



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO PIAUÍ - UESPI
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS - CCA
CURSO DE BACHARELADO EM AGRONOMIA**



PEDRO KAUAN ARAUJO DE SANTANA

**EFEITO DE ÓLEOS ESSENCIAIS NO TRATAMENTO DE SEMENTES DE
FEIJÃO-CAUPI**

TERESINA - PI

2025

PEDRO KAUAN ARAUJO DE SANTANA

EFEITO DE ÓLEOS ESSENCIAIS NO TRATAMENTO DE SEMENTES DE FEIJÃO-CAUPI

Artigo Científico apresentado ao Curso de Agronomia, do Centro de Ciências Agrárias (CCA), da Universidade Estadual do Piauí (UESPI), como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Cícero Nicolini

**TERESINA - PI
2025**

PEDRO KAUAN ARAUJO DE SANTANA

EFEITO DE ÓLEOS ESSENCIAIS NO TRATAMENTO DE SEMENTES DE FEIJÃO-CAUPI

Artigo Científico apresentado ao Curso de Agronomia, do Centro de Ciências Agrárias (CCA), da Universidade Estadual do Piauí (UESPI), como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Cícero Nicolini

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Cícero Nicolini – CCA/UESPI
Orientador(a)

Prof. Me. Ricardo Alexandre Pereira de Souza
Membro

Prof. Dr. Herbert Moraes Moreira Ramos
Membro

EFEITO DE ÓLEOS ESSENCIAIS NO TRATAMENTO DE SEMENTES DE FEIJÃO-CAUPI¹

EFFECT OF ESSENTIAL OILS ON THE TREATMENT OF COWPEA SEEDS

Pedro Kauan Araujo de Santana²
Cícero Nicolini³

Resumo: O feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) é uma leguminosa de grande importância socioeconômica e nutricional no Brasil, especialmente nas regiões Norte e Nordeste. Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de óleos essenciais no tratamento de sementes de feijão-caupi comparando sua eficácia ao tratamento químico com fungicida químico Difenoconazol. Foram testados os óleos essenciais de Capim-Limão (*Cymbopogon citratus*), Hortelã-Pimenta (*Mentha piperita*), Melaleuca (*Melaleuca alternifolia*), com doses diferentes, além de uma testemunha sem tratamento. Os parâmetros avaliados incluíram germinação, índice de velocidade de germinação, altura de plântulas, diâmetro do caule, área foliar, teor de clorofila, massa verde e massa seca. Os resultados mostraram que o tratamento com Difenoconazol apresentou melhor desempenho em termos de velocidade de germinação, acúmulo de matéria seca e crescimento em altura. Os óleos essenciais, embora tenham apresentado desempenho inferior ao fungicida, não causaram prejuízos significativos à maioria das variáveis analisadas, mantendo níveis semelhantes ao controle nas médias de área foliar, diâmetro do caule e teor de clorofila.

Palavras-chave: desempenho; *Vigna unguiculata*; tratamento químico.

Abstract: Cowpea (*Vigna unguiculata*) is a legume of great socioeconomic and nutritional importance in Brazil, especially in the North and Northeast regions. This study aimed to evaluate the effect of essential oils in the treatment of cowpea seeds by comparing their efficacy to chemical treatment with difenoconazole chemical fungicide. The essential oils of lemongrass (*Cymbopogon citratus*), peppermint (*Mentha piperita*), and tea tree (*Melaleuca alternifolia*) were tested at different doses, in addition to an untreated control. The parameters evaluated included germination, germination speed index, seedling height, stem diameter, leaf area, chlorophyll content, green mass, and dry mass. The results showed that the treatment with Difenoconazole presented better performance in terms of germination speed, dry matter accumulation, and height growth. The essential oils, although they presented inferior performance to the fungicide, did not cause significant damage to most of the variables analyzed, maintaining levels similar to the control in the measurements leaf area, stem diameter and chlorophyll content.

Keywords: performance; *Vigna unguiculata*; chemical treatment.

Artigo apresentado ao Curso de Agronomia, do Centro de Ciências Agrárias (CCA), da Universidade Estadual do Piauí (UESPI), como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro Agrônomo. Data de submissão à Universidade: 04/07/2025.

Aluno do Curso de Agronomia, do Centro de Ciências Agrárias (CCA), da Universidade Estadual do Piauí (UESPI), Teresina-PI. E-mail.

Professor(a) do Centro de Ciências Agrárias (CCA), da Universidade Estadual do Piauí – UESPI, Doutor em Fitopatologia.

1 INTRODUÇÃO

A cultura do feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) desempenha um papel histórico importante na alimentação das antigas civilizações e, atualmente, destaca-se como a leguminosa mais consumida no mundo todo. Além da sua relevância nutricional como fonte de proteína vegetal, sendo um dos principais componentes da cesta básica no Brasil. O cultivo do feijão representa um caminho viável para exploração agrícola, principalmente em propriedades de pequeno porte com o uso prioritariamente da mão de obra menos especializada (Fuscaldi; Prado, 2005).

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) é amplamente cultivado por países como Nigéria, Níger, Burkina Faso, Mianmar, Tanzânia e Brasil, que lideram a produção mundial. No Brasil, destaca-se nas regiões Norte e Nordeste, com grande importância para a segurança alimentar e a agricultura familiar. Para a safra 2024/2025, a produção nacional é estimada em 624,2 mil toneladas, com boa parte dessa produção advindo do Nordeste. Esses dados evidenciam sua relevância econômica e a necessidade de práticas sustentáveis para elevar a produtividade.

Apesar de sua adaptabilidade a condições adversas, como altas temperaturas e baixa disponibilidade hídrica, o feijão-caupi apresenta limitações quanto à qualidade fisiológica das sementes, que podem comprometer a germinação, o estande de plantas e a produtividade final (Marcos Filho, 2015).

O tratamento de sementes visa solucionar esses problemas, atuando na proteção contra patógenos e favorecendo o desenvolvimento inicial e final das plantas. Tradicionalmente, essa prática é realizada com produtos químicos sintéticos. No entanto, o uso intensivo desses produtos gera preocupações ambientais e riscos à saúde humana, impulsionando pesquisas voltadas ao desenvolvimento de alternativas mais sustentáveis e seguras.

Os óleos essenciais são compostos naturais extraídos de plantas, que possuem propriedades antifúngicas, antibacterianas e repelentes (Oliveira *et al.*, 2021). Diversos estudos demonstram seu potencial no tratamento de sementes de diferentes culturas, inclusive leguminosas, inibindo patógenos sem causar impactos ambientais e toxicológicos associados aos insumos sintéticos (Passos *et al.*, 2020). Assim, representam uma abordagem promissora no manejo sustentável de sementes, alinhada aos princípios da agricultura de base ecológica.

Dante desse contexto, este trabalho tem como objetivo avaliar o efeito do uso de óleos essenciais no tratamento de sementes de feijão-caupi, analisando os impactos na qualidade fisiológica, germinação, vigor e desenvolvimento inicial das plantas.

2 FEIJÃO-CAUPI

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) historicamente tem ocupado um papel fundamental na alimentação de diversas civilizações antigas e, na atualidade, é reconhecido como a leguminosa mais consumida globalmente (Salvador, 2018). A cultura do feijão possui grande importância socioeconômica e alimentar em nível mundial, sendo uma das principais fontes de proteína vegetal consumidas pela população. De acordo com dados da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (FAO), os principais produtores de feijão-caupi são Nigéria, Níger, Burkina Faso, Mianmar, Tanzânia e Brasil, que juntos representam uma parcela significativa da produção global dessa leguminosa.

No Brasil, o feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) se destaca pela expressiva produção estimada em 624,2 mil toneladas na safra 2024/2025, conforme dados da

CONAB. A Região Nordeste tem papel predominante, concentrando aproximadamente 163 mil toneladas apenas na primeira safra, o que corresponde a cerca de 26,11% da produção nacional desse período. Esses números ressaltam a relevância econômica e social da cultura, essencial para a segurança alimentar das populações nordestinas e como fonte de renda para pequenos e médios produtores. Diante desse cenário, torna-se fundamental investir em práticas agrícolas sustentáveis que contribuam para o aumento da produtividade e a preservação ambiental.

Nesse cenário, destaca-se o uso de óleos essenciais como uma alternativa promissora no tratamento de sementes de feijão-caipi (*Vigna unguiculata*), especialmente por seus efeitos positivos na germinação e no desenvolvimento inicial das plântulas. Estudos indicam que compostos bioativos presentes nos óleos, como terpenos e fenóis, podem acelerar a emergência das sementes e promover maior vigor das plantas, otimizando o estabelecimento da lavoura (Santos *et al.*, 2023). Tais efeitos estão associados à ativação de processos fisiológicos, como a permeabilidade das membranas e a atividade enzimática, que favorecem a absorção de água e o metabolismo inicial da semente (Melo *et al.*, 2021; Alves *et al.*, 2022).

Ao observar a literatura, é possível classificar os tratamentos de sementes em três categorias distintas: físicos, químicos e biológicos. Segundo Menten (1995), num sentido mais abrangente, essa prática consiste na utilização de diferentes técnicas e substâncias nas sementes, com o propósito de conservar e aumentar a produtividade das plantas. Ao analisar num olhar mais fechado e tradicional, o tratamento de sementes tem como objetivo principal o controle de patógenos que possam comprometer o desenvolvimento da cultura e reduzir a produtividade.

O tratamento de sementes com fungicidas é um padrão permanente no controle de doenças, tendo como fundamentos centrais a proteção da semente e consequentemente a da plântula contra o ataque de patógenos durante o processo de germinação e emergência. Todavia, para algumas culturas, como a do feijão-caipi, os produtores encontram uma limitação quanto a disponibilidade de fungicidas registrados para essa finalidade, o que tem levado a busca por alternativas que tenham eficiência e que sejam seguras para o meio ambiente.

De acordo com Pacheco e Vasconcelos (2013), o tratamento de sementes muitas vezes por ser realizado na propriedade e sobre responsabilidade do próprio produtor, pode oferecer risco consideráveis a saúde humana e ao meio ambiente, devido à presença de substâncias tóxicas contidas nos produtos utilizados. Diante disso, tratamentos alternativos têm sido buscados, principalmente aqueles de origem de extratos vegetais, controle biológico e tratamento físico. A utilização de substâncias naturais extraídas de plantas aparece como um meio de controle de patógenos presentes nas sementes, levando a produtor a redução de custos a diminuição dos impactos ambientais decorrentes do uso de insumos químicos para tratar as sementes (Coutinho *et al.*, 1999).

3 ÓLEOS ESSENCIAIS

Os óleos essenciais têm sido largamente estudados por suas propriedades medicinais e terapêuticas, sendo utilizados em diferentes áreas, como na agricultura, na saúde e na indústria cosmética. Silva (2013), relata que os óleos essenciais exibem características como: alta volatilidade e baixa estabilidade em condições de altas temperaturas, por conterem moléculas de baixo peso molecular e destacarem-se em classes químicas distintas.

Devido a essas características, os óleos essenciais representam uns desafios

importantes para sua aplicação, especialmente em formulações voltadas para o tratamento de sementes. Mas, segundo Siddiqui *et al.*, (2017) apud Nascimento et al., (2021) essas substâncias apresentam um potencial para constituir uma nova classe de defensivos agrícolas, sendo considerados mais seguros ao meio ambiente e elevada capacidade de biodegradação.

Os óleos essenciais são produzidos e armazenados em estruturas secretoras encontradas em diversas partes da planta, tanto externas quanto internas, como sementes, cascas, caules, raízes, flores e frutos. Por exemplo, óleos essenciais podem ser encontrados em sementes (como noz moscada), cascas (como pau-rosa), caules (como canela), raízes (como gengibre), flores (como rosas e jasmim) e frutos (como laranja, limão e erva-doce). A composição química dos óleos essenciais é altamente complexa, e um único óleo pode conter de 20 a 200 componentes diferentes (Cunha *et al.*, 2012; Heinzmann *et al.*, 2016).

Definidos como metabólitos secundários, os óleos essenciais são produzidos pelas plantas, apresentando uma complexa mistura de componentes em concentrações variadas, que geralmente incluem terpenoides, monoterpenos e sesquiterpenos, embora diterpenos também possam estar presentes. Esses metabólitos secundários podem inibir ou retardar o crescimento de microrganismos, conforme (Mota; Turrini; Poveda, 2015; Swamy; Akhtar; Sinniah, 2016).

A composição dos óleos essenciais é principalmente constituída por terpenos e seus derivados, que são compostos por carbono e hidrogênio (hidrocarbonetos). De acordo com Felipe; Bicas, 2017, quando ocorre a adição de um átomo de oxigênio à cadeia, esses compostos são classificados como terpenoides e exibem uma variedade de funções químicas, incluindo ácidos, álcoois, aldeídos, cetonas, éteres, fenóis ou epóxidos terpênicos.

Para Maciel *et al.*, (2002) a composição química de óleos essenciais depende do clima, da estação do ano, das condições geográficas, do período de colheita e da técnica de destilação. Estudos desenvolvidos por Gonçalves, Mattos e Moraes (2009) indicam as vantagens em usar óleos essenciais na agricultura devido a sua ação antimicrobiana, por ser uma alternativa de manejo que não polui o ambiente, fornecendo novos princípios ativos, além de evitar o aparecimento de resistência de patógenos.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Núcleo de Biotecnologia e Biodiversidade da Universidade Estadual do Piauí - UESPI, Teresina – PI, longitude 5°4'30"S e latitude 42°48'22". De acordo com a classificação de Koppen, o clima da região é do tipo Aw' com duas estações distintas: seca, de junho a novembro e chuvosa, de dezembro a maio. As chuvas se concentram entre os meses de janeiro a abril, com precipitação pluviométrica média anual de 1.335,4 mm, temperatura média do ar de 28,2 °C e umidade relativa média do ar de 69,3% e insolação de 7,8 horas dia-1 (Bastos; Andrade Júnior, 2023).

As sementes da cultivar BR 17 Gurguéia, escolhida para a realização do trabalho, foram adquiridas no município de Teresina – PI.

Foi realizado o teste de germinação, a fim de se avaliar a qualidade fisiológica, teor de matéria seca e verde, altura das plantas, teor de clorofila, área foliar e diâmetro do caule de plântulas da cultivar BR 17 Gurguéia tratadas com óleos essenciais e fungicida químico.

A pesquisa comparou o tratamento convencional de sementes, tratadas

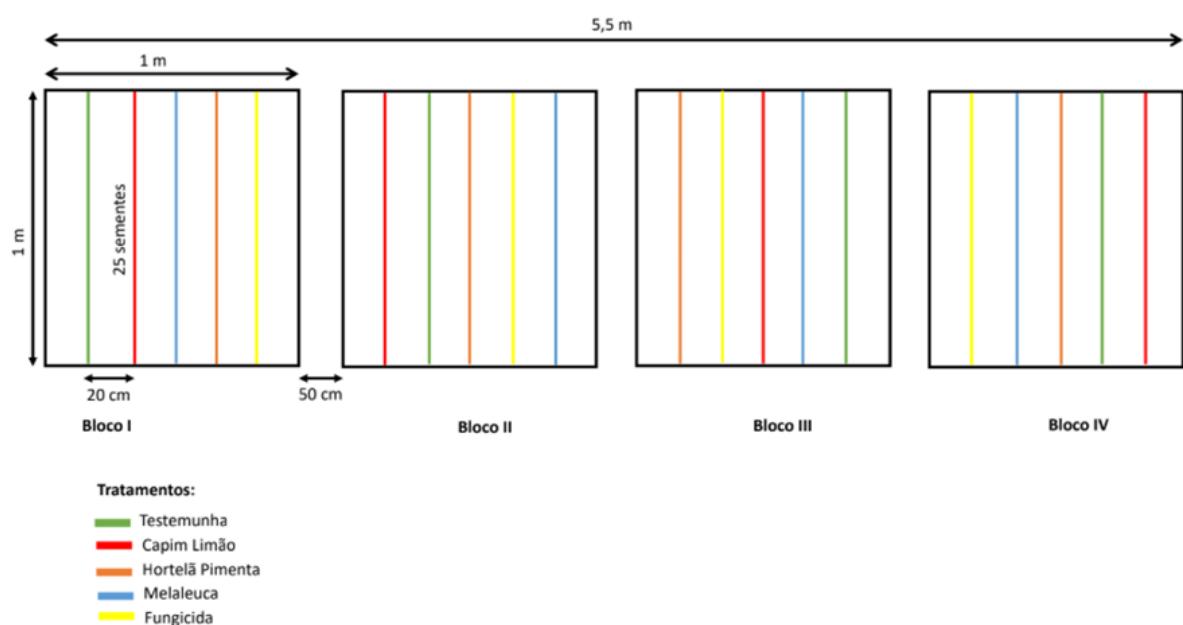
tradicionalmente na agricultura com produtos químicos, com uma abordagem alternativa usando óleos essenciais.

Os tratamentos fundamentaram-se em:

- T1 – Testemunha (sem tratamento);
- T2 - Óleo essencial de Capim limão (*Cymbopogon citratus*); (2 ml/kg)
- T3 – Óleo essencial de Hortelã pimenta (*Mentha piperita*); (4 ml/kg)
- T4 – Óleo essencial de Melaleuca (*Melaleuca alternifolia*); (10 ml/kg)
- T5 – Fungicida Difenoconazol (SCORE®). (50 mg/kg)

O esquema experimental está representado no croqui a seguir (Figura 1).

Figura 1 - Representação esquemática do delineamento experimental em blocos casualizados, com cinco tratamentos e quatro repetições, totalizando 20 parcelas



O fungicida Difenoconazol (Score) possui composição de cis-trans-3-chloro-4-[4-methyl-2-(1H-1,2,4-triazol-1-ylmethyl)-1,3-dioxolan-2-yl]phenyl 4-chlorophenyl ether (Difenoconazol), 250 g/L (25,0% m/v) Solvent Naphta (petroleum), heavy arom. (Nafta de Petróleo) 484 g/L (48,4% m/v) e outros ingredientes 760 g/L (76,0% m/v), como ingredientes ativo, enquadrando-se no grupo químico triazóis e nafta de petróleo. Apresenta registro no Ministério da Agricultura número 2894, pertencente à classe agronômica “fungicida”, com classificação toxicológica categoria 5 - produto improvável de causar dano agudo e o potencial de periculosidade ambiental: classe II – produto muito perigoso ao meio ambiente. Sua corrosividade é classificada como

“Não corrosivo” e inflamabilidade como “Inflamável”. É fabricado como Suspensão Concentrada (EC) e modo de ação Fungicida Sistêmico (Agrolink, 2025).

Os óleos essenciais utilizados da marca ViaAroma, foram adquiridos com recursos próprios, na cidade de Teresina-PI, onde apresentavam pureza de 100%. O frasco continha um total de 10ml do produto.

Primeiramente, na montagem do teste, as sementes de feijão-caupi foram selecionadas, contadas, pesadas e receberam os respectivos tratamentos no laboratório do Núcleo de Biotecnologia e Biodiversidade – NPBIO – UESPI, realizados manualmente com auxílio de uma pipeta graduada e copos descartáveis, onde foram corretamente misturadas com uma vareta pequena de vidro para receberem a mesma quantidade da solução. As doses dos óleos essenciais foram de 10 ml/kg de Melaleuca, 4 ml/kg Hortelã Pimenta, 2 ml/kg de Capim Limão. Para a utilização do fungicida Difenoconazol, em tratamento de sementes, foram seguidas as recomendações da bula do produto comercial, dose de 50 mg/kg de sementes.

O experimento foi conduzido em campo, sob delineamento em blocos casualizado, com 5 repetições, em parcelas de 5 linhas de 1 m, com 25 sementes por metro e espaçamento entre linha de 20 cm. A área total do experimento utilizada foi de 5,5 m², localizada na horta do Campus Poeta Torquato Neto, município de Teresina – PI.

Os efeitos dos tratamentos foram avaliados por meio das seguintes avaliações:

Germinação: foram utilizadas cinco repetições com cinco subamostras de 25 sementes para cada tratamento. As sementes foram semeadas no solo, com espaçamento entre sementes de 4 cm, profundidade de 3 cm, feito de forma manual com ajuda de uma ferramenta caseira de madeira com as devidas medições. A contagem de plântulas emergidas e normais foi realizada no terceiro e sexto dia após a instalação do teste e os resultados expressos em porcentagem. Para a determinação do índice de velocidade de germinação (IVG), foi utilizada a fórmula proposta por Maguire (1962), descrita a seguir:

$$\text{IVG} = (G_1/N_1) + (G_2/N_2) + \dots + (G_n/N_n)$$

em que:

G_1, G_2, \dots, G_n = número de plântulas normais contadas em cada dia;

N_1, N_2, \dots, N_n = número de dias desde a semeadura até cada contagem.

Área foliar: A área foliar do feijão-caupi foi determinada por meio do aplicativo Easy Leaf Area, que estima esse parâmetro com base em imagens digitais, diferenciando as cores da folha e do fundo. Foram analisadas cinco folhas completamente expandidas de cinco plantas aleatórias por tratamento, todas no estádio fenológico correspondente ao desenvolvimento do primeiro par de folhas. As folhas foram fotografadas utilizando a câmera de um celular modelo Samsung M52, posicionado em um suporte com altura de 23 cm, garantindo o enquadramento adequado (Figura 2). Para a calibração do aplicativo, foi utilizada uma área de referência que corresponde a um quadrado vermelho com dimensões de 1,0 x 1,0 cm posicionado ao lado da folha durante a captura da imagem. O aplicativo reconhece essa área de calibração e calcula a proporção entre pixels e centímetros quadrados, garantindo a precisão das medições. Após o processamento das imagens, o aplicativo forneceu as estimativas da área foliar em cm².

Figura 2: Folhas de feijão-caupi utilizadas para a medição da área foliar



Diâmetro do caule: para a determinação do diâmetro do caule do feijão-caupi, foi utilizado um paquímetro digital da marca nove 54 o que garantiu medições precisas. As aferições foram realizadas na região do terço médio do caule da planta, em uma altura padronizada em relação ao solo em todas as plantas amostradas, assegurando uniformidade na coleta dos dados. As medições foram feitas 10 dias após o plantio, quando as plantas apresentavam estádio fenológico do primeiro par de folha completamente expandido permitindo avaliar o crescimento inicial das plantas (Figura 3). Foram escolhidas 5 plantas de forma aleatória de cada um dos tratamentos, totalizando 25 plantas analisadas. Os valores obtidos foram expressos em milímetros (mm) e utilizados para análise de comparação entre os tratamentos avaliados.

Figura 2: Medição do diâmetro do caule de plântulas de feijão-caupi utilizando paquímetro digital



Teor de matéria verde e seca: a avaliação do teor de matéria verde e seca do feijão, as plantas foram coletadas, colocadas em sacos de papel e devidamente identificados, após isso foram pesadas com ajuda de uma balança de precisão para obtenção do peso de massa verde (Figura 4). Em seguida, o material foi submetido à secagem em estufa a uma temperatura aproximada de 75 °C por 48 horas até atingir peso constante. Após a secagem, foi realizada a pesagem da matéria seca (Figura 5). Foram analisadas cinco folhas completamente expandidas de cinco plantas aleatórias por tratamento, todas no estádio fenológico correspondente ao desenvolvimento do primeiro par de folhas. No total foram analisadas 25 plantas por bloco experimental. Tanto a massa verde quanto a massa seca foram expressas em gramas (g).

Figura 4: Pesagem da matéria verde e seca das plântulas de feijão-caupi em balança de precisão



Figura 5: Pesagem da matéria verde e seca das plântulas de feijão-caupi em balança de precisão



Teor de clorofila: a quantificação do teor de clorofila nas folhas do feijão-caupi foi realizada por meio de um clorofilômetro portátil, que permite medições não destrutivas. Para isso, foi utilizado o aparelho clorofiLOG, modelo digital desenvolvido para mensurar de forma rápida e precisa os níveis de clorofila total nas folhas, sem causar danos às plantas. As leituras foram efetuadas no horário da manhã, em folhas completamente expandidas, na região mediana do limbo foliar, garantindo padronização nas medidas e precisão dos dados (Figura 6). Foram analisadas cinco folhas completamente expandidas de cinco plantas aleatórias por tratamento, todas no estádio fenológico correspondente ao desenvolvimento do primeiro par de folhas. No total foram analisadas 25 plantas por bloco experimental. O equipamento forneceu os valores do índice de clorofila de forma instantânea, os quais foram utilizados para análise comparativas entre os diferentes tratamentos.

Figura 6: Medição do teor de clorofila em plântulas de feijão-caupi utilizando clorofilômetro portátil



Altura de plântula: o comprimento da parte aérea das plântulas de feijão-caupi foi determinado do quarto ao oitavo dia após a semeadura. A medição foi realizada com o auxílio de uma trena milimetrada, posicionada da base do caule (colo da planta) até o ápice da folha mais desenvolvida (Figura 7). Para garantir precisão e uniformidade na coleta dos dados, cada plântula foi medida individualmente, utilizando o mesmo critério de início e término da medição. Foram analisadas cinco folhas completamente expandidas de cinco plantas aleatórias por tratamento, todas no estádio fenológico correspondente ao desenvolvimento do primeiro par de folhas. No total foram analisadas 25 plantas por bloco experimental. Os dados obtidos foram registrados em centímetros e posteriormente utilizados para o cálculo da taxa média de crescimento em altura (TCA) de cada tratamento.

Figura 7: Medição da altura de plântulas de feijão-caupi utilizando uma trena



A análise dos dados foi realizada utilizando o software Statistix para análise de variância se separação de médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção, são apresentados e interpretados os resultados obtidos a partir da avaliação das variáveis analisadas no experimento. As comparações entre os tratamentos foram realizadas com base em dados estatísticos e na literatura científica, buscando compreender os efeitos dos óleos essenciais e do fungicida no desenvolvimento inicial do feijão-caupi.

5.1 Índice de velocidade de germinação (IVG) e germinação (%)

A (Tabela 1) apresenta os dados referentes ao Índice de Velocidade de Germinação (IVG) e à porcentagem de germinação dos tratamentos avaliados.

Tabela 1 - Índice de velocidade de germinação obtido nos tratamentos de semente de feijão-caupi BR17 Gurguéia

Tratamentos	IVG*	Germinação (%)*
Difenoconazol	15,818 a	96 a
Testemunha	13,633 ab	96 a
Capim limão	12,145 b	87 ab
Hortelã pimenta	11,545 b	83 ab
Melaleuca	11,320 b	78 b
	C.V.(%) = 11,66	C.V.(%) = 7,93

Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($p=0,05$).

O Difenoconazol apresentou o maior IVG (15,818), seguido pela a testemunha (13,633), ambos estatisticamente superiores aos tratamentos com óleos essenciais. A menor velocidade de germinação foi observada no tratamento com Melaleuca (11,320). Em relação a porcentagem de germinação, Difenoconazol e testemunha mantiveram os maiores valores (96%), enquanto Melaleuca apresentou o menor (78%).

Esses dados sugerem que o tratamento químico favorece uma germinação mais rápida e eficiente, enquanto os óleos essenciais podem apresentar efeitos inibitórios. O efeito dos óleos essenciais sobre a germinação das sementes está diretamente relacionado ao tipo de óleo e à concentração utilizada. De acordo com Hillen et al. (2012), diferentes óleos podem apresentar comportamentos distintos, variando de estímulo até inibição da germinação. Isso ocorre porque os constituintes dos óleos essenciais são metabólitos secundários das plantas, os quais, em altas concentrações, podem exercer efeitos alelopáticos, prejudicando o crescimento e a emissão da radícula. Esses compostos atuam interferindo em processos fisiológicos essenciais, como a divisão celular, a permeabilidade das membranas e a ativação de enzimas (Piña-Rodrigues; Lopes, 2001).

5.2 DIÂMETRO DO CAULE

Em relação ao diâmetro do caule das plantas de feijão-caupi tratadas com óleos essenciais e fungicida, observou-se que não houve diferença estatística significativa entre os tratamentos avaliados, conforme a (Tabela 2).

Tabela 2. Diâmetro do caule das plântulas oriundas dos tratamentos de sementes de feijão-caupi BR17 Gurguéia

Tratamentos	Diâmentro do caule (mm)*
Testemunha	2,050 a
Capim limão	1,990 a
Hortelã pimenta	1,945 a
Melaleuca	1,915 a
Difenoconazol	1,780 a
C.V.(%) = 14,44	

Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($p=0,05$).

O maior valor médio foi registrado na Testemunha (2,050 mm), seguida pelos tratamentos com Capim-Limão (1,990 mm), Hortelã-Pimenta (1,780 mm), Melaleuca (1,915 mm) e, por fim, o tratamento com o fungicida Difenoconazol (1,780 mm). Apesar da variação numérica, todos os tratamentos foram agrupados na mesma letra, indicando ausência de diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade.

Resultados semelhantes foram encontrados por (Silva et al. 2020), os quais também não observaram nos tratamentos com óleos essenciais efeito significativo sobre o diâmetro do caule em leguminosas, sugerindo que esse parâmetro pode ser menos sensível às variações proporcionadas pelos compostos bioativos presentes nos óleos.

5.3 TAXA DE CRESCIMENTO EM ALTURA (TCA)

A varável taxa de crescimento em altura (TCA) revelou diferenças significativas entre os tratamentos. O Difenoconazol promoveu o maior crescimento (2,006 cm), sendo estatisticamente superior aos óleos essenciais de Capim-Limão (1,537 cm) e Melaleuca (1,481 cm), como apresentado na (Tabela 3).

Tabela 3. Taxa de crescimento em altura (TCA) obtida nos tratamentos de sementes de feijão-caupi BR17 Gurguéia

Tratamentos	Taxa de crescimento em altura TCA(cm)/dia
Difenoconazol	2,0062 a
Hortelã pimenta	1,8688 ab
Testemunha	1,7313 ab
Capim limão	1,5375 b
Melaleuca	1,4812 b
C.V.(%) = 10,54	

Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($p=0,05$).

A maior TCA observada com o fungicida pode estar diretamente relacionada ao melhor desempenho germinativo, resultando em plântulas mais vigorosas e com maior capacidade de elongação celular.

Esses dados indicam que o tratamento químico favoreceu o desenvolvimento em altura da parte aérea das plântulas, o que pode ser atribuído à sua eficácia no controle de patógenos, proporcionando melhores condições fisiológicas para o crescimento inicial. Por outro lado, os tratamentos com óleos essenciais, especialmente Melaleuca e Capim-limão, resultaram nas menores taxas de crescimento, o que pode estar relacionado à presença de compostos com potencial alelopático ou fitotóxico, que interferem na divisão celular ou no metabolismo hormonal das plântulas. Segundo Costa *et al.* (2022), a presença de compostos bioativos em óleos essenciais pode afetar o balanço hormonal das plantas, retardando seu desenvolvimento dependendo da dose empregada no tratamento.

Resultados semelhantes foram observados por Olinto *et al.* (2023) ao avaliarem o efeito de óleos essenciais no crescimento de plântulas de espécies florestais do semiárido. Segundo os autores, em sementes de Jurema-Branca tratadas com óleo de Olíbano, observou-se maior crescimento da parte aérea em comparação ao fungicida e à testemunha, enquanto o óleo de cravo provocou redução no crescimento em ipê-rosa, indicando que os efeitos variam conforme o tipo de óleo e a espécie vegetal.

Essas observações corroboram os resultados do presente estudo, reforçando que a resposta dos tratamentos naturais no crescimento em altura depende da composição dos óleos e da sensibilidade da cultura-alvo. Enquanto alguns extratos podem promover estímulo, outros podem reduzir o crescimento, especialmente quando usados em concentrações elevadas ou em sementes mais sensíveis.

5.4 ÁREA FOLIAR

Os dados de área foliar não apresentaram diferença estatística significativa entre os tratamentos, com valores variando entre 19,892 cm² (Capim-Limão) e 22,405 cm² (Difenoconazol), como mostra a (Tabela 4).

Tabela 4. Área foliar das plântulas obtida dos tratamentos de sementes de feijão-caupi BR17 Gurguéia

Tratamentos	Área foliar (cm ²)
Difenoconazol	22,405 a
Melaleuca	20,843 a
Hortelã pimenta	20,698 a
Testemunha	20,665 a
Capim limão	19,892 a
	C.V.(%) = 6,74

Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey (p=0,05).

Todos os tratamentos foram estatisticamente iguais, indicando que nenhum dos produtos utilizados, sejam óleos essenciais ou tratamento químico, afetou negativamente o desenvolvimento foliar das plantas. A manutenção de uma área foliar semelhante entre os tratamentos é um indicativo de que os óleos essenciais não prejudicaram a expansão das folhas, o que é importante para a capacidade fotossintética da planta. Ainda que o Difenoconazol tenha apresentado numericamente o maior valor, os tratamentos naturais demonstraram potencial em preservar a fisiologia da planta. Conforme destaca Silva *et al.*, (2020), a área foliar está diretamente relacionada à intercepção de luz e à produção de biomassa, e o seu equilíbrio é essencial para o desempenho inicial das culturas.

5.5 ÍNDICE DE CLOROFILA

No presente estudo, os tratamentos com óleos essenciais e o fungicida químico Difenoconazol não apresentaram diferenças estatísticas significativas quanto ao índice de clorofila das plântulas de feijão-caupi (Tabela 5). Esses resultados indicam que, nas concentrações utilizadas, os produtos não afetaram negativamente a quantidade de pigmentos fotossintéticos das folhas.

Tabela 5. Teor de clorofila obtido nos tratamentos de sementes de feijão-caupi BR17 Gurguéia

Tratamentos	Índice de clorofila
Capim limão	36,500 a
Hortelã pimenta	36,225 a
Melaleuca	36,225 a
Testemunha	35,200 a
Difenoconazol	34,825 a
	C.V.(%) = 3,26

Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey (p=0,05).

Resultados semelhantes foram obtidos por Bigaton *et al.* (2013), que avaliaram o efeito de óleos essenciais de *Schinus terebinthifolius* e *Trichilia silvatica* na cultura da soja. Os autores verificaram que, mesmo sob pulverização foliar com óleos vegetais a 1%, não houve diferença estatística no índice de clorofila quando comparados aos tratamentos controle, sugerindo que os compostos naturais não interferiram na integridade dos pigmentos fotossintéticos. No entanto, observaram sintomas de fitotoxicidade em algumas combinações, o que reforça a importância da

concentração e da forma de aplicação.

Assim, os resultados obtidos neste trabalho reforçam que óleos essenciais podem ser utilizados sem prejuízo direto ao teor de clorofila, desde que aplicados de maneira prudente, tornando-se uma alternativa viável aos tratamentos químicos convencionais, especialmente em sistemas de manejo sustentável.

Estudos anteriores demonstraram que o índice de clorofila é um indicador sensível do estado nutricional das plantas, especialmente referente ao sulfato de ferro e outros elementos essenciais para a síntese de pigmentos fotossintéticos (Silva et al., 2018; Souza et al., 2020). Além disso, a variabilidade observada pelo C.V de 3,26%, sugere uma boa consistência nos dados obtidos, indicando que os tratamentos tiveram efeitos relativamente estáveis sobre o conteúdo de clorofila nas plantas (Pereira; Lima, 2019). Esses resultados corroboram com estudos que atribuem ao tratamento com determinados hormônios ou nutrientes a potencialização do conteúdo de clorofila, refletindo em maior eficiência fotossintética e, consequentemente, em maior crescimento e produtividade (Martins et al., 2021). Assim, a caracterização do índice de clorofila torna-se fundamental para avaliar o impacto de diferentes práticas culturais ou tratamentos fitossanitários na qualidade fisiológica das culturas (Gonçalves et al., 2017).

5.6 MASSA VERDE E MASSA SECA

A análise da massa seca e massa fresca das plantas nos diferentes tratamentos revelou variações significativas, refletindo o impacto dos fatores avaliados na biometria das plantas (Tabela 6).

Tabela 6. Massa verde e massa seca obtido nos tratamentos de sementes de feijão-caupi BR17 Gurguéia

Tratamentos	Massa seca (g)	Tratamentos	Massa Fresca (g)
Difenoconazol	2,6250 a	Difenoconazol	17,950 a
Testemunha	2,4500 ab	Testemunha	17,250 ab
Hortelã pimenta	2,3500 bc	Hortelã pimenta	15,875 ab
Capim limão	2,2250 c	Melaleuca	15,275 ab
Melaleuca	2,2000 c	Capim limão	15,000 b
C.V.(%) = 3,63		C.V.(%) = 7,93	

Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($p=0,05$).

O tratamento com Difenoconazol obteve o maior acúmulo de matéria seca (2,6250 g), sendo estatisticamente superior aos demais. A testemunha (2,6250 g) e o tratamento com hortelã-pimenta (2,3500 g) apresentaram resultados intermediários. Os menores valores foram observados com capim-limão (2,2250 g) e Melaleuca (2,200 g), estatisticamente inferiores ao controle químico. Para a variável massa fresca, os maiores valores também foram observados no tratamento com Difenoconazol (17,950 g), seguido da testemunha (17,250 g), sem diferença estatística significativa entre eles. Hortelã pimenta (15,875 g) e Melaleuca (15,275 g) apresentaram valores intermediários, enquanto capim limão obteve a menor média (15,000 g), sendo estatisticamente inferior ao Difenoconazol. Tais resultados sugerem que, apesar de o uso de óleos essenciais como bioinsumos representar uma alternativa viável ao controle químico, o seu efeito sobre o acúmulo de biomassa vegetal pode ser dependente da espécie e da concentração utilizada.

Estudos conduzidos por Steffen et al. (2010) com óleo essencial de *Eucalyptus grandis* mostraram que a aplicação em concentrações de 30 e 40 $\mu\text{L L}^{-1}$ promoveu aumento significativo na massa seca e verde da parte aérea de mudas de eucalipto, evidenciando o potencial bioestimulante desses compostos quando aplicados de forma equilibrada. No entanto, os autores também destacam que, em altas concentrações (60 $\mu\text{L L}^{-1}$), o óleo passou a exercer efeito inibitório, reduzindo o crescimento das plantas.

Assim, os resultados do presente trabalho reforçam que o uso de óleos essenciais no tratamento de sementes pode influenciar o crescimento inicial das plântulas de forma, sendo de fundamental importância o ajuste da dose e a escolha de forma correta da espécie vegetal para evitar efeitos antagônicos sobre a formação de biomassa.

6 CONCLUSÃO

O tratamento químico de sementes com o fungicida Difenoconazol apresentou melhor desempenho nas variáveis de germinação, crescimento e acúmulo de biomassa das plântulas de feijão-caupi. Entre os óleos essenciais, o de hortelã-pimenta mostrou resultados mais satisfatórios. Todos os tratamentos preservaram características fisiológicas como diâmetro do caule, área foliar e teor de clorofila, indicando que os óleos essenciais têm o potencial de uso como alternativa ao controle químico, desde que aplicados com critérios adequados, como dose, concentração e nível de sensibilidade da planta.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BIGATON, D.; BACCHI, L. M. A.; FORMAGIO, A. S. N.; GAVASSONI, W. L.; ZANELLA, C. S. Avaliação da atividade fungicida de extratos e óleos essenciais sobre ferrugem asiática da soja. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 44, n. 4, p. 757-763, out./dez. 2013.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos – Safra 2024/2025: 1º levantamento**. Brasília: Conab, 2025. Disponível em: <https://www.conab.gov.br>. Acesso em: 10 jun. 2025.
- EMBRAPA. **Feijão-caupi: produção e importância econômica no Brasil**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2020. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1123645>. Acesso em: 10 jun. 2025.
- FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **FAOSTAT – Crops and livestock products: cowpeas, dry**. Rome: FAO, 2023. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>. Acesso em: 10 jun. 2025.
- FUSCALDI, K. C.; PRADO, G. R. Análise econômica da cultura do feijão. **Revista de Política Agrícola**. Ano XIV, n. 1, 2005.
- GONÇALVES, G. G.; MATTOS, L. P. V.; MORAIS, L. A. S. Óleos essenciais e extratos vegetais no controle de fitopatógenos de grãos de soja. **Horticultura Brasileira**, v. 27, p. S102–S107, 2009.
- MAGUIRE, J. D. Speed of germination—aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, v. 2, n. 2, p. 176–177, 1962.
- MARCOS FILHO, Júlio. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Londrina: Abrates. . Acesso em: 23 maio 2025.
- NASCIMENTO, D. M. do; RIBEIRO-JUNIOR, M. R.; SANTOS, P. L.; PEREIRA, A. E.; KRONKA, A. Z. **Óleos essenciais no tratamento de sementes. Revisão Anual de Patologia de Plantas**, v. 27, p. 77–90, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.31976/0104-038321v270004>.
- OLINTO, F. A.; OLIVEIRA, V. de S.; NUNES, M. S.; SILVA, H. F. da; PORCINO, M. M.; NASCIMENTO, L. C. do. Óleos essenciais no tratamento de sementes florestais nativas do semiárido brasileiro. **Revista Principia**, [S. I.], v. 60, n. 2, p. 610–633, 2023. DOI: 10.18265/1517-0306a2021id6299.
- OLINTO, F. A.; NUNES, M. S.; SILVA, L. G. da; SILVA, H. F. da; NASCIMENTO, L. C. do. Óleos essenciais sobre a qualidade de sementes de leucena. **Revista Principia**, [S. I.], v. 1, n. 54, p. 9–19, 2021. DOI: 10.18265/1517-0306a2021v1n54p9-19.
- SANTOS, A. R. B. **Ação de óleos essenciais no controle de Sclerotium rolfsii Sacc. em feijão-caupi**. 2019. 102 f. Tese (Doutorado em Fitopatologia) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2019.

SANTOS, A. R. B.; SILVA, P. H. S.; SOBRINHO, C. A. Eficiência in vitro de óleos essenciais no tratamento de sementes de feijão-caupi contra *Sclerotium rolfsii* Sacc. In: **JORNADA CIENTÍFICA DA EMBRAPA MEIO-NORTE, 4., 2018**, Teresina. Anais eletrônicos... Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2018. p. 37.

SANTOS, G. M.; OLIVEIRA, L. A.; FERREIRA, T. L. Aplicação de óleos essenciais no tratamento de sementes de feijão-caupi (*Vigna unguiculata*): efeitos sobre a germinação e o desenvolvimento inicial. **Cadernos de Agroecologia**, Seropédica, v. 18, n. 1, p. 1–8, 2023.

SANTOS, L. R. C. dos; BEZERRA, R. L. S.; LOPES, A. da S.; OLIVEIRA, J. R. de; ANDRADE JÚNIOR, A. S. de; BASTOS, E. A. **Crescimento e produtividade de grãos do feijão-caupi em regimes hídricos pleno e deficitário**. Documentos Embrapa Meio-Norte, n. 287, p. 1–12, 2022.

SILVA, M. J. **Tolerância de genótipos de feijão-caupi ao estresse térmico: respostas fisiológicas e produtivas**. Embrapa Semiárido – Documento eletrônico, Petrolina: Embrapa, 2024.

STEFFEN, R. B.; ANTONIOLLI, Z. I.; STEFFEN, G. P. K. Efeito estimulante do óleo essencial de eucalipto na germinação e crescimento inicial de mudas de *Eucalyptus grandis*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 30, n. 63, p. 199-206, ago./out. 2010.