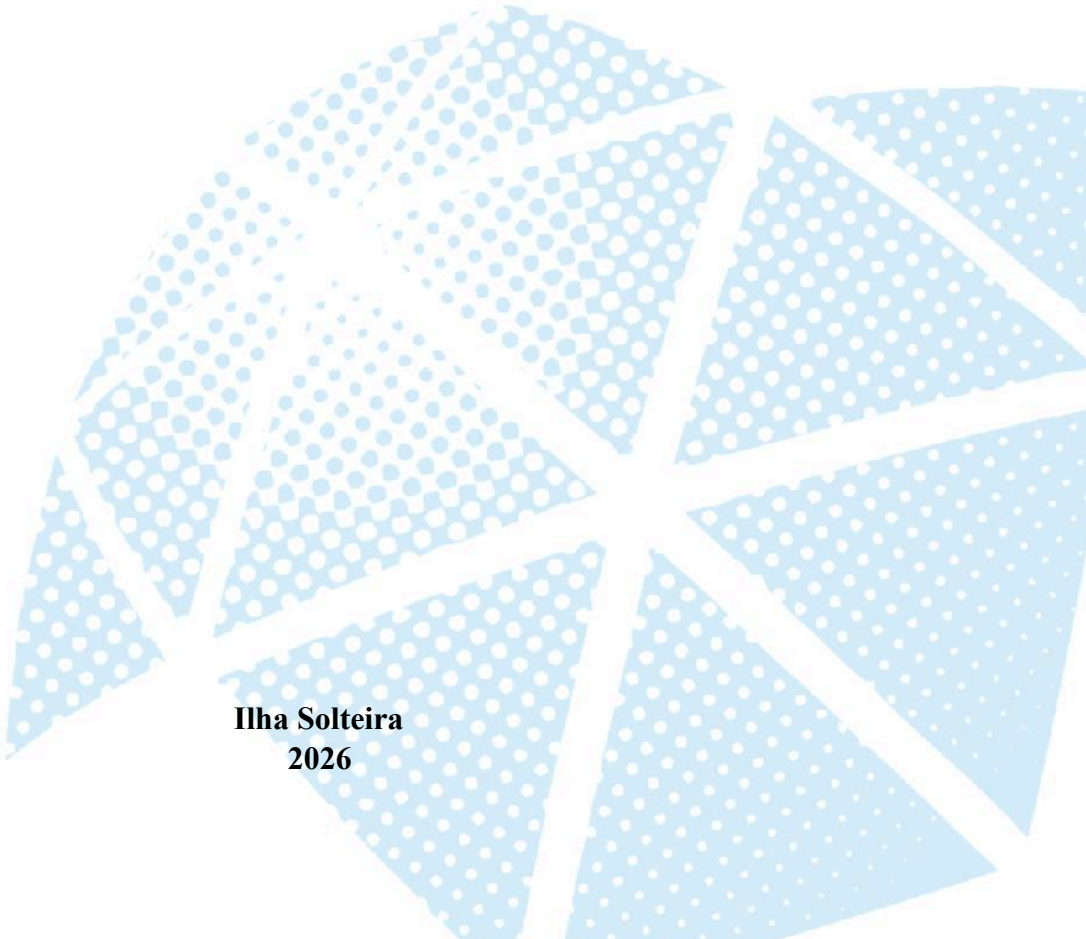
UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA

LETÍCIA ROCHA SILVA

ÓLEO ESSENCIAL DE MELALEUCA EM MILHO: AGENTE FITOTÓXICO OU PROMOTOR DO DESEMPENHO DE PLÂNTULAS?



Ilha Solteira
2026

LETÍCIA ROCHA SILVA

ÓLEO ESSENCIAL DE MELALEUCA EM MILHO: AGENTE FITOTÓXICO OU PROMOTOR DO DESEMPENHO DE PLÂNTULAS?

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Faculdade de Engenharia, Campus de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Agronômica

Orientadora: Profª. Drª. Martha Freire Silva

Ilha Solteira
2026

FICHA CATALOGRÁFICA
Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

S586o

Silva, Letícia Rocha.
Óleo essencial de melaleuca em milho: agente fitotóxico ou promotor do desempenho de plântulas? / Letícia Rocha Silva. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2026
36 f. : il.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Agronômica) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Engenharia, Ilha Solteira, 2026

Orientador: Martha Freira da Silva

Inclui bibliografia

1. Melaleuca alternifolia. 2. Vigor de sementes. 3. Bioestimulante. 4. Qualidade fisiológica de sementes.

Sandra Montibeller - CRB-8/060/2025

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Câmpus de Ilha Solteira

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO" FACULDADE DE ENGENHARIA – UNESP – CÂMPUS DE ILHA SOLTEIRA CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRONÔMICA

ATA DA DEFESA – TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

TÍTULO: "Óleo essencial de melaleuca em milho: agente fitotóxico ou promotor do desempenho de plântulas?"

ALUNA: LETÍCIA ROCHA SILVA - RA: 152055355
ORIENTADOR: MARTHA FREIRE DA SILVA

Aprovado (X) Reprovado ( ) pela Comissão Examinadora com nota obtida: 8,5
Comissão Examinadora:

Martha Freire da Silva
Martha Freire da Silva (orientadora)

MSc. Fábio Amaral de Almeida Morais (doutorando em Agronomia)

Prof. Dr. João Antônio da Costa Andrade (Docente Depto. Biologia e Zootecnia)

Letícia Rocha
Letícia Rocha Silva
Aluna

Ilha Solteira (SP), 03 de julho de 2026.

RESUMO

O uso de sementes sadias de milho é um excelente método para garantir êxito à cultura desde a semeadura até o consumidor final. Para isso, o tratamento de sementes é crucial. O óleo essencial de melaleuca (*Melaleuca alternifolia* Cheel) tem potencial antifúngico e de proteção à plântula, mas os óleos essenciais utilizados em altas concentrações têm potencial fitotóxico, podendo interferir na germinação e vigor das sementes. Esse trabalho teve por objetivo verificar o efeito de bioprodutos formulados em doses, no possível efeito fitotóxico ou promotor de desempenho fisiológico de plântulas de milho. As sementes de milho (*Zea mays* L.), variedade AL Bandeirante foram tratadas nas doses 0; 2; 4; 6; 8; e 10% do óleo essencial de melaleuca e do tensoativo Tween 80 até 5%, em fase aquosa e analisadas a germinação e vigor pelos testes de frio, comprimento e massa seca de plântulas. Os dados foram submetidos à análise de variância e regressão, a 5% de probabilidade. O tratamento de sementes com doses de até 10% não demonstrou fitotoxidez. Houve incremento na germinação, no índice de clorofila, comprimento de parte aérea e de plântulas, massa seca de plântulas e parte aérea em doses até 4%, revelando alternativa promissora para utilização como bioestimulante no desenvolvimento inicial de plântulas de milho.

Palavras-chave: *Melaleuca alternifolia,* Vigor de sementes, Bioestimulante, Qualidade fisiológica de sementes.

ABSTRACT

Using healthy corn seeds is an excellent method to ensure crop success from sowing to the final consumer. To achieve this, seed treatment is crucial. Tea tree essential oil (*Melaleuca alternifolia* Cheel) has antifungal and seedling protection potential, but essential oils used at high concentrations have phytotoxic potential, which can interfere with seed germination and vigor. This study aimed to verify the effect of bioproducts formulated in doses on the possible phytotoxic or physiological performance-promoting effect of corn seedlings. Corn seeds (*Zea mays* L.), variety AL Bandeirante, were treated at doses of 0, 2, 4, 6, 8, and 10% of tea tree essential oil and up to 5% of the surfactant Tween 80 in an aqueous phase, and analyzed for germination and vigor through cold, seedling length, and seedling dry mass tests. Data were subjected to analysis of variance and regression at 5% probability. Seed treatment with doses up to 10% did not show phytotoxicity. There was an increase in germination, chlorophyll index, shoot and seedling length, and seedling and shoot dry mass at doses up to 4%, revealing a promising alternative for use as a biostimulant in the initial development of corn seedlings.

Keywords: *Melaleuca alternifolia,* Seed vigor, Biostimulant, Seed physiological quality.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO....8
2 REVISÃO DE LITERATURA....10
2.1 A CULTURA DO MILHO E SUA IMPORTÂNCIA.... 10
2.2 CONCEITO DE VIGOR EM SEMENTES....10
2.3 ÓLEO ESSENCIAL DE MELALEUCA: COMPOSIÇÃO QUÍMICA E BIOATIVIDADE DO TERPINEN-4-OL....12
2.4 DUALIDADE BIOLÓGICA: FITOTOXICIDADE E BIOESTIMULAÇÃO....13
3 MATERIAL E MÉTODOS....14
3.1 LOCAL DA PESQUISA, MATERIAL VEGETAL, CONDUÇÃO EXPERIMENTAL, E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.... 14
3.2 PREPARAÇÃO DAS EMULSÕES E TRATAMENTO DAS SEMENTES....14
3.3 TESTES DE AVALIAÇÃO DO POTENCIAL FISIOLÓGICO E VIGOR DAS SEMENTES....15
3.3.1 Teste de germinação....15
3.3.2 Teste de Frio (TF)....16
3.3.3 Comprimento da Parte Aérea e do Sistema Radicular....17
3.3.4 Determinação da Massa Seca Total de Plântulas....17
3.4 AVALIAÇÃO DE CLOROFILA EM PLÂNTULAS....18
3.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS.... 18
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO....19
4.1 LOTE 1.... 19
4.2 LOTE 2.... 24
5 CONCLUSÕES....29
REFERÊNCIAS....30
BIBLIOGRAFIA CONSULTADA.... 33

1 INTRODUÇÃO

A cultura do milho (*Zea mays* L.*)* assume um papel socioeconômico e estratégico fundamental no cenário do agronegócio global e nacional, consolidando-se como um dos principais pilares para a segurança alimentar humana e como matéria-prima da cadeia produtiva de proteína animal. No Brasil, a safra 2024/25 registrou uma colheita histórica de milho, totalizando 141,16 milhões de toneladas, impulsionada por ganhos de produtividade e pela expansão da segunda safra (CONAB, 2025). O consumo interno foi estimado em 90,68 milhões de toneladas — um crescimento de 7,8% puxado pela indústria de etanol — enquanto as exportações atingiram 41,6 milhões de toneladas devido à forte demanda global (CONAB, 2025). Para a safra 2025/26, projeta-se expansão na área plantada de verão (+9,4%) e da segunda safra (+2%). Contudo, devido a uma redução esperada de 6,6% na produtividade após um ciclo climático excepcionalmente favorável, a produção total deve recuar levemente (0,5%), atingindo 140,5 milhões de toneladas. Mesmo assim, o cenário projeta estoques estáveis, exportações elevadas e um avanço de 4,6% no consumo doméstico pelo setor energético (CONAB, 2025).

Diante de pressões climáticas cada vez mais acentuadas e de um mercado consumidor altamente competitivo, a busca pelo incremento da produtividade inicia-se, pelo estabelecimento de um estande de plantas homogêneo, rápido e vigoroso em condições de campo. Esse cenário de alta performance produtiva é condicionado, intrinsecamente, pela qualidade fisiológica, genética, física e sanitária das sementes utilizadas (Pereira Filho; Borghi, 2020).

Considerando a qualidade sanitária das sementes de milho, o tratamento de Sementes (TS) apresenta-se como uma prática fitossanitária indispensável e amplamente adotada pela cadeia produtiva, atuando como uma linha de defesa às sementes contra o ataque de pragas e patógenos presentes no solo ou veiculados pela própria semente, além da possibilidade de alguns TS promover efeito benéfico sobre as plântulas (Oliveira et al., 2016).

Historicamente, o controle de deterioração biológica e tombamento de plântulas tem sido realizado de forma quase exclusiva por meio do emprego de fungicidas e inseticidas convencionais químicos (Pereira Filho; Borghi, 2020). Contudo, o modelo agrícola contemporâneo enfrenta o complexo desafio de mitigar os impactos ambientais e toxicológicos, além de conter o surgimento de populações de fitopatógenos resistentes aos princípios ativos comerciais disponíveis no mercado de insumos (Chiaradia; Wordell Filho, 2012).

Frente a necessidade urgente de transição tecnológica e inovação sustentável na agricultura, a pesquisa científica tem direcionado esforços significativos para o desenvolvimento de bioprodutos e defensivos botânicos derivados do metabolismo secundário de plantas aromáticas (Domene et al., 2016). Entre as alternativas promissoras investigadas, destacam-se os óleos essenciais, complexas misturas de compostos voláteis, hidrofóbicos e lipofílicos que exercem funções ecológicas primordiais de defesa química vegetal contra estresses bióticos na natureza (Silva et al., 2024). O óleo essencial extraído das folhas de melaleuca, *Melaleuca alternifolia* (Cheel), espécie arbustiva pertencente à família Myrtaceae e popularmente conhecida como árvore-do-chá (Tea tree), tem despertado grande interesse acadêmico e comercial devido às suas documentadas propriedades antimicrobianas, antifúngicas e antissépticas, atribuídas principalmente à presença de monoterpenos bioativos em sua constituição cromatográfica (Neves et al., 2021); (Silva et al., 2024).

No entanto, a transposição do uso desses compostos químicos para o segmento da tecnologia de sementes exige extrema cautela (Guimarães, 2020). Compostos voláteis e lipofílicos, quando aplicados em concentrações elevadas ou em formulações desestabilizadas, podem desencadear efeitos fitotóxicos severos sobre o embrião da semente, interferindo negativamente nas reações bioquímicas da germinação, alterando de forma irreversível a integridade estrutural das membranas celulares e bloqueando o alongamento do eixo embrionário (Lima; Freitas, 2016). Entretanto, quando utilizados sob dosagens ideais controladas, esses extratos vegetais podem atuar como benéficos, desencadeando rotas metabólicas adaptativas que aceleram a velocidade de emergência e estimulam o acúmulo de biomassa pelas plântulas (Gomes et al., 2016); (Hendges, 2019).

Diante dessa dualidade biológica e da escassez de parâmetros normatizados para espécies de grandes culturas, o presente trabalho fundamenta-se no seguinte problema de pesquisa: quais dosagens o óleo essencial de melaleuca atua de forma seletiva e segura em sementes de milho, atuando como um elemento promotor do seu desempenho inicial, e a partir de qual limite da dose ele passa a se comportar como um agente fitotóxico limitante ao potencial fisiológico?

Buscou-se caracterizar o comportamento das sementes da variedade AL Bandeirantes tratadas sob condições ótimas de laboratório e sob o efeito de estresses controlados representados pelos testes de frio, determinar as dosagens seguras e potencialmente bioestimulantes para o desenvolvimento radicular e da parte aérea, e analisar a cinética de emergência inicial da cultura. Assim, o objetivo deste estudo foi verificar efeito, fitotóxico ou

promotor de desempenho fisiológico de plântulas de milho, dos bioprodutos formulados a partir de doses do óleo essencial de melaleuca.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A CULTURA DO MILHO E SUA IMPORTÂNCIA

A cadeia produtiva do milho (*Zea mays* L.) no Brasil é caracterizada por uma ampla segmentação tecnológica e regional, coexistindo lavouras de alta precisão baseadas no emprego de híbridos simples transgênicos e sistemas produtivos que demandam materiais genéticos de menor custo de implantação por hectare (Pereira Filho; Borghi, 2020). No âmbito da agricultura familiar, dos assentamentos rurais, da transição agroecológica e de sistemas de produção de média tecnologia, as chamadas cultivares de polinização aberta (variedades) desempenham um papel socioeconômico de fundamental importância. Ao contrário dos híbridos comerciais, que sofrem severa segregação genética e perda abrupta de vigor devido à depressão por endogamia na geração subsequente (F2), as variedades mantêm uma estabilidade fenotípica e um potencial produtivo equilibrado que viabilizam o reuso das sementes pelo produtor rural por sucessivas safras, reduzindo drasticamente a sua dependência de insumos externos (Souza et al., 2018).

A variedade de milho AL Bandeirante, desenvolvida e mantida pela Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (CATI), destaca-se historicamente no cenário paulista e nacional por sua elevada rusticidade, ampla plasticidade adaptativa aos diferentes tipos de solos e manejo, além de uma tolerância intrínseca a estresses bióticos e abióticos hídricos e nutricionais (CATI, 2001). Para que o potencial genético e a rusticidade dessa cultivar sejam expressos de forma plena em campo, o lote de sementes utilizado deve apresentar elevados padrões de qualidade (Kryzanowski; Dias; França-Neto, 2022).

2.2 CONCEITO DE VIGOR EM SEMENTES

Conforme os preceitos teóricos e práticos consolidados por Krzyzanowski et al. (2020) no "Manual de Vigor de Sementes" da ABRATES, o verdadeiro potencial fisiológico de um lote de sementes não pode ser integralmente compreendido ou estimado por meio da execução exclusiva do teste padrão de germinação. Enquanto o teste de germinação é conduzido sob condições laboratoriais artificiais altamente controladas e otimizadas de umidade,

temperatura, oxigenação e substrato, o vigor representa o conjunto de propriedades biológicas que determinam o potencial para uma emergência rápida, uniforme e eficiente sob uma ampla gama de condições ambientais em campo, incluindo cenários desfavoráveis e de estresse severo.

À medida que o processo intrínseco de deterioração da semente avança ao longo do tempo ou em decorrência de condições inadequadas de armazenamento, ocorrem perdas bioquímicas graduais, cumulativas e sequenciais no propágulo. Inicialmente, observam-se falhas estruturais nos sistemas de endomembranas celulares e decréscimo na atividade respiratória mitocondrial e enzimática. Sequencialmente, reduz-se a velocidade de crescimento das plântulas e a capacidade do embrião de tolerar estresses bióticos e abióticos de campo.

Por fim, cessa por completo o potencial germinativo da semente. Dessa forma, a avaliação do vigor por meio de testes de estresse laboratorial torna-se obrigatória para diferenciar lotes comerciais que apresentem porcentagens semelhantes de germinação, mas que demonstram comportamentos biológicos discrepantes quando submetidos às adversidades edafoclimáticas reais no momento da semeadura (Krzyzanowski et al., 2020).

Para além do teste de frio, a caracterização precisa do vigor biológico exige ferramentas complementares baseadas no desempenho de plântulas, as quais fundamentam-se na avaliação da eficiência da atividade metabólica e do nível de deterioração dos lotes (Kryzanowski et al., 2020). Entre essas variáveis de desempenho, a uniformidade e a rapidez no teste de emergência determinam a capacidade de estabelecimento inicial no campo. Paralelamente, os testes de comprimento e de massa seca de plântulas funcionam como indicadores diretos do vigor, uma vez que sementes de alto vigor possuem atividade metabólica mais intensa e translocam reservas armazenadas para o eixo embrionário de forma mais eficiente, originando plântulas mais longas e com maior acúmulo de matéria seca (Kryzanowski et al., 2020).

Diante da complexidade dos fatores que governam a qualidade fisiológica, a utilização de um conjunto integrado de testes de vigor mostra-se indispensável para expressar com exatidão o comportamento de sementes de milho. Essa abordagem multifacetada ganha relevância fundamental em trabalhos que analisam o tratamento de sementes com bioprodutos. No contexto deste estudo, a combinação dessas avaliações metodológicas viabiliza responder se o óleo essencial de *Melaleuca alternifolia* (Cheel) atua na variedade AL Bandeirantes como um agente fitotóxico restritivo ou como um promotor do desempenho de plântulas. Assim, o emprego conjunto de testes sob condições ótimas e de estresses controlados, associado à análise da cinética de emergência e dos parâmetros de crescimento,

preenche o arcabouço técnico necessário para determinar as dosagens seguras, avaliar o potencial bioestimulante radicular e da parte aérea e quantificar as respostas fisiológicas do milho frente ao tratamento proposto.

2.3 ÓLEO ESSENCIAL DE MELALEUCA: COMPOSIÇÃO QUÍMICA E BIOATIVIDADE DO TERPINEN-4-OL

Os óleos essenciais constituem metabólitos secundários sintetizados por plantas aromáticas em estruturas glandulares especializadas, exercendo funções adaptativas fundamentais de defesa química contra herbivorismo, atração de agentes polinizadores e proteção sistêmica contra infecções microbianas e fúngicas (Nepomoceno; Pietrobon, 2020). O óleo essencial extraído das folhas de melaleuca, *Melaleuca alternifólia* (Cheel*)*, espécie arbustiva nativa da Austrália, é obtido industrialmente por meio do processo de destilação por arrasto a vapor, possui uma matriz química complexa constituída por mais de uma centena de compostos orgânicos voláteis, predominantemente pertencentes às classes dos monoterpenos, sesquiterpenos e seus respectivos álcoois associados (Nepomoceno; Pietrobon, 2020).

De acordo com as especificações internacionais padrão (ISO 4730) e as fichas técnicas de especificação fornecidas por empresas de referência como a Ferquima, o constituinte químico amplamente majoritário e o principal responsável direto pela bioatividade do produto é o terpinen-4-ol, um monoterpeno álcool terciário presente de 30% a 48% na composição cromatográfica global do efluente (Vieira et al., 2004). Outros constituintes de relevância biológica incluem o gama-terpineno, o alfa-terpineno, o 1,8-cineol e o paracimeno (Vieira et al., 2004); (Castelo et al., 2013).

O mecanismo de ação antifúngica e antimicrobiana do terpinen-4-ol baseia-se em sua natureza altamente lipofílica e hidrofóbica, propriedade físico-química que permite a permeação facilitada do composto através da parede celular e da membrana citoplasmática de fungos fitopatogênicos (Lima; Freitas, 2016); (Neves et al., 2021). Uma vez no interior celular, o composto rompe a integridade da bicamada lipídica, provocando o extravasamento de íons essenciais (como o potássio), inibindo os processos de respiração mitocondrial e alterando o gradiente de prótons, o que culmina na lise e na morte do patógeno (Neves et al., 2021). Essa elevada capacidade biocida valida o óleo de melaleuca como um potencial substituto ou complementar ecológico aos fungicidas sintéticos convencionais no tratamento de sementes (Alves, 2019); (Octaveus; Franzener; Bonome, 2024).

2.4 DUALIDADE BIOLÓGICA: FITOTOXICIDADE E BIOESTIMULAÇÃO

O emprego de extratos vegetais e óleos essenciais na agricultura moderna fundamenta-se nos princípios complexos da alelopatia e na curva de resposta biológica bifásica conhecida como hormese (Domene et al., 2016). A hormese descreve um fenômeno biológico universal no qual um mesmo composto químico ou aleloquímico pode induzir efeitos fisiológicos diametralmente opostos nos organismos vivos dependendo estritamente da dosagem ou concentração administrada: estimulação em doses baixas e inibição severa em doses elevadas (Lima; Freitas, 2016).

Quando as sementes de milho entram em contato direto com dosagens excessivas ou soluções concentradas de monoterpenos, manifesta-se de forma nítida o quadro de fitotoxicidade (Lima; Freitas, 2016). Os terpenos e compostos voláteis em excesso inibem as divisões mitóticas no meristema apical radicular, desestruturam o arranjo tridimensional de microtúbulos celulares, causam peroxidação lipídica nas membranas do embrião e bloqueiam a síntese inicial de clorofila. Esse estresse fisiológico traduz-se na produção acentuada de plântulas anormais, necroses nas extremidades radiculares, clorose acentuada da parte aérea e redução drástica no Índice de Velocidade de Emergência (IVE) (Lima; Freitas, 2016).

Inversamente, a aplicação de soluções diluídas de óleo essencial de melaleuca pode atuar trazendo benefícios no desenvolvimento inicial (Minks, 2018). Pequenas concentrações de aleloquímicos promovem um estresse celular de baixa intensidade que ativa os mecanismos de defesa e estimula a atividade catalítica de enzimas hidrolíticas cruciais, como a alfa e a beta-amilase presentes no endosperma das sementes de milho. Essa ativação enzimática acelera significativamente a taxa de hidrólise do amido em açúcares solúveis de cadeia curta, os quais são rapidamente translocados para suprir energeticamente as demandas metabólicas do eixo embrionário em crescimento (Domene te al., 2016). Como consequência direta dessa otimização metabólica e energética, observa-se uma aceleração no desenvolvimento cinético da plântula, resultando em um incremento expressivo no comprimento das estruturas vegetativas e no acúmulo de massa seca da parte aérea e do sistema radicular, configurando um claro efeito promotor de desempenho ou bioestimulante (Gomes et al., 2016) (Guimarães et al., 2020).

Uma vez que o óleo de melaleuca pode trazer efeitos de “dualidade biológica” causando efeito fitotóxico ou promotor no desempenho de plântulas, pesquisas que visem encontrar as doses fitotóxicas ou que propiciam benefícios ao vigor e desempenho de plântulas são necessárias.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 LOCAL DA PESQUISA, MATERIAL VEGETAL, CONDUÇÃO EXPERIMENTAL, E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O presente estudo foi executado no Laboratório de Semente, pertencente ao Departamento de Fitotecnia, Engenharia de Alimentos e Sócio-Economia (DFTASE) da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – FEIS/ UNESP, Câmpus de Ilha Solteira, Estado de São Paulo.

Para a condução de todos os testes, utilizou-se dois lotes de sementes de milho (*Zea mays* L.) da variedade AL Bandeirante (lote 1 - AL/AV 0006/25; lote 2 - AL/AV 0003/25), ambas de mesma safra (2024/2025), adquiridos através da CATI - Coordenadoria de Assistência Técnica Integral Sementes e Mudas (Jardim Chapadão, SP), na categoria S2, peneira 20 L, com pureza mínima de 98%, e germinação mínima de 85%.

Antes da aplicação dos tratamentos, as sementes foram mantidas armazenadas em embalagens de papel permeável sob condições de ambiente controlado (temperatura de 20°C e umidade relativa de 50%) para assegurar a preservação de sua qualidade inicial ao longo do período de montagem dos testes.

Preliminarmente, determinou-se o grau de umidade individual de cada lote pelo método sem moagem de sementes em estufa a 105ºC por 24 horas, resultando no teor de umidade de 7,84% para o lote 1 e 9,00% para o lote 2. Para evitar a imprecisão dos resultados dos testes neste trabalho, causados pela suscetibilidade de danos durante a embebição rápida, o método da atmosfera úmida foi adotado para todas as amostras utilizadas, efetuando o procedimento de pré-condicionamento.

O experimento foi conduzido adotando-se o delineamento inteiramente casualizado (DIC), dispondo de 4 repetições por tratamento. Os dados percentuais obtidos nos testes de germinação, primeira contagem, teste de frio, emergência, comprimento e massa seca de plântulas, foram previamente submetidos ao teste de normalidade dos resíduos (Shapiro-Wilk) e de homogeneidade das variâncias (Bartlett).

3.2 PREPARAÇÃO DAS EMULSÕES E TRATAMENTO DAS SEMENTES

O insumo biológico avaliado consistiu de óleo essencial de melaleuca, *Melaleuca alternifolia* (Cheel), 100% puro e natural, adquirido comercialmente junto à empresa

Ferquima Indústria e Comércio Ltda. (Vargem Grande Paulista, SP). A composição química do lote foi previamente verificada via laudo cromatográfico fornecido pelo fabricante, atestando o perfil de monoterpenos característicos da espécie, com predominância do composto bioativo terpinen-4-ol em concentração em conformidade com os padrões internacionais da norma ISO 4730.

Devido à natureza hidrofóbica dos óleos essenciais, utilizou-se como agente tensoativo e emulsificante não iônico o Polissorbato 80 (comercialmente denominado Tween 80), em água deionizada como meio dispersante. Para viabilizar a aplicação das soluções experimentais sobre as sementes de milho, procedeu-se à preparação de cada emulsão por 3 minutos em agitador magnético. Com o auxílio de micropipeta de precisão, balão volumétrico às proporção definidas volumetricamente foram de 2% do óleo + 2% de tween + fase aquosa; 4% do óleo essencial + 4% de tween + fase aquosa, 6% do óleo essencial + 5% de tween + fase aquosa; 8% do óleo essencial + 5% de tween + fase aquosa; e 10% do óleo essencial + 5% de tween + fase aquosa.

As sementes de cada um dos seis tratamentos, constituídos por doses crescentes (0%; 2%; 4%; 6%; 8%; e 10%) do óleo essencial de melaleuca calculadas com base na relação percentual de volume por volume ($v.v^{-1}$), foram acondicionadas em sacos plásticos transparentes e submetidas à agitação manual vigorosa durante o período de 3 minutos, garantindo a homogeneidade do recobrimento superficial de todas as sementes. O processo de tratamento consistiu na aplicação direta de uma dose padrão de 10 mL de calda por quilograma de sementes ($10\ mL.kg^{-1}$).

3.3 TESTES DE AVALIAÇÃO DO POTENCIAL FISIOLÓGICO E VIGOR DAS SEMENTES

3.3.1 Teste de germinação

O teste de germinação (TG) foi instalado seguindo as recomendações estabelecidas pelas Regras para Análise de Sementes (RAS) do Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA) de 2025 (BRASIL, 2025). Para cada tratamento, utilizaram-se 200 sementes, divididas em 4 repetições de 50 sementes cada. O substrato empregado consistiu em folhas de papel toalha do tipo Germitest, previamente umedecidas com água deionizada na proporção equivalente a 2,5 vezes a massa do papel seco. As sementes foram distribuídas de forma

equidistante sobre duas folhas de papel e recobertas com uma terceira folha, procedendo-se à confecção de rolos cilíndricos uniformes.

Os rolos correspondentes a todos os tratamentos foram acondicionados verticalmente no interior de sacos plásticos e transferidos para câmara germinadora, regulada para manter a temperatura constante de 25°C e fotoperíodo nulo. A avaliação foi realizada no quarto e sétimo dias após instalação, computando-se as porcentagens de plântulas normais (aquelas que demonstraram o desenvolvimento harmônico e completo de todas as suas estruturas essenciais: epicótilo). Na primeira contagem de germinação (PC), o registro da porcentagem de plântulas normais desenvolvidas no quarto dia após a instalação do ensaio, foi utilizada como indicador preliminar de vigor.

3.3.2 Teste de Frio (TF)

O teste de frio sem terra foi conduzido com o propósito de avaliar a capacidade de tolerância e a robustez fisiológica das sementes tratadas quando expostas a condições de estresse térmico por baixa temperatura. A metodologia seguiu as diretrizes metodológicas para grandes culturas descritas por Kryzanowski et al., 2020. Foram utilizadas 4 repetições de 50 sementes por tratamento, distribuídas sobre papel toalha Germitest umedecido na proporção de 2,5 vezes o peso do papel seco. Após a semeadura e confecção dos rolos, estes foram individualmente acondicionados no interior de sacos plásticos vedados, para evitar a perda de umidade por evaporação. Na sequência, os recipientes foram transferidos para uma câmara escura mantida sob a temperatura constante e controlada de 10°C, onde permaneceram pelo período estrito de 7 dias (168 horas). Sob essa condição de frio, os processos metabólicos de crescimento celular e protrusão radicular permanecem temporariamente paralisados ou severamente retardados. Decorrido o período de exposição ao estresse térmico, os rolos foram removidos dos sacos plásticos e realocados em câmara germinadora regulada a 25°C. A contagem definitiva das plântulas normais estabelecidas foi realizada no quarto dia após a transferência para a temperatura ótima, expressando os resultados em porcentagem de plântulas normais sobreviventes ao estresse (Kryzanowski et al., 2020).

3.3.3 Comprimento da Parte Aérea e do Sistema Radicular

Para a determinação do efeito das doses de óleo essencial sobre o desenvolvimento inicial, conduziu-se o teste de comprimento de plântulas. Foram utilizadas 4 repetições de 20 sementes para cada tratamento, distribuídas em linha reta disposta no terço superior de folhas de papel toalha Germitest umedecidas. Os rolos foram confeccionados de forma a manter as sementes com o ápice do embrião voltado para a porção inferior, orientando o crescimento geotrópico natural das raízes.

Os rolos foram mantidos em germinador vertical a 25°C por um período de 4 dias. Ao término desse intervalo, as plântulas normais de cada repetição foram individualmente mensuradas com o auxílio de um paquímetro digital de precisão milimétrica (Kryzanowski et al., 2020). O Comprimento da Parte Aérea (CPA) foi mensurado a partir da região do colo da plântula até a extremidade distal da maior folha. O Comprimento do Sistema Radicular (CR) foi determinado medindo-se a distância compreendida entre a região do colo até o ápice da raiz primária mais longa. Os valores médios obtidos para cada repetição foram expressos em milimetros por plântula (mm.plântula^{-1}).

3.3.4 Determinação da Massa Seca Total de Plântulas

Após a realização das mensurações de comprimento descritas na seção anterior, as estruturas vegetativas das plântulas correspondentes a cada repetição foram seccionadas e separadas das estruturas de reserva com o auxílio de lâminas de corte. As plântulas foram acondicionadas individualmente em sacos de papel Kraft previamente identificados. Os recipientes foram transferidos para uma estufa de circulação forçada de ar, regulada e mantida na temperatura constante de 65°C até que atingisse massa constante, processo este concluído após o período de 72 horas.

Após a secagem completa, os sacos contendo o material vegetal seco foram removidos da estufa e transferidos para o interior de dessecadores contendo sílica em gel para evitar a reidratação higroscópica material com a umidade ambiente durante o resfriamento. A pesagem da biomassa foi realizada em uma balança analítica de alta precisão com sensibilidade de três casas decimais (0,001 g). A Massa Seca Total de Plântulas (MST) foi calculada somando-se a massa obtida da parte aérea e do sistema radicular, dividindo-se o valor total pelo número de plântulas avaliadas na repetição, expressando o resultado final em miligramas por plântula, parte radicular e aérea (mg.plântula^{-1}).

3.4 AVALIAÇÃO DE CLOROFILA EM PLÂNTULAS

A determinação do índice relativo de clorofila foi realizada de forma não destrutiva nas folhas das plântulas de milho (Fonseca; Fernandes; Dutra, 2012). Para tanto, foram avaliadas 5 plântulas por repetição, tomadas ao acaso dentro de cada unidade experimental. As medições foram efetuadas utilizando um medidor eletrônico portátil de clorofila, modelo Soil Plant Analysis Development - SPAD-502 (Minolta, 1989), que opera por meio de princípios ópticos não destrutivos baseados na transmitância e absorbância da luz pelo tecido foliar nos comprimentos de onda do vermelho e do infravermelho próximo (Fonseca; Fernandes; Dutra, 2012) (Sousa et al., 2015). O equipamento quantifica os teores indiretos do pigmento e fornece leituras expressas em unidades arbitrárias (índice SPAD), em uma escala que varia de 0 a 99,9 (Minolta, 1989). Para garantir a precisão e a representatividade do status fisiológico do tecido vegetal, as leituras foram realizadas no período da manhã, posicionando o sensor no terço médio do limbo foliar de cada plântula e evitando-se amostragens sobre as margens ou a nervura central da folha (Rocha et al., 2005) (Sousa et al., 2015). O valor final correspondente a cada repetição foi obtido por meio da média aritmética simples das leituras individuais feitas nas cinco plântulas avaliadas.

3.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS

Os dados brutos e transformados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) por meio do teste F ao nível de significância de 5% de probabilidade. Para as variáveis em que ocorreram efeito significativo pelo teste F, procedeu-se à aplicação de análises de regressão linear e polinomial para avaliar o comportamento das variáveis em função das doses crescentes de óleo essencial de melaleuca. Os modelos matemáticos (linear, quadrático ou cúbico) foram selecionados com base na significância dos coeficientes de regressão e no maior valor do coeficiente de determinação (R^2). Todo o processamento estatístico e a geração dos parâmetros foram executados utilizando-se o software Rbio (Bhering, 2020), o qual adota o ambiente computacional R (R Core Team, 2026) e o pacote ExpDes.pt (Ferreira et al., 2013) como motores de análise.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 LOTE 1

Não houve efeito das doses de melaleuca sobre a produção de plântulas normais após o teste de frio, nem prejuízos ao crescimento de plântulas, evidenciados pelos testes de comprimento de plântulas, comprimento radicular e massa seca radicular (Tabela 1).

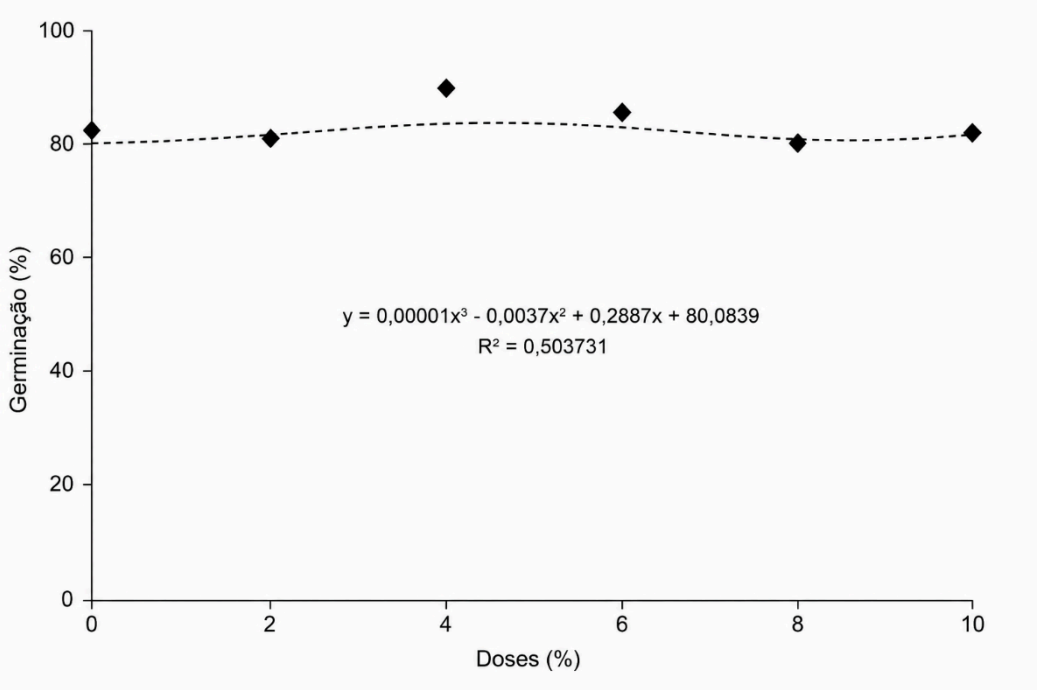
Tabela 1 - Testes não significativos a 5% de probabilidade pelo teste F do lote 1

DOSES (%)	TF (%)	CP (mm/pl)	CR (mm/pl)	MSR (mm/pl)
0	86,5	103,75	73,85	30,51
2	76	114,95	71,39	39,27
4	79,5	120,1	78,11	39,94
6	81	107,74	77,1	31,74
8	75,5	99,39	73,02	31,98
10	84,5	97,72	70,84	23,7

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.
Legenda: Resultados de médias dos tratamentos de doses de melaleuca aplicados às sementes de milho, após submeter as sementes aos testes de frio (TF), comprimento de plântulas (CP), comprimento radicular (CR) e comprimento de massa seca radicular (MSR).

Houve efeito significativo das doses sobre a germinação (Figura 1).

Figura 1 - Atuação das doses em germinação do lote 1.

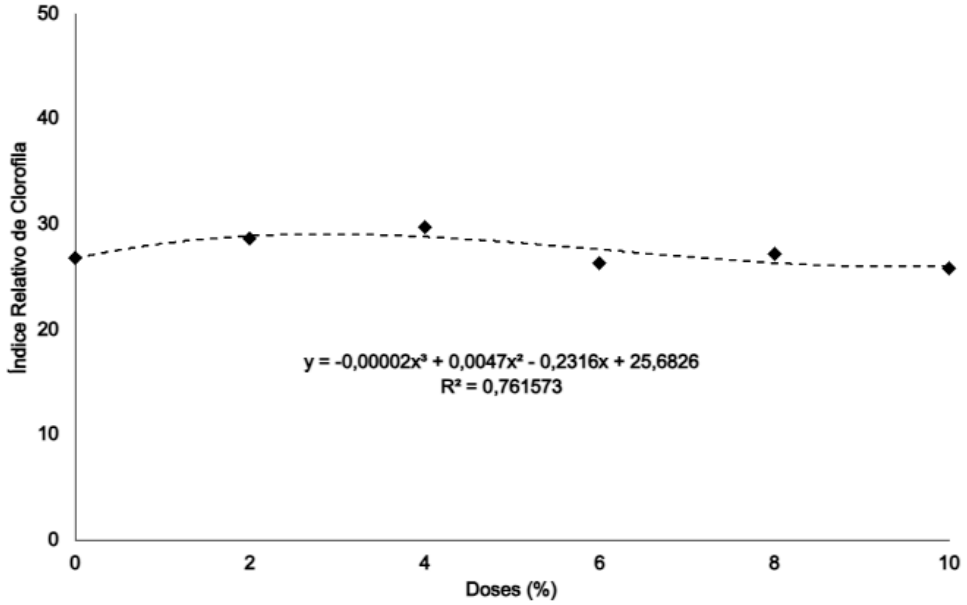


Fonte: Elaborado pelo próprio autor.
Legenda: Germinação dada em teor para sementes de milho, quando submetidas às Doses de 0, 2, 4, 6, 8 e 10% de óleo essencial de melaleuca.

A germinação demonstrou um comportamento de resposta biológica a doses do óleo essencial de melaleuca, ajustado por uma equação cúbica com $R^2 = 0,5037$, o que significa que o modelo explica metade da variação dos dados. Partindo de uma germinação inicial de 80% na dose zero, o tratamento atua como um estimulante, levando a pequenos incrementos na germinação com o aumento das doses, sendo que na dose de 10% propiciou germ
inação de 82%.

Da mesma forma que observado para a germinação, também houve incremento no índice relativo de clorofila com o aumento das doses (Figura 2).

Figura 2 - Atuação das doses em clorofila do lote 1.

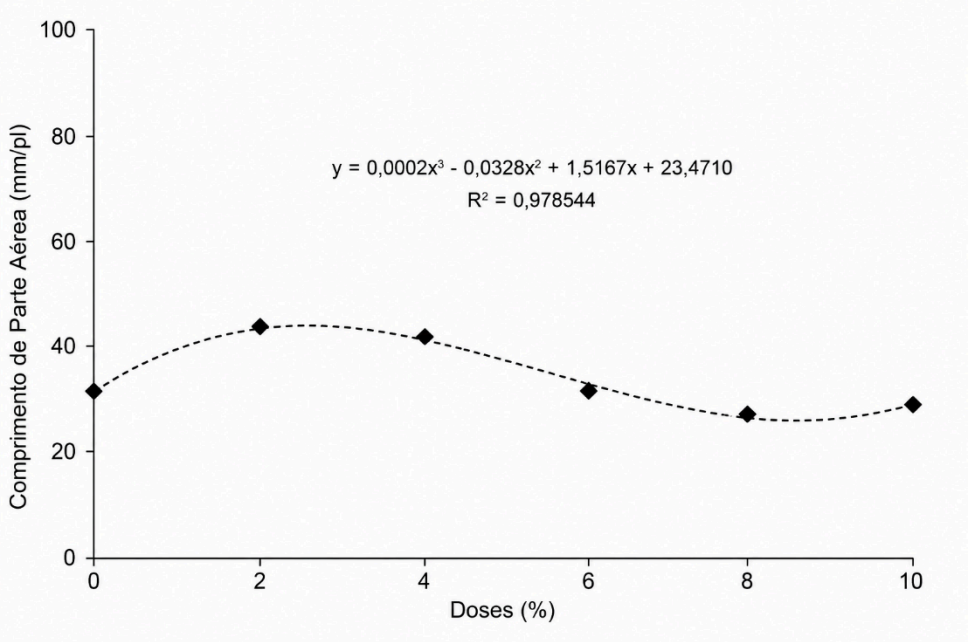


Fonte: Elaborado pelo próprio autor.
Legenda: Índice relativo de clorofila para plântulas total de milho, quando submetidas às Doses (%) de 0, 2, 4, 6, 8 e 10% de óleo essencial de melaleuca.

Embora tenha havido incrementos de pequena magnitude na germinação (2%) e índice relativo de clorofila (1%), evidenciados pelas regressões, pode-se dizer que as doses praticamente não afetam estes caracteres e concluir que não houve fitotoxidez às sementes de milho por tratamento com óleo de melaleuca até a dose de 10% (tabela 1, Figuras 1 e 2).

Em relação ao comprimento de parte aérea das plântulas, os resultados revelam uma resposta polinomial de terceiro grau em função das doses aplicadas. Observa-se um estímulo inicial no crescimento vegetal, com o ponto de máximo estímulo ao crescimento da parte aérea na dose 2%, onde o incremento fisiológico otimiza a expansão celular e o desenvolvimento vegetativo. A partir desse limiar, há uma constância até a dose de 4%, seguido de queda. No entanto, mesmo na dose de 10%, observa-se que o comprimento da parte aérea não foi comprometido. O elevado coeficiente de determinação ($R^2 = 0,9785$) valida a estatística do modelo cúbico proposto, confirmando que a variação nas doses explica quase a totalidade do comportamento biométrico observado e reiterando a necessidade de um controle rigoroso na dosagem para evitar prejuízos ao desempenho agronômico.

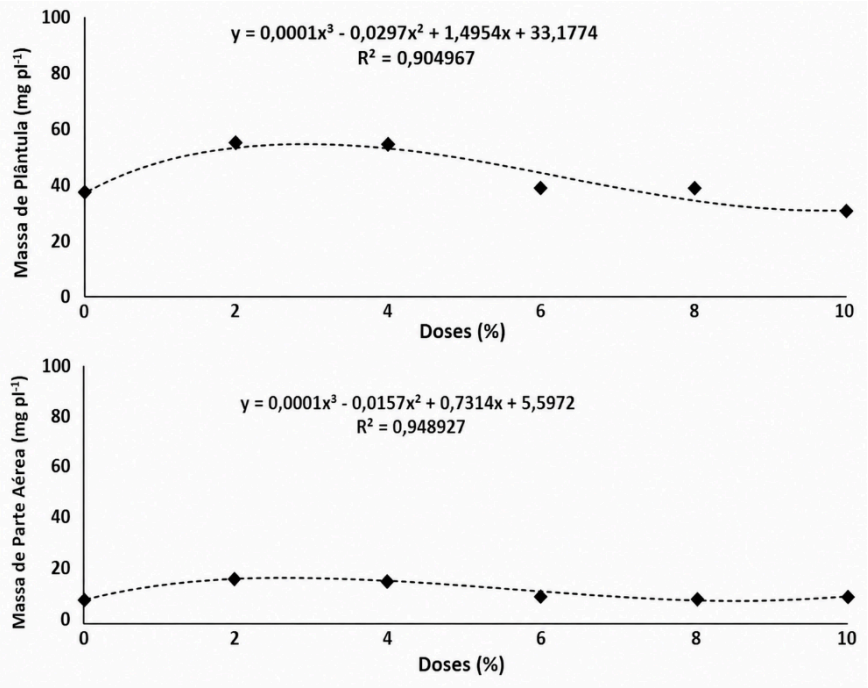
Figura 3 - Atuação das doses em comprimento aéreo do lote 1.



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.
Legenda: Comprimento dado em milímetros por plântulas normais para parte aérea de milho, quando submetidas às Doses (%) de 0, 2, 4, 6, 8 e 10% do óleo essencial de melaleuca.

Resultados semelhantes ao comprimento de parte aérea, foram obtidos para a massa seca de parte aérea e massa seca total das plântulas (Figura 4).

Figura 4 - Atuação das doses em massa seca do lote 1.



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.
Legenda: Massa seca dada em miligramas por plântulas normais para plântulas total e parte aérea de milho, quando submetidas às Doses de 0, 2, 4, 6, 8 e 10% do óleo essencial de melaleuca.

A análise da produção de fitomassa da parte aérea em resposta às diferentes concentrações avaliadas revelou um comportamento não linear, ajustando-se significativamente, com um elevado coeficiente de determinação ($R^2 = 0,9489$). O comportamento da curva demonstra um efeito bifásico claro: inicialmente, observa-se um incremento no acúmulo de massa seca a partir do controle (0%) até o ponto de máxima eficiência técnica, situado próximo à dose de 2%, sugerindo que baixas concentrações do insumo atuam de forma benéfica no estímulo ao metabolismo vegetal ou na eficiência nutricional. Contudo, com o incremento das doses além desse ponto ótimo (entre 4% e 8%), ocorre uma redução progressiva na massa da parte aérea. Mesmo com a redução progressiva, não sugere efeito fitotóxico, visto que os resultados não são menores do que a dose controle.

4.2 LOTE 2

Para o segundo lote, não houve efeito das doses de óleo de melaleuca na porcentagem de plântulas normais após o teste de frio, no teor de clorofila e nem no comprimento de parte aérea das plântulas de milho (Tabela 2).

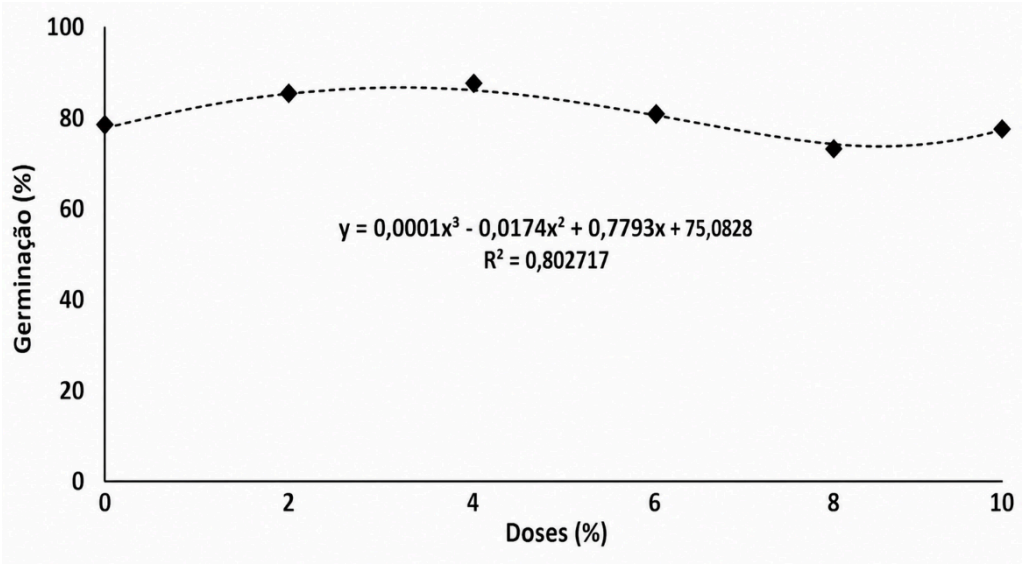
Tabela 2 - Testes não significativos a 5% de probabilidade pelo teste F do lote 2

TRAT	TF (%)	CL	CA (mm/pl)
0	72,5	22,08	48,53
2	80	24,89	31,41
4	77	26,75	31,67
6	80	26,49	30,65
8	73,5	24,94	34,04
10	76,5	25,19	29,21

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.
Legenda: Resultados de médias dos tratamentos de doses de melaleuca aplicados às sementes de milho, após submeter as sementes aos testes de frio (TF), clorofila (CL), comprimento aéreo (CA).

Houve efeito das doses sobre a germinação (Figura 5).

Figura 5 - Atuação das doses em germinação do lote 2



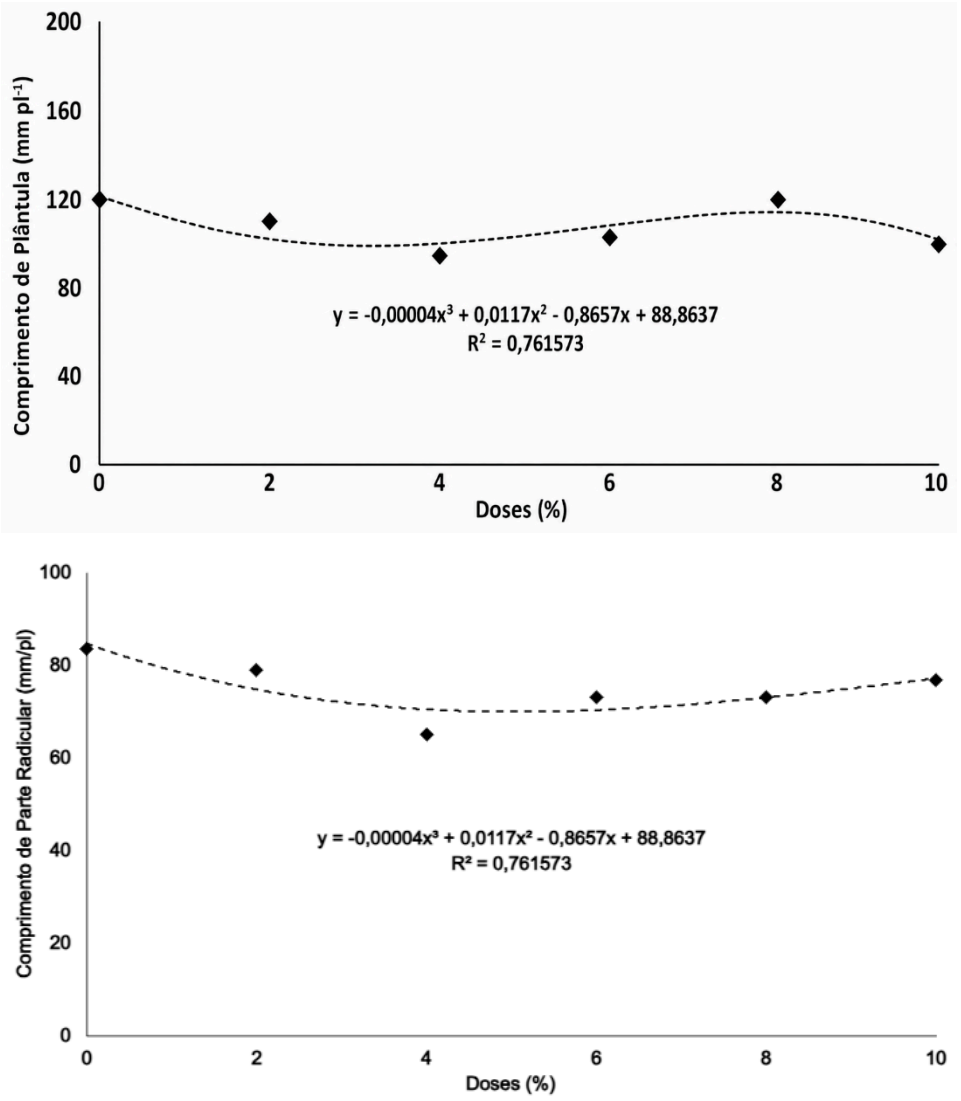
Fonte: Elaborado pelo próprio autor.
Legenda: Germinação dada em teor de sementes de milho, quando submetidas às Doses de 0, 2, 4, 6, 8 e 10% de óleo essencial de melaleuca.

A análise do percentual de germinação em resposta ao incremento das doses aplicadas revela um comportamento biológico não linear, adequadamente ajustado a um modelo regressivo polinomial de terceiro grau (cúbico), o qual apresenta elevado rigor estatístico, evidenciado pelo coeficiente de determinação ($R^2 = 0,8027$), indicando que 80,27% da variação da variável dependente é explicada pelas doses testadas.

Observa-se um efeito bioestimulante inicial até a dose de 4%, propiciando aumento na germinação de 6%. No entanto, mesmo com o declínio na germinação após esta dose, observa-se que a germinação manteve-se acima de 80%, não sugerindo efeito fitotóxico.

Houve efeito das doses sobre o comprimento radicular (Figura 6).

Figura 6 - Atuação das doses em comprimento total e radicular do lote 2.



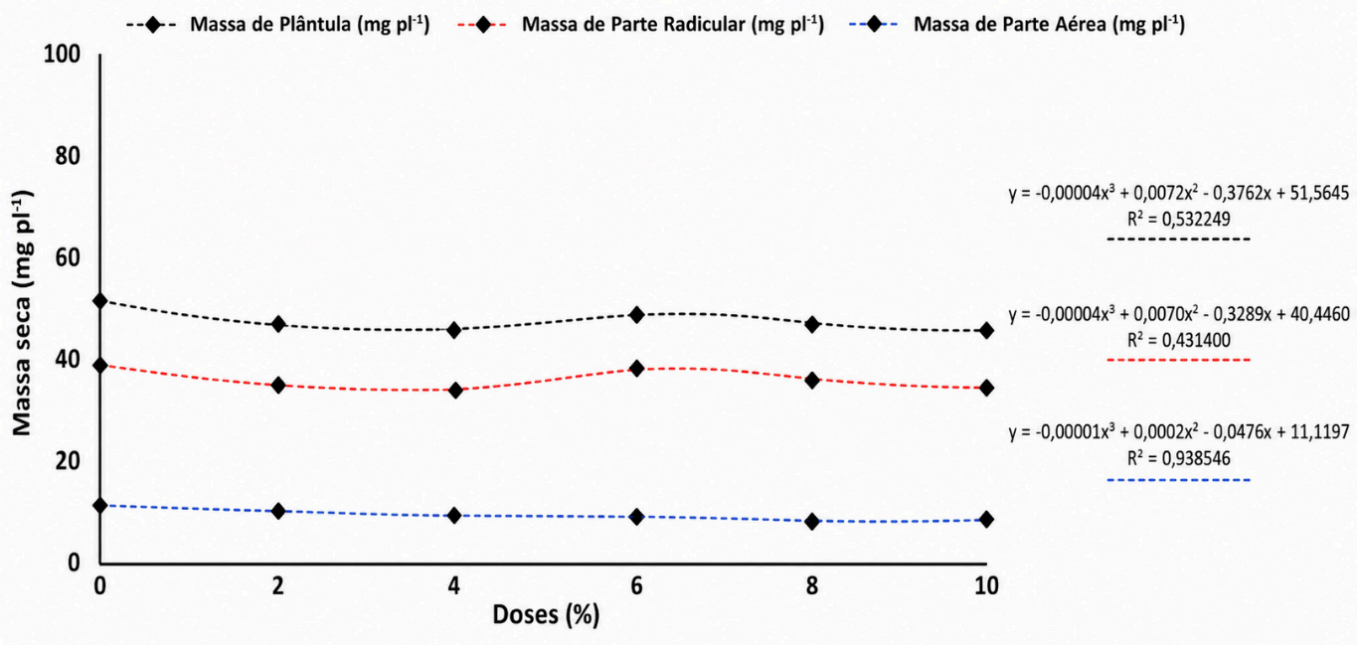
Fonte: Elaborado pelo próprio autor.
Legenda: Comprimento dado em milímetros por plântulas normais para plântulas total e parte radicular de milho, quando submetidas às Doses de 0, 2, 4, 6, 8 e 10% do óleo essencial de melaleuca.

A resposta do comprimento da parte radicular às crescentes doses do insumo exibe um comportamento curvilíneo não linear, satisfatoriamente ajustado a um modelo polinomial de terceiro grau ($R^2 = 0,7616$), evidenciando a sensibilidade e a plasticidade do sistema radicular em fases iniciais de desenvolvimento. Observa-se um decréscimo progressivo no crescimento do sistema radicular a partir da testemunha (0%) até as concentrações intermediárias (2% a 4%), ponto no qual a restrição ao alongamento celular se manifesta de forma mais acentuada, sugerindo um possível deletério inicial que pode comprometer a área de absorção e a

ancoragem da plântula. No entanto, subsequentemente, nas doses de 6% a 10%, a curva demonstra uma tendência de estabilização seguida por uma sutil recuperação do sistema radicular, o que aponta para um gatilho metabólico de tolerância ou compensação fisiológica, comumente associado à redistribuição de auxinas ou ativação de defesas antioxidantes pelo estresse moderado (Minks, 2018). Esse padrão de resposta sinaliza que, embora as doses iniciais exerçam pressões inibitórias sobre a rizogênese, o sistema radicular ativa mecanismos homeostáticos adaptativos para mitigar o estresse em concentrações mais elevadas (Domene et al., 2016), justificando a representação matemática cúbica dos dados. Essa retomada no crescimento da plântula sugere que mesmo que tenha havido decréscimo no comprimento, não houve um efeito fitotóxico notável.

Assim como para o comprimento de plântulas, a massa seca de raiz, parte aérea e massa seca total de plântulas também foram afetadas pelas doses de óleo essencial de melaleuca (Figura 7).

Figura 7 - Atuação das doses em massa do lote 2.



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.
Legenda: Massa seca dada em miligramas por plântulas normais para plântulas total, parte radicular e parte aérea de milho, quando submetidas às Doses de 0, 2, 4, 6, 8 e 10% do óleo essencial de melaleuca.

A avaliação dos dados de massa seca de plântulas total revela um padrão frente ao incremento das doses do insumo, cuja tendência foi descrita por uma equação polinomial de terceiro grau com coeficiente de determinação moderado ($R^2 = 0,5322$). Constata-se uma sutil redução inicial na massa seca entre as doses de 2% e 4% em relação à testemunha (0%),

indicando um estresse fisiológico discreto que atua de forma limitante sobre os processos assimilatórios primários ou sobre a partição de reservas na plântula. No entanto, o platô observado entre as concentrações de 6% e 10%, caracterizado por oscilações tênues e manutenção dos valores próximos ao patamar de 45 a 50 mg/pl, sugere uma capacidade de homeostase e adaptação metabólica do vegetal. Esse comportamento indica que, apesar de o tratamento interferir moderadamente na dinâmica de elongação ou divisão celular em fases precoces, o ganho de massa seca não sofreu severo comprometimento, denotando baixa fitotoxicidade severa nas doses avaliadas e justificando a baixa amplitude da curva cúbica ajustada.

A avaliação do acúmulo de biomassa radicular, expressa pela massa de parte radicular, indica uma tendência de estabilidade biológica frente às doses testadas, sendo matematicamente representada por um modelo polinomial de terceiro grau com baixo coeficiente de determinação ($R^2 = 0,4314$). Nota-se uma sutil depressão no peso radicular entre as concentrações de 2% e 4% quando comparadas ao controle (0%), sugerindo uma discreta interferência inicial no metabolismo celular ou na translocação de fotoassimilados para a zona de crescimento subterrâneo. Todavia, a partir da dose de 6%, ocorre uma sutil recuperação que se estende até a dose máxima de 10%, mantendo os valores médios em um patamar constante e próximo de 35 a 40 mg/pl. Essa baixa amplitude de variação e o comportamento em platô evidenciam que o insumo aplicado, nas dosagens avaliadas, não exerce efeito fitotóxico severo capaz de comprometer a integridade e a capacidade de acúmulo de matéria do sistema radicular, demonstrando resiliência homeostática das plântulas nessa fase fenológica.

Em relação ao acúmulo de massa seca de parte aérea, os dados revelam um padrão de decréscimo sutil, embora matematicamente ajustado a um modelo polinomial de terceiro grau com elevado coeficiente de determinação ($R^2 = 0,9385$). Constata-se uma redução gradual e contínua nos valores de biomassa a partir da testemunha (0%) até a dose máxima de 10%, transitando estritamente em um patamar muito estreito próximo a 10 mg/pl. Esse comportamento denota que o incremento nas concentrações do insumo exerce uma pressão inibitória discreta, porém persistente, sobre os processos de divisão celular, expansão foliar ou translocação de reservas para os tecidos aéreos em formação. A ausência de flutuações expressivas ou de curvas acentuadas de recuperação indica que, nesta faixa de dosagens, o vegetal mantém uma estabilidade metabólica, sofrendo uma interferência marginal que, apesar de regular e estatisticamente descrita pela equação cúbica, reflete um baixo potencial de fitotoxicidade aguda para a estrutura aérea da plântula.

Analisando os dados dos dois lotes de sementes, evidencia-se que o uso do óleo de melaleuca até 10% não causa fitotoxidez nas sementes de milho. Em doses menores, entre 2 e 4%, houve incremento na germinação no lote 1 e 2, no índice de clorofila no lote 1, comprimento de parte aérea no lote 1, comprimento de plântulas no lote 2, massa seca de plântulas e parte aérea no lote 1, discreto em massa seca de parte radicular e parte aérea no lote 2. Essa melhora em doses menores é justificado pelo efeito hormese (Domene et al., 2016) (Lima; Freitas, 2016).

5 CONCLUSÕES

Não há efeito fitotóxico do óleo essencial de melaleuca à germinação e desenvolvimento inicial de plântulas de milho, quando aplicado no tratamento de sementes, até a dose de 10%.

Doses de 2 a 4% de óleo essencial de melaleuca pode agir como promotor na germinação e desempenho de plântulas de milho.

REFERÊNCIAS

ALVES, F. M. F. **Potencial fungitóxico do óleo essencial de *Melaleuca alternifolia* no controle de alternariose em sementes de feijão-caupi**. 2019. 38 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas Agroindustriais) – Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, 2019.

BHERING, L. L. Rbio: A tool for biometric and statistical analysis using the R platform. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 20, n. 4, e340420417, 2020.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para Análise de Sementes**. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA/ACS, 2025. 395 p.

CASTELO, A. V. M. *et al*. Rendimento e composição química do óleo essencial de Melaleuca alternifolia Chell, na região do Distrito Federal. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 8, n. 1, p. 143-147, 2013.

CHIARADIA, L. A.; WORDELL FILHO, J. A. Importância do tratamento de sementes no cultivo do milho. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 25, n. 2, p. 57-60, jul. 2012.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (Brasil). Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos: v. 13 – Safra 2025/26, n. 9 – **Nono levantamento**. Brasília, DF: Conab, jun. 2026. Disponível em: https://www.gov.br/conab/pt-br/atuacao/informacoes-agropecuarias/safras/safra-de-graos/boletim-da-safra-de-graos/9o-levantamento-safra-2025-26/e-book_boletim-de-safras-9o-levantamento_2026.pdf. Acesso em: jun. 2026

COORDENADORIA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA INTEGRAL (CATI). Departamento de Sementes, Mudas e Matrizes. **Milho AL Bandeirante**. [S. l.]: CATI, 2001.

DOMENE, M. P. *et al*. Efeito do tratamento com óleos essenciais sobre a qualidade fisiológica e sanitária das sementes de milho (*Zea mays*). **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 83, p. 1-6, 2016.

FERREIRA, E. B. *et al.* ExpDes: An R Package for Experimental Designs. **Applied Mathematics,** v. 4, n. 2, p. 352-358, 2013.

FONSECA, P. R. P.; FERNANDES, M. G. ; DUTRA, F.; SOUZA, T. A.; PONTIM, B. C. Á. Uso do SPAD-502 na avaliação dos teores foliares de clorofila, em híbridos de milho, (*Zea mays* L.) Bt e isogênico. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, v. 7, n. 1, p. 56-60, jan./mar. 2012.

GOMES, R. S. S. *et al*. Eficiência de óleos essenciais na qualidade sanitária e fisiológica em sementes de feijão-fava (*Phaseolus lunatus* L.). **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v. 18, n. 1, p. 279-287, 2016.

GUIMARÃES, T. G. *et al*. Efeito de Óleos Essenciais de Plantas na Germinação de Sementes de Milho (*Zea mays*, Variedade Eldorado). *In*: I CONGRESSO ONLINE INTERNACIONAL DE SEMENTES CRIOULAS E AGROBIODIVERSIDADE, 2020. **Anais [...]**. Dourados: Cadernos de Agroecologia, v. 15, n. 4, 2020.

HENDGES, C. **Atividade antifúngica, controle da pinta preta e ativação de mecanismos de defesa em tomateiro por óleos essenciais**. 2019. 70 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2019.

KRZYZANOWSKI, F. C.; FRANÇA-NETO, J. B.; GOMES-JUNIOR, F. G.; NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados em desempenho de plântulas. *In*: ABRATES. **Manual de vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 2020. cap. 2, p. 23-38.

KRZYZANOWSKI, F. C.; DIAS, D. C. F. S.; FRANÇA-NETO, J. B. **Deterioração e vigor da semente.** Londrina: Embrapa Soja, 2022. 20 p. (Circular Técnica, 191).

LIMA, A. A; FREITAS, W. L. C. Efeito alelopático do óleo essencial de Melaleuca Alternifolia cheel sobre a germinação de sementes de milho (*Zea mays* L.). *In*: VII CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA FEPI, 7., 2016, Itajubá. **Anais** . Itajubá: FEPI, 2016. p. 1-3.

MINKS, F. **Efeito da aplicação de óleos essenciais na mortalidade do gorgulho e sobre atributos da qualidade fisiológica de sementes de milho**. 2018. 73 p. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal da Fronteira Sul, Cerro Largo, 2018.

MINOLTA CAMERA Co. Ltd. Manual for Chlorophyll Meter SPAD-502. **Osaka: Minolta Radiometric Instruments Divisions**, 1989. 22 p

NEPOMOCENO, T. A. R.; PIETROBON, A. J. *Melaleuca alternifolia*: uma revisão sistemática da literatura brasileira. **Revista UNINGÁ Review**, Maringá, v. 25, n. 1, p. 12-18, 2020.

NEVES, F. O. B. C.; PINTO, L. S. R. C.; PEREIRA, M. T.; PENHA, H. G. V.; PEREIRA, I. S. Meios de cultura e efeito do óleo essencial de melaleuca no crescimento micelial de *Stemphylium sp*. **Investigación Agraria**, San Lorenzo, v. 23, n. 1, p. 57-63, 2021.

OCTAVEUS, M.; FRANZENER, G.; BONOME, L. T. S. A eficácia do óleo essencial de melaleuca (*Melaleuca alternifolia* Cheel) no controle preventivo de doenças no cultivo de feijão. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 23, n. 2, p. 304-312, 2024.

OLIVEIRA, S.; BRUNES, A.P.; LEMES, E. S.; TAVARES, L. C.; MENEGHELLO, G.E. Tratamento de sementes de arroz com silício e qualidade fisiológica das sementes. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 39, n. 2, p. 202-209, 2016.

PEREIRA FILHO, I. A.; BORGHI, E. **Sementes de milho: nova safra, novas cultivares e continua a dominância dos transgênicos**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2020. 50 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 251).

ROCHA, R. N. C.; GALVÃO, J. C. C.; TEIXEIRA, P. C.; MIRANDA, G. V.; AGNES, E. L.; PEREIRA, P. R. G.; LEITE, U. T.. Relação do índice SPAD, determinado pelo clorofilômetro, com teor de nitrogênio na folha e rendimento de grãos em três genótipos de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 4, n. 2, p. 161-171, 2005.

R CORE TEAM. **R: A Language and Environment for Statistical Computing.** Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing, 2026. Disponível em: https://www.R-project.org/. Acesso em: 15 abr. 2026.

SILVA, R. S. C. *et al*. Desempenho de Óleos Essenciais de Manjericão e Melaleuca, com Potencial Controle da Antracnose na Pós-colheita da Banana Prata. **Científica**, v. 52, p. 1-12, 2024.

SOUSA, R.; CARVALHO, M.; SILVA, M. D.; GOMES, S.; GUIMARÃES, W.; ARAÚJO, A. **Leituras de clorofila e teores de N em fases fenológicas do milho.** [S. l.], p. 57-63, 2015.

SOUZA, A. E. *et al*. Estudo da produção do milho no Brasil: regiões produtoras, exportação e perspectivas. **South American Development Society Journal**, v. 4, n. 11, p. 182-194, 2018.

VIEIRA, T. R.; LIMA, S. R.; SILVA, F. M. Constituintes químicos de *Melaleuca alternifolia* (Myrtaceae). **Química Nova**, São Paulo, v. 27, n. 4, p. 536-539, 2004.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

ABRATES - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DE SEMENTES. **Manual de vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 2020. v. 1, 126 p.

ARAÚJO, I. G. **Efeito do óleo essencial de *Melaleuca alternifolia* no controle de *Lasiodiplodia theobromae* em sementes de milho**. 2019. 45 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas Agroindustriais) – Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, 2019.

ARCE, H.; ARIAS, E. R. A.; PEREIRA, F. A. R.; SCHEEREN, B. R. Desempenho de cultivares melhoradas de milho e estimativas de impacto de adoção em pequenas propriedades rurais do Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 5, n. 1, p. 112-129, 2006. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/57686/1/Desempenho-cultivares-1.pdf. Acesso em: 16 jun. 2026.

BARROS, A. S. R.; DIAS, M. C. L. L.; CÍCERO, S. M.; KRZYZANOWSKI, F. C. Testes de Frio. *In*: KRZYZANOWSKI, F. C. *et al*. (ed.). **Vigor de Sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. cap. 6, p. 1-24.

BRITO, N. M. *et al*. Efeitos de óleos essenciais na germinação de sementes de Cereus jamacaru. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 5, n. 2, p. 207-211, 2010.

CARSON, C. F.; HAMMER, K. A.; RILEY, T. V. *Melaleuca alternifolia* (Tea Tree) oil: a review of antimicrobial and other medicinal properties. **Clinical Microbiology Reviews**, v. 19, n. 1, p. 50-62, 2006.

CICERO, S. M.; VIEIRA, R. D. Teste de frio. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA-NETO, J. B.; MARCOS-FILHO, J. (ed.) **Vigor de sementes: conceitos e testes**. 2. ed. Londrina: Abrates, 2020. p. 278-316

COITINHO, R. L. B. C. *et al*. Persistência de óleos essenciais em milho armazenado, submetido à infestação de gorgulho do milho. **Ciência Rural**, v. 40, n. 7, p. 1492-1496, 2010.

COTA, L. V. *et al*. **Helmintosporiose causada por *Exserohilum turcicum* na Cultura do Milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2013. 6 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 195).

CRUZ, I. Efeito do tratamento de sementes de milho com inseticidas sobre o rendimento de grãos. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v. 25, p. 181-189, 1996.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Cultivo do milho: sistema de produção**. 9. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2015. 453 p. (Sistemas de Produção, 1).

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Produção de sementes de milho variedade em comunidades rurais: cartilha do produtor**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 1999. 24 p. (Documentos, 21).

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema de Produção Cultivo do Milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2010. Disponível em: https://www.cnpms.embrapa.br. Acesso em: 05 mai. 2026.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Tecnologia para produção de sementes de milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 1993. 58 p. (Circular Técnica, 19).

ESALQ. Visão agrícola: milho. **Visão Agrícola**, Piracicaba, n. 13, jul./dez. 2015.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system to fixed effects split plot designs. **Revista Brasileira de Biometria,** Lavras, v. 29, n. 6, p. 739-745, 2011.

GOTARDO, M.; BITTENCOURT, S. R. M.; PEREIRA, L. M. A.; VIEIRA, R. D.; GOTARDO JUNIOR, J. R. Qualidade fisiológica de milho tratadas com diferentes inseticidas. **Revista Ceres**, v. 48, n. 278, p. 511-516, 2001. Disponível em: http://www.ceres.ufv.br/ceres/revistas/V48N278P10701.pdf. Acesso em: 25 jan. 2026.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. *In*: KRZYZANOWSKI, F. C. *et al*. (ed.). **Vigor de Sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. cap. 2, p. 1-24.

MAGALHÃES, C. R. I. *et al*. Óleos essenciais na emergência de grãos de milho. **Enciclopédia Biosfera**, v. 10, n. 19, p. 346-349, 2014.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination - aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, Madison, v. 2, n. 2, p. 176-177, 1962.

OHSE, S.; SANTOS, J. O.; MELLO, W. M.; MELO, H. F. Potencial produtivo do milho em função do tratamento de sementes com micronutrientes e inseticida. **Visão Acadêmica**, v. 20, n. 1, p. 29-47, 2019.

OLINTO, F. A.; OLIVEIRA, V. S.; NUNES, M. S.; SILVA, H. F.; PORCINO, M. M.; NASCIMENTO, L. C. Óleos essenciais no tratamento de sementes florestais nativas do semiárido brasileiro. **Revista Principia**, João Pessoa, v. 60, n. 2, p. 463-473, 2023.

STEFFEN, G. P. K. *et al*. Controle de *Sclerotinia sclerotiorum* e *Fusarium sp.* com óleo essencial de melaleuca. **Enciclopédia Biosfera**, v. 10, n. 18, p. 2970-2975, 2014.

TAVARES, S.; CANTRO, P. R. C.; RIBEIRO, R. V.; ARAMAKI, P. H. Avaliação dos efeitos fisiológicos de thiametoxan no tratamento de sementes de soja. **Revista de Agricultura**, v. 82, n. 1, p. 47-54, 2007.