A. P. M.; SOUZA, L. S.; FONSECA, D.; LIMA, E. C. S.; SOUSA, C. B.; ARRUDA, M. O.; FILHO, V. E. M. Óleos essenciais de *Cinnamomum zeylanicum* Blume e *Plectranthus amboinicus* (Lour.) Spreng como agentes larvicidas frente as larvas do *Aedes aegypti* / Essential oils of *Cinnamomum zeylanicum* Blume and *Plectranthus amboinicus* (Lour.) Spreng as larvicidas agents in front of the larvae of *Aedes aegypti*. **Brazilian Journal of Development**, [S. l.], v. 6, n. 4, p. 22355–22369, 2020. DOI: 10.34117/bjdv6n4-413.

SANTOS, A. L. S.; SANTOS, F. P. S.; NASCIMENTO, A. S.; LIMA, L. K. F.; DIAS, L. M. F.; SILVA, G. T. O.; RAI, M.; MENDES FEITOSA, C. Chemical composition, actividad larvicida, insecticide and repellent of essential oil *Aedes aegypti*. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 11, n. 2, p. e37611225711, 2022. DOI: 10.33448/rsd-v11i2.25711.

SANTOS, J. A.; TRAZZI, P. A.; ROCHA, L. F.; CUNHA, F. L.; CARVALHO, D. Cultura de tecidos vegetais na conservação da biodiversidade. In: Ciências biológicas [recurso eletrônico]: campo promissor em pesquisa 2. Organizadora: Renata Mendes de Freitas. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. Ciências Biológicas. **Campo Promissor em Pesquisa**, v. 2, Capítulo 6. DOI: 10.22533/at.ed.8261913116.

SANTOS, K.P. **Perfil químico e atividades biológicas de Hyptis Jacq. seção Peltodon de ocorrência nos domínios fitogeográficos dos Cerrados e Tropical Atlântico**. 137f. 2018. Tese (Doutorado em Botânica) -Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, Departamento de Botânica, São Paulo, 2018.

SANTOS, K. P.; SEDANO-PARTIDA, M. D.; SALA-CARVALHO, W. R.; LOUREIRO, B. O. S. J.; SILVA-LUZ, C. L.; FURLAN, C. M. Biological activity of *Hyptis* Jacq. (Lamiaceae) is determined by the environment. **Industrial Crops and Products**, v. 112, p. 705-715, ISSN 0926-6690, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.12.065>.

SANTOS, L. C.; SILVA, G. A. M.; ABRANCHES, M. O.; ROCHA, J. L. A.; SILVA, S. T. A.; RIBEIRO, M. D. S.; GOMES, V. R.; SEVERO, P. J. S.; BRILHANTE, C. L.; SOUSA, F. Q. The role of silicon in plants. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 10, n. 7, p. e3810716247, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i7.16247.

SANTOS, L. L., BRANDÃO, L. B.; MARTINS, R.L.; RABELO, E. M., RODRIGUES, A. B. L.; ARAÚJO, C. M. C. V.; SOBRAL, T. F.; GALARDO, A. K. R.; AMEIDA, S. S. M. S. Evaluation of the Larvicidal Potential of the Essential Oil *Pogostemon cablin* (Blanco) Benth in the Control of *Aedes aegypti*. **Pharmaceuticals** (Basel, Switzerland), v. 12, n. 2, p. 53, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/ph12020053>.

SARAIVA FILHO, D.E.; SOUSA, J.B.; SANTOS, H.S.; FONTENELLE, R.O.S. Compostos químicos isolados de extratos e óleos essenciais do gênero *Zanthoxylum Linnaeus* (Rutaceae) e seu potencial antimicrobiano. **Hoehnea**, v. 47, p. e882019, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/2236-8906-88/2019>.

SARROPOULOU, V.; MALOUPA, E.; GRIGORIADOU, K. In vitro direct organogenesis of the Cretan dittany (*Origanum dictamnus* L.), an important threatened Greek endemic species. **Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca**, v. 50, n.2, 2022. DOI: <https://doi.org/10.15835/nbha50212715>.

SARROPOULOU, V. & MALOUPA, E. In vitro propagation of *Satureja thymbra* L. (Lamiaceae): A valuable aromatic medicinal native plant of the Mediterranean region. **GSC Biological and Pharmaceutical Sciences**, v. 9, n. 2, p. 009–020, 2019. DOI: [10.30574/gscbps.2019.9.2.0190](https://doi.org/10.30574/gscbps.2019.9.2.0190).

SAUNIER, A.; ORMEÑO, E.; MOJA, S.; FERNANDEZ, C.; ROBERT, E.; DUPOUYET, S.; DESPINASSE, Y.; BAUDINO, S.; NICOLÈ, F.; BOUSQUET-MÉLOU, A. Lavender sensitivity to water stress: Comparison between eleven varieties across two phenological stages. **Industrial Crops and Products**, v. 177, 114531, ISSN 0926-6690, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2022.114531>.

SCHUCK, M.; LIPSKI, B.; SILVA, A. L. L.; BIASI, L. A. Aclimatização de plantas micropropagadas de videira cv. Bordô (*Vitis labrusca* L.) em diferentes substratos. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 3, n. 4, 2012.

SCHUURINK, R. & TISSIER, A. Glandular trichomes: micro-organs with model status? **The New phytologist**, v. 225, n. 6, p. 2251–2266, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1111/nph.16283>.

SEDANO-PARTIDA, M. D.; SANTOS, K. P. DOS; SALA-CARVALHO, W. R.; SILVA-LUZ, C. L.; FURLAN, C. M. A review of the phytochemical profiling and biological activities of *Hyptis* Jacq.: a Brazilian native genus of Lamiaceae. **Brazilian Journal of Botany**, v. 43, p. 213-228, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40415-020-00582-y>.

SHEELU, M.; NEERAJ, S.; SUSHILA, K.; MILIND, P.; SARITA, L. Effect of 6-benzyl amino purine hormone on the shooting growth of *Ocimum gratissimum* L. **Journal of Applied and Natural Science**, v. 6, n. 2, p. 496–499, 2014.

SILVA, A. C. **Caracterização agronômica, molecular e fitoquímica de Eplingiella Harley & J.F.B. Pastore**. 2015. 125f. Tese (Doutorado em Recursos Genéticos Vegetais) - Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana – BA, 2015.

SILVA, K. B. D.; REINIGER, L.; STEFANEL, C. M.; RABAIOLLI, S. M. D. S. Sucrose and substrates on the acclimatization of micropropagated *Luehea divaricata* plants. **Floresta e Ambiente**, v. 27, n. 1, 2020.

SILVA, K. R.; POVH, J. A.; SIMÃO, D. G. Morfologia das folhas e dos tricomas de *Hyptis alpestris* A.St.-Hill. ex Benth. e *Hyptis peduncularis* Benth. (Lamiaceae). **63ª Reunião Anual da SBPC – UFG, Goiânia-GO**. ISSN nº 2176-1221, 2011. Disponível em: <http://www.sbpcnet.org.br/livro/63ra/resumos/resumos/2900.htm>. Acesso em: ago. 2023.

SILVA, L. D. C.; TAUHATA, S. B. F.; BAEZA, L. C.; OLIVEIRA, C. M. A.; KATO, L.; BORGES, C. L.; ALMEIDA SOARES, C. M.; PEREIRA, M. Argentilactone Molecular

Targets in *Paracoccidioides brasiliensis* Identified by Chemoproteomics. **Antimicrobial agents and chemotherapy**, v. 62, n. 11, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1128/AAC.00737-18>.

SILVA, L. R. R.; CORREIA, Z. A.; GURGEL, E. S. C.; RIBEIRO, O.; SILVA, S. G.; FERREIRA, O. O.; ANDRADE, E. H. D. A.; OLIVEIRA, M. S. Morphoanatomical, Histochemical, and Essential Oil Composition of the *Plectranthus ornatus* Codd. (Lamiaceae). **Molecules**, v. 28, n. 18, 6482, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules28186482>.

SILVA, L. R. R.; FERREIRA, O. O.; CRUZ, J. N.; FRANCO, C. J. P.; ANJOS, T. O.; CASCAES, M. M.; COSTA, W. A.; ANDRADE, E. H. A.; OLIVEIRA, M. S. Lamiaceae essential oils, phytochemical profile, antioxidant, and biological activities. **Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine**, v. 2021, 2021 DOI: <https://doi.org/10.1155/2021/6748052>.

SILVA, R. T.; LIMA, F. W. J.; FRANCO, M. A. O.; LIMA, V. O. B.; ARRUDA, F. A. Controle larvicida com óleo essencial de *Medusantha martiusii* (Benth.) Harley & J.F.B.Pastore (Lamiaceae). em larvas de *Aedes aegypti* Linnaeus, 1762. SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 5., 2016, Montes Claros. **EVENTOS DO IFNMG**, 2016, Montes Claros. Anais. 2016.

SILVA, W. J.; DÓRIA, G. A. A.; MAIA, R. T.; NUNES, R. S.; CARVALHO, G. A.; BLANK, A. F.; ALVES, P. B.; MARÇAL, R. M.; CAVALCANTI, S. C. H. Effects of essential oils on *Aedes aegypti* larvae: Alternatives to environmentally safe insecticides. **Bioresource Technology**, v. 99, n. 8, p. 3251–3255, 2008. DOI:10.1016/j.biortech.2007.05.064.

SILVÉRIO, M.R.S.; ESPINDOLA, L.S.; LOPES, N.P.; VIEIRA, P.C. Plant Natural Products for the Control of *Aedes aegypti*: The Main Vector of Important Arboviruses. **Molecules**, v. 25, n. 15:3484, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules25153484>.

SIMPLÍCIO, V. S.; CONCE, M. C.; DALLAGNOL, L. J. Tricomas: defesa ou vulnerabilidade para a planta na interação com microrganismos? **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, v. 28 p. 184-199, 2022. DOI: 10.31976/0104-038321v280008.

SOARES, A.S. *Gymneia* in Flora e Funga do Brasil. **Jardim Botânico do Rio de Janeiro**. Disponível em: <<https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB132605>> Acesso em: 05 abr. 2023.

SOUSA, F. P. **Micropropagação de *Hyptis ramosa* Pohl ex Benth. (Lamiaceae)**. 2015. 64f. Dissertação (Mestrado em Recursos Genéticos Vegetais) – Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana – BA., 2015.

SOUZA, A. N. C.; SOARES, R. A.; OLIVEIRA, H. D.; VASCONCELOS, Y. A. G.; SOUZA, P. J. C.; NASCIMENTO, T. S.; OLIVEIRA, K. A.; DINIZ, L. R. L.; PEREIRA, J. G.; CARDOSO, J. H. L. The essential oil of *Hyptis crenata* Pohl ex Benth. presents an antiedematogenic effect in mice. **Braz. J. Med. Biol. Res.**, v. 54, n. 3, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/1414-431X20209422>.

SOUZA, L. K. H.; OLIVEIRA, C.M A.; FERRI, P. H.; OLIVEIRA JUNIOR, J. G.; SOUZA JUNIOR, A. H.; FERNANDES, O. F. L.; SILVA, M. R.R. Atividade antimicrobiana de *Hyptis ovalifolia* em relação a dermatófito (Antimicrobial activity of *Hyptis ovalifolia* towards dermatophytes). **Mem Inst Oswaldo Cruz**, Rio de Janeiro, v. 98, n. 7, p. 963-965, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0074-02762003000700018>.

SOUZA, L. S. **Estudo de espécies vegetais bioativas da Mata Atlântica do Sul da Bahia**. 2020. 68 f. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologias Ambientais) - Universidade Federal do Sul da Bahia, Campus Sosígenes, Porto Seguro, 2020.

SOUZA, M. A.; SILVA, L.; SANTOS, M.A.C.; MACÊDO, M.J.F.; LACERDA-NETO, L.J.; COUTINHO, H.D.M.; OLIVEIRA, L.C.C.; CUNHA, F.A.B. Larvicidal Activity of Essential Oils Against *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). **Curr Pharm Des**, v. 26, n. 33, p. 4092-4111, 2020. DOI: [10.2174/1381612826666200806100500](https://doi.org/10.2174/1381612826666200806100500).

STEFANELLO, S.; SILVEIRA, E. V.; OLIVEIRA, L. K.; BESSON, J. C. F.; DUTRA, G. M. N. Eficiência de substratos na aclimatização de plantas de *Miltonia flavescens* Lindl. propagadas in vitro. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 2, n. 3, 2009.

STEVENS, P. F. **Angiosperm Phylogeny Website**. Version 14, July 2017. Disponível em: <https://www.mobot.org/mobot/research/apweb/>. Acesso em: set. 2024.

SUÁREZ, D.; ALONSO, J. F.; MELGAREJO, L. M. Efecto de la luz y del ácido giberélico (AG3) en la germinación de *Minthostachys mollis* Kunth. Griseb. (Labiatae). **Acta Biológica Colombiana**, v. 16, n. 2, p. 213–222, 2011.

SULISTYOWATI, Y.; YULIANI Y.; AHMAD B. Identifikasi Struktur Sekretori yang Berpotensi Menghasilkan Minyak Atsiri pada Genus *Coleus*. **LenteraBio**, v. 7 n. 2, p. 168–175, 2018. Disponível em: <https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/lenterabio/article/view/28388>. Acesso: ago. 2024.

SVIDENKO, L.; GRYGORIEVA, O.; VERGUN, O.; HUDZ, N.; HORČINOVÁ SEDLÁČKOVÁ, V.; ŠIMKOVÁ, J.; BRINDZA, J. Characteristic of Leaf Peltate Glandular Trichomes and Their Variability of Some Lamiaceae Martinov Family Species. **Agrobiodiversity for Improving Nutrition, Health and Life Quality**, v. 2, p. 124-132, 2018. DOI: <https://doi.org/10.15414/agrobiodiversity.2018.2585-8246.124-132>.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I.M.; MURPHY, A. **Fisiologia e Desenvolvimento vegetal**. 6 ed. Porto Alegre: Artmed, 918p. 2017.

TALEBI, S. M. & GHORBANPOUR, M. Trichomes plasticity of plants in response to environmental stresses. **Plant Stress Mitigators, Academic Press**, p. 495-504, ISBN 9780323898713, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-89871-3.00015-X>.

TAMBELI, C. H.; MARTINS, G. H.; BARBOSA, S. L.; MACHADO, T. T. Abordagem integrativa do uso terapêutico da cannabis nas dores orofaciais. **BrJP**, v 6, (Suppl 1), 2023. DOI: <https://doi.org/10.5935/2595-0118.20230013-pt>.

TANG, H.M.; JIANG, Q.; LIU, H.Y.; ZHANG, F.; LIU, Q.; PU, G.B.; LI, J.; WANG, L. N.; ZHANG, Y.Q. Glandular trichomes of medicinal plants: types, separation and purification, biological activities. **Biologia plantarum**, v. 66, p. 219-227, 2022. DOI: <https://doi.org/10.32615/bp.2022.027>.

THOMPSON, P. Germination of species of Labiatae in response to gibberellins. **Physiologia Plantarum**, v. 22, n. 3, p. 575–586, 1969.

TIAGO, L. C.; FERREIRA, H. D.; VILHALVA, D. A. A.; FARIA, T. M. Caracterização dos tricomas glandulares foliares em espécies de *Hyptis* Jacq. (Lamiaceae) ocorrentes no Parque Estadual da Serra de Jaraguá, Goiás, Brasil. **28ª Semana do ICB e IV Encontro de Bioética – Instituto de Ciências Biológicas - UFG, Goiânia- GO, 2017**. Disponível em: <https://www.even3.com.br/anais/sicb/79227-caracterizacao-dos-tricomas-glandulares-foliares-em-especies-de-hyptis-jacq-/>. Acesso em: ago. 2023.

TIBALDI, G.; HAZRATI, S.; HOSSEINI, S. J.; ERTANI, A.; BULGARI, R.; NICOLA, S. Cultivation techniques and drying process can affect the inflorescence essential oil composition of three selections of *Salvia officinalis*. **Industrial Crops and Products**, v.183,114923, ISSN 0926-6690, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2022.114923>.

TOLERA, B.; DIRO, M.; BELEW, D. Effects of 6-benzyl aminopurine and kinetin on in vitro shoot multiplication of sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) varieties. **Advances in Crop Science and Technology**, v. 2, n. 3, p. 129, 2014.

TONON, G.; KEVERS, C.; GASPAR, T. Changes in polyamines, auxins and peroxidase activity during in vitro rooting of *Fraxinus angustifolia* shoots: an auxin-independent rooting model. **Tree Physiology**, v. 21, n. 10, p. 655–663, 2001.

TOZIN, L. R. S.; MARQUES, M. O. M.; RODRIGUES, T. M. Glandular trichome density and essential oil composition in leaves and inflorescences of *Lippia origanoides* Kunth (Verbenaceae) in the Brazilian Cerrado. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 87, n.2, p. 943-953, 2015.

TOZIN, L. R. S & RODRIGUES, T. M. Morphology and histochemistry of glandular trichomes in *Hyptis villosa* Pohl ex Benth. (Lamiaceae) and differential labeling of cytoskeletal elements. **Acta Botanica Brasilica**, v. 31, n. 3, p. 330-343, 2017. DOI: [10.1590/0102-33062016abb0292](https://doi.org/10.1590/0102-33062016abb0292).

TOZIN, L. R. S.; SILVA, S. C. M.; RODRIGUES, T. M. Non-glandular trichomes in Lamiaceae and Verbenaceae species: morphological and histochemical features indicate more than physical protection. **New Zealand Journal of Botany**, v. 54, n. 4, p. 446-457, 2016. DOI: [10.1080/0028825X.2016.1205107](https://doi.org/10.1080/0028825X.2016.1205107).

TURKAY, I. & OZTURK, L. The form, dose, and method of application of vermicompost differentiate the phenylpropene biosynthesis in the peltate glandular trichomes of methylchavicol chemotype of *Ocimum basilicum* L. **Industrial Crops and Products**, v. 198, 116688, ISSN 0926-6690, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2023.116688>.

URITU, C. M.; MIHAI, C. T.; STANCIU, G. D.; DODI, G., ALEXA-STRATULAT, T.;

LUCA, A.; TAMBA, B. I. Medicinal plants of the family Lamiaceae in pain therapy: A review. **Pain Research and Management**, 7801543, 44p., 2018. DOI: <https://doi.org/10.1155/2018/7801543>.

VERMA, N. & SHUKLA, S. Impact of various factors responsible for fluctuation in plant secondary metabolites. **Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants**, v. 2, n. 4, p. 105-113, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jarmap.2015.09.002>.

VILLA, F.; PASQUAL, M.; ARAÚJO, A. D. S.; PIO, L. A. S. Micropropagação da amoreira-preta (*Rubus* spp.) e efeito de substratos na aclimatização de plântulas. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 28, n. 2, 2006.

VILLEGAS-SÁNCHEZ, E.; MACÍAS-ALONSO, M.; OSEGUEDA-ROBLES, S.; HERRERA-ISIDRÓN, L.; NUÑEZ-PALENIUS, H.; GONZÁLEZ-MARRERO, J. In Vitro Culture of *Rosmarinus officinalis* L. in a Temporary Immersion System: Influence of Two Phytohormones on Plant Growth and Carnosol Production. **Pharmaceuticals**, v. 14, n. 8, 747, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/ph14080747>.

WANG, X.; SHEN, C.; MENG, P.; TAN, G.; LV, L. Analysis and review of trichomes in plants. **BMC Plant Biol**, v. 21, n. 70, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12870-021-02840-x>.

WANG, Z.; LIU, F.; YU, J. J.; JIN, J. Z. β -Bourbonene attenuates proliferation and induces apoptosis of prostate cancer cells. **Oncology letters**, v. 16, n. 4, p. 4519–4525, 2018. DOI: <https://doi.org/10.3892/ol.2018.9183>.

WEREMCZUK-JEŻYNA, I.; KUŹMA, Ł.; KISS, A.; GRZEGORCZYK-KAROLAK, I. Effect of cytokinins on shoots proliferation and rosmarinic and salvianolic acid B production in shoot culture of *Dracocephalum forrestii* W. W. Smith. **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 40, n. 4, p. 1–10, 2018.

WERKER, E. Function of essential oil-secreting glandular hairs in aromatic plants of Lamiaceae – A Review. **Flavour and Fragrance Journal**, v. 8, p. 249-255, 1993. DOI: <https://doi.org/10.1002/ffj.2730080503>.

WERKER, E.; RAVID, U.; PUTIEVSKY, E. Structure of glandular hairs and identification of the components of their secreted material in some species of the Labiatae. **Israel Journal of Botany**, v. 34, n. 1, p. 31-45, 1985.

WERKER, E. Trichome Diversity and Development. In: CALLOW, J. A. Advances in Botanical Research Incorporating Advances in Plant Pathology: Plant Trichomes. **Academic Press**, v. 31, p. 1-30, 2000.

WHO - World Health Organization. Department of Mental Health, Substance Abuse, World Health Organization. **Mental Health Evidence, & Research Team**. 2005.

WINK, M. Biochemistry of plant secondary metabolism. **Annual plant reviews**, v. 2. 374 pp. Sheffield: Sheffield Academic Press Ltd. 1999.

WINK, M. Functions of plant secondary metabolites and their exploitation in biotechnology. **Annual plant reviews**, v. 3. 370 pp. Sheffield: Sheffield Academic Press Ltd. 1999.

XU, H.; LANTZOUNI, O.; BRUGGINK, T.; BENJAMINS, R.; LANFERMEIJER, F.; DENBY, K.; SCHWECHHEIMER, C.; BASSEL, G. A molecular signal integration network underpinning *Arabidopsis* seed germination. **Current Biology**, v. 30, n. 19, p. 1–12, 2020.

ZAHID, A.; RAFIQUE, E.; KHAN, A. H.; FIRDOUS, M.; BASHIR, U. *Lavandula stoechas* linn: Scrutiny of phytoconstituents, ethno medicinal and pharmacological ramification action. **International Journal of Natural Medicine and Health Sciences**, v. 1, n.1, p. 14–19, 2021. DOI: <https://doi.org/10.52461/ijnms.v1i1.744>.

ZAKI, F. L. M. & SALLEH, W. M. N. H. W. Essential Oils and Biological Activities of the Genus *Vitex* (Lamiaceae) – A Review. **Natural Volatiles and Essential Oils**, v. 7, n. 2, p. 1-9, 2020. DOI: <https://doi.org/10.37929/nveo.743784>.

ZHANG, H.; GOH, F. G.; NG, L. C.; CHEN, C. H.; CAI, Y. *Aedes aegypti* exhibits a distinctive mode of late ovarian development. **BMC biology**, v. 21, n. 11, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12915-023-01511-7>.

ZHANG, Y.; SONG, H.; WANG, X.; ZHOU, X.; ZHANG, K.; CHEN, X.; LIU, J.; HAN, J.; WANG, A. The Roles of Different Types of Trichomes in Tomato Resistance to Cold, Drought, Whiteflies, and Botrytis. **Agronomy**, v. 10, n. 3, 411, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy10030411>

ZHANG, Y.; WANG, D.; LI, H.; BAI, H.; SUN, M.; SHI, L. Glandular secretory trichomes formation mechanism study on synthesis and storage of terpenoids in lavender. **Research Square**, v. 1, 2023. DOI: <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2695243/v1>.

ZUZARTE, M. R.; DINIS, A. M.; CAVALEIRO, C.; SALGUEIRO, L. R.; CANHOTO, J. M. Trichomes, essential oils and in vitro propagation of *Lavandula pedunculata* (Lamiaceae). **Industrial Crops and Products**, v. 32, n. 3, p. 580-587, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2010.07.010>.