EFEITO DO ÓLEO ESSENCIAL DE MELALEUCA (*M. alternifolia* Cheel) NA GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE MARACUJAZEIROS.

Autores: Wallace Silva Vitorino Dias, Alice Gorini Pettermann Loureiro Santos, Lara Leandro dos Santos, José Carlos Lopes, Rodrigo Sobreira Alexandre.

Universidade Federal do Espírito Santo/Departamento de Agronomia, Alto Universitário, S/N, Guararema - 29500-000 - Alegre - ES, Brasil, wallaces.vd@gmail.com, alicegorinip@outlook.com, laraleandrodossantos@gmail.com, jclufes@gmail.com, rodrigo.alexandre@ufes.br.

Resumo
O presente estudo teve como objetivo investigar o efeito do óleo essencial de melaleuca (*Melaleuca alternifolia* Cheel) sobre o desempenho fisiológico de sementes das variedades Amarelo e Roxo do gênero Passiflora. O experimento, em delineamento inteiramente casualizado, avaliou a imersão das sementes em soluções botânicas (0,0%, 0,25%, 0,50% e 0,75%) comparadas ao fungicida Captana. Os testes mensuraram taxa germinativa, Índice de Velocidade de Germinação (IVG) diário e biomassa seca durante 35 dias. Os resultados indicaram superioridade genética e vigor para a variedade Roxo (93,6%) em relação à Amarelo (69,4%), enquanto o tratamento químico promoveu o acúmulo máximo de biomassa e a aceleração da quebra de dormência em ambas as cultivares. Conclui-se que o fungicida atua de forma mais célere, porém o óleo de melaleuca não induz fitotoxicidade limitante, garantindo a segurança fisiológica e despontando como estratégia fitossanitária viável.
Palavras-chave: maracujá. fisiologia vegetal. *Melaleuca alternifolia*. germinação. biomassa.

Área do Conhecimento: Ciências Agrárias / Agronomia

Introdução

O Brasil detém a hegemonia global na produção de maracujá, com um volume de 690.364 toneladas cultivadas em mais de 46 mil hectares (IBGE, 2020). Espécies como *P. edulis* e *P. edulis f. flavicarpa* representam pilares dessa cadeia, sendo a propagação por sementes o método predominante (BERNACCI *et al.*, 2015; COELHO *et al.*, 2016; FALEIRO; JUNQUEIRA, 2016). Todavia, a sanidade inicial do material propagativo é um gargalo fitotécnico, dada a vulnerabilidade a patógenos que comprometem o estande inicial e o vigor das mudas (CUNHA *et al.*, 2015).
O cenário atual é caracterizado pela dependência severa de fungicidas sintéticos. Embora eficazes, o impacto ambiental e a pressão por sistemas de produção orgânicos e agroecológicos demandam alternativas sustentáveis (LOPES; ALBUQUERQUE, 2018). O óleo essencial de melaleuca, rico em metabólitos secundários (terpenos e fenilpropanóides) com comprovada ação antimicrobiana, surge como uma solução biotecnológica para a proteção de sementes, buscando aliar sanidade à manutenção do vigor vegetativo (OOTANI *et al.*, 2013; SWAMY *et al.*, 2016; REIS *et al.*, 2020).
O objetivo geral foi investigar o efeito do óleo essencial de melaleuca (*Melaleuca alternifolia* Cheel) sobre a qualidade fisiológica e o desenvolvimento inicial de plântulas de duas variedades botânicas do gênero Passiflora. Portanto, os objetivos específicos foram analisar comparativamente o desempenho fisiológico em concentrações crescentes de óleo (0,0%; 0,25%; 0,50% e 0,75% v v-1); contrastar os efeitos dos tratamentos botânicos com o controle químico (fungicida Captana 2,0%) e avaliar os parâmetros de germinação, vigor e acúmulo de biomassa entre as variedades Amarelo (*P. edulis f. flavicarpa*) e Roxo (*P. edulis*).

Metodologia

O experimento foi conduzido no Laboratório Interdisciplinar de Ciências (LICES) do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCAE-UFES), em Alegre – ES. Utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado, com duas espécies (maracujá amarelo e maracujá roxo), com quatro concentrações de óleo essencial de melaleuca e o controle com fungicida químico, conduzido com quatro repetições de 25 sementes.
As sementes dos frutos maduros e recém-colhidos foram extraídas e secas sobre papel Germitest®, removeu-se a polpa com a técnica da cal extinta. As sementes foram submetidas aos tratamentos com óleo essencial de melaleuca emulsionado com polissorbato 80, na proporção 1:1 e dissolvido em água

destilada para a obtenção de soluções nas concentrações de 0,0; 0,25; 0,50 e 0,75 % v v-1. Para controle utilizou-se uma solução de polissorbato 80 a 1,0 % v v-1 e o fungicida Captana® a 2,0 %. Homogeneizaram-se as sementes nas soluções por 20 minutos. Após a imersão, as sementes foram retiradas das soluções e dispostas em rolos de papel Germitest® umedecidos com água destilada, sendo alocadas em câmara de germinação do tipo B.O.D., regulada à temperatura alternada de 20-30 ºC na ausência de luz. Realizou-se a contagem e avaliação diária da germinação até o 35º dia e, em seguida, procedeu-se à avaliação morfofisiológica das plântulas.

A verificação do efeito dos óleos nas quatro concentrações foi realizada pelos testes de germinação, índice de velocidade de germinação (IVG), comprimento de parte aérea e raiz, das plântulas consideradas normais (BRASIL, 2009).
O índice de velocidade de germinação foi calculado por meio de contagens diárias realizadas até o 35º dia. Após o 35º dia determinou-se o comprimento da parte aérea, comprimento da raiz e a massa seca das plântulas, mantidas em estufa a 65 °C, por 72 horas (BRASIL, 2009).
Para analisar variáveis qualitativas sobre variável quantitativa realizou-se a ANOVA (Análise de Variância) e comparação de médias pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade. Para todas as análises estatísticas utilizou-se o software R (R CORE TEAM, 2024).

Resultados

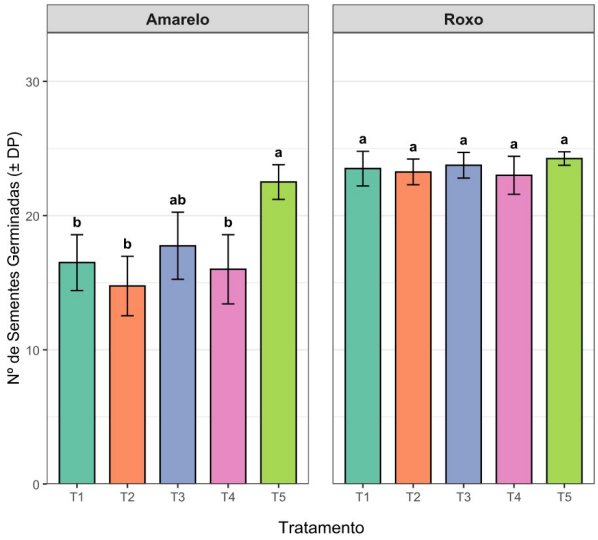
A taxa de germinação e o índice de velocidade de germinação (IVG) são determinantes para o sucesso comercial de um lote de sementes. A análise estatística da taxa de germinação acumulada aos 35 dias revelou comportamentos distintos entre as cultivares. A variedade Roxo demonstrou um potencial genético superior e grande estabilidade frente aos tratamentos aplicados, atingindo altas taxas de germinação que variaram de 92% a 97% (médias de 23,00 a 24,25 sementes germinadas, de um total de 25), estando todos os tratamentos igualados estatisticamente no grupo "a".
Em contrapartida, a germinação do maracujá Amarelo obteve menor desempenho geral e foi significativamente afetada pelos tratamentos: o uso do fungicida (T5) garantiu a maior taxa (90% ou média de 22,50 sementes, grupo "a"), superando significativamente a testemunha (66% ou 16,50 sementes, grupo "b") e as doses de melaleuca a 0,25% (59% ou 14,75 sementes, grupo "b") e 0,75% (64% ou 16,00 sementes, grupo "b"), enquanto a dosagem de 0,50% atingiu 71% (17,75 sementes) apresentando comportamento intermediário (grupo "ab").

Tabela 1 - Teste de tukey (CLD): sementes germinadas em 35 dias.

Variação	Tratamento	Média das Sementes Germinadas	Grupo Tukey
Roxo	T5	24.25	a
Roxo	T3	23.75	a
Roxo	T1	23.50	a
Roxo	T2	23.25	a
Roxo	T4	23.00	a
Amarelo	T5	22.50	a
Amarelo	T3	17.75	ab
Amarelo	T1	16.50	b
Amarelo	T4	16.00	b
Amarelo	T2	14.75	b

Descrição: Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade (p > 0,05).Fonte: elaborado pelo próprio autor.

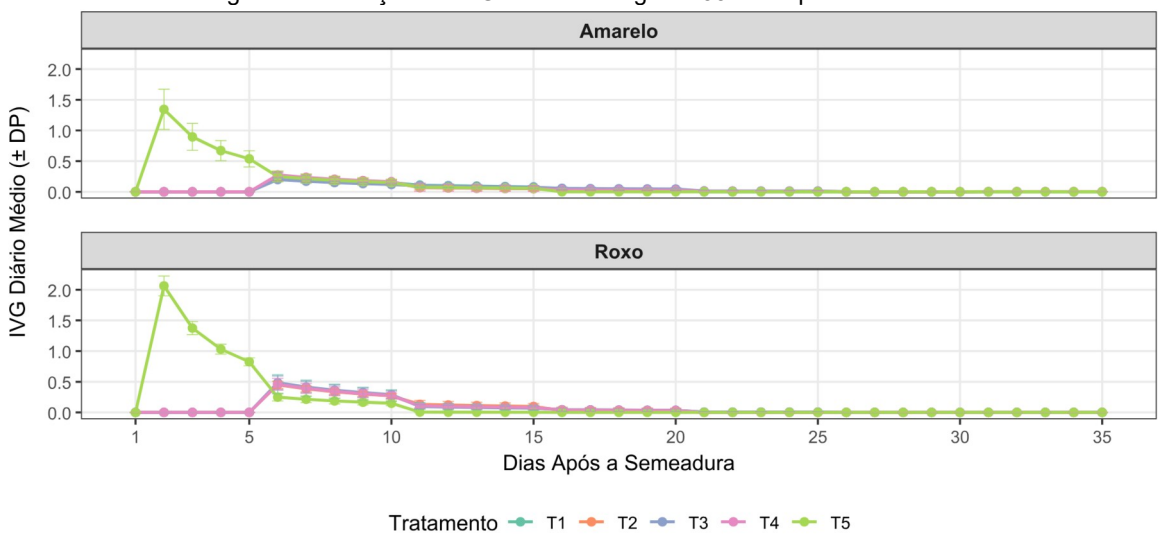
Figura 1 - Germinação acumulada final no 35° dia após a semeadura.



Descrição: Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade (p > 0,05). Fonte: elaborado pelo próprio autor.

A evolução temporal diária do índice de velocidade de germinação (IVG) revelou que o tratamento com fungicida (Captana - T5) foi determinante para o vigor inicial, promovendo a quebra antecipada de latência em ambas as variedades e registrando germinação precoce. Isso resultou em uma forte emissão radicular já no segundo dia após a semeadura, evidenciando uma aceleração do processo metabólico inicial que culminou em um IVG no dia 5 de 3,30 para a cultivar Roxo e de 2,15 para a cultivar Amarelo. Por outro lado, tanto as emulsões de melaleuca (0,25% a 0,75%) quanto o controle testemunha mantiveram um tempo de embebição prolongado para as duas variedades, iniciando o processo germinativo paralelamente apenas no sexto dia de incubação.

Figura 2 - Evolução do IVG diário ao longo de 35 dias após a semeadura.

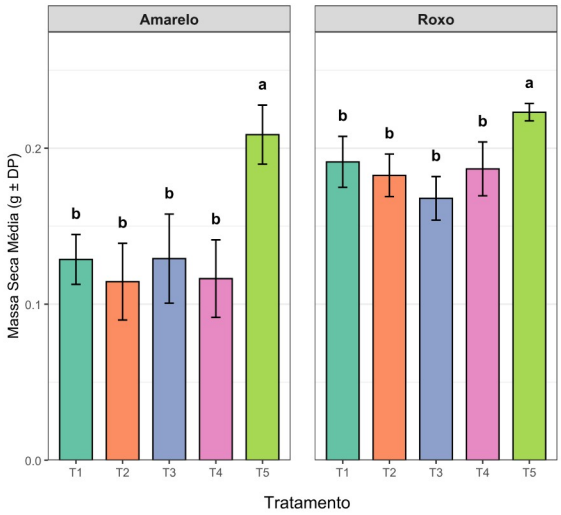


Fonte: elaborado pelo próprio autor.

No acúmulo de biomassa seca, considerado o indicador mais robusto de vigor por refletir a eficiência na partição de reservas, registrou-se um efeito amplamente significativo. O tratamento com fungicida (T5) impulsionou o maior crescimento e proporcionou os maiores incrementos médios para ambas as cultivares, resultando em 0,223 g para a variedade Roxo e 0,208 g para a variedade Amarelo. Este resultado corrobora a tese de que o defensivo sintético poupa a energia da planta que seria consumida

em respostas defensivas contra patógenos (CUNHA *et al.*, 2015; LOPES; ALBUQUERQUE, 2018. Nas dosagens de óleo de melaleuca, a análise demonstrou que o produto botânico manteve a estabilidade fisiológica tanto da variedade Roxo quanto da Amarelo, não apresentando fitotoxicidade significativa em relação à testemunha (T1) e validando a segurança biológica das doses de 0,25% a 0,75% (OOTANI *et al.*, 2013; VENTUROSO *et al.*, 2020).

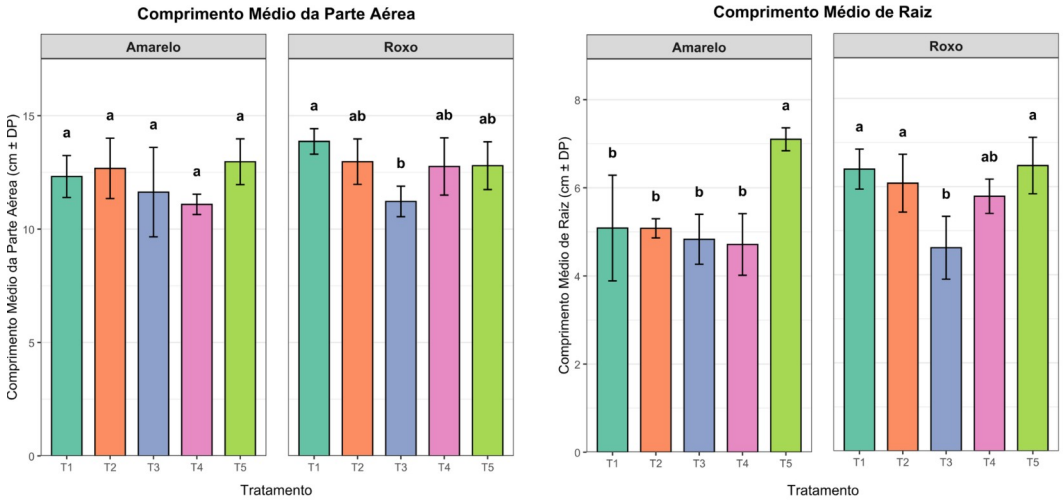
Figura 3 - Massa seca média de plântulas no 35° dia.



Descrição: Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade (p > 0,05). Fonte: elaborado pelo próprio autor.

O crescimento equilibrado é essencial para o estabelecimento em campo. Na medição estrutural da parte aérea, o maracujá Roxo dominou o crescimento e obteve o maior comprimento médio (12,72 cm). Em relação ao sistema radicular, observou-se um fenômeno de inibição pontual no alongamento da raiz sob a dose específica de 0,50% de melaleuca (T3) na cultivar Roxo. No entanto, considerando que a dose superior (0,75%) não apresentou o mesmo efeito inibitório e que a massa seca total das variedades Roxo e Amarelo permaneceu estável, tal resposta sugere um limiar fisiológico específico ou um efeito hormético transiente na elongação celular radicular, o qual não compromete o vigor global das plântulas avaliadas (JABRAN *et al.*, 2015; VENTUROSO *et al.*, 2020).

Figura 4 - Comprimento médio de parte aérea e raiz.



Descrição: Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade (p > 0,05). Fonte: elaborado pelo próprio autor.

Discussão

As diferenças na germinação e no vigor mostram a influência da genética de cada variedade, destacando o maracujá Roxo pela maior capacidade de transferir as reservas da semente para o crescimento inicial (COELHO *et al.*, 2016; FALEIRO; JUNQUEIRA, 2016). O maior ganho de massa seca com o fungicida ocorre porque, sem a ameaça de fungos ou doenças latentes, a plântula diminui os custos energéticos de defesa e direciona seus recursos metabólicos diretamente para o crescimento vegetativo (CUNHA *et al*., 2015; LOPES; ALBUQUERQUE, 2018). Além disso, embora o fungicida tenha antecipado a emergência das sementes, o óleo de melaleuca manteve exatamente o mesmo ritmo de germinação da testemunha. Isso confirma que as emulsões fitossanitárias do óleo essencial de melaleuca testadas não exibem fitotoxicidade severa, garantindo a proteção sanitária sem causar deformações nem danificar os cotilédones das sementes (OOTANI *et al*., 2013; SWAMY *et al*., 2016; REIS *et al*., 2020).

Conclusão

O tratamento com o fungicida convencional proporciona uma emergência mais rápida e um maior acúmulo de massa seca nas mudas de *Passiflora* spp. (CUNHA *et al*., 2015; LOPES; ALBUQUERQUE, 2018). Por outro lado, o uso do óleo essencial de melaleuca (nas concentrações de 0,25% a 0,75%) mostra-se uma alternativa viável e fisiologicamente segura, pois não reduz o estande de plantas nem causa anomalias no desenvolvimento radicular das sementes das variedades Roxo e Amarelo (OOTANI *et al.*, 2013; JABRAN *et al.*, 2015).

Por fim, recomenda-se dar continuidade às pesquisas focadas no maracujá Amarelo, com o objetivo de desenvolver protocolos específicos de proteção que ajudem a elevar seu desempenho germinativo.

Referências

BERNACCI, L. C.; CERVI, A. C.; MILWARD-DE-AZEVEDO, M. A.; NUNES, T. S.; IMIG, D. C.; MEZZONATO, A. C. 2015. Passifloraceae in Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB182.

BRASIL. Regras para análise de sementes. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. – Brasília: Mapa/ACS, 2009.

COELHO, E. M.; AZÊVEDO, L. C.; UMSZA-GUEZ, M. A. Fruto do maracujá: importância econômica e industrial, produção, subprodutos e prospecção tecnológica. Cadernos de Prospecção, v. 9, n. 3, p. 347-361, 2016.

CUNHA, R. P.; CORRÊA, M. F.; SCHUCHL, O. B.; OLIVEIRA, R. C.; JUNIOR, J. S. A.; SILVA, J. D. G.; ALMEIDA, T. L. Diferentes tratamentos de sementes sobre o desenvolvimento de plantas de soja. Ciência Rural, v. 45, n. 10, p. 1761-1767, 2015.

FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V. Maracujá: o produtor pergunta, a Embrapa responde. Brasília, DF: Embrapa, 2016.

IBGE, (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) Banco de dados agregados. Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA. 2020. Disponível em: http://www.ibge.gov.br. Acesso em 10 de junho 2022.

JABRAN, K.; MAHAJAN, G.; SARDANA, V.; CHAUHAN, B.S. Allelopathy for weed control in agricultural systems. Crop Protection, v. 72, p. 57-65, 2015.

LOPES, C. V. A., ALBUQUERQUE, G. S. C. Agrotóxicos e seus impactos na saúde humana e ambiental: uma revisão sistemática. Saúde Debate, v. 42, n. 117, p. 518-534, 2018.

OOTANI, M. A.; AGUIAR, R. W.; RAMOS, A. A. C.; BRITO, D. R.; SILVA, J. B.; CAJAZEIRA, J. P. J. Use of Essential Oils in Agriculture. Journal of Biotechnology and Biodiversity, v.4, p.162-174, 2013.

R CORE TEAM. A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Áustria, 2024.

REIS, J. B.; FIGUEIREDO, L. A.; CASTORANI, G. M.; VEIGA, S. M. O. M. Avaliação da atividade antimicrobiana dos óleos essenciais contra patógenos alimentares. Brazilian Journal of Health Review, v. 3, n. 1, p. 342-363, 2020.

SWAMY, M. K.; AKHTAR, M. S.; SINNIAH, U. R. Antimicrobial properties of plant essential oils against human pathogens and their mode of action: an updated review. Evidence-based Complementary and Alternative Medicine: eCAM, v. 3, 2016.

VENTUROSO, L. R.; BACCHI, L. M. A.; GAVASSONI, W. L.; CONUS, L. A.; PONTIM, B. C. A.; SOUZA, F. R. Inibição do crescimento in vitro de fitopatógenos sob diferentes concentrações de extratos de plantas medicinais. In: Anais do Seminário de Iniciação Científica, 2020.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), da Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES) sob o número de processo 82195510, e do Programa Institucional de Iniciação Científica (PIBIC 2025/2026) da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES).