

Uso de resíduos da regeneração natural de *Mimosa tenuiflora* como biofertilizante no cultivo de milho e feijão

Use of natural regeneration residues of *Mimosa tenuiflora* as a biofertilizer in maize and bean cultivation

Uso de residuos de la regeneración natural de *Mimosa tenuiflora* como biofertilizante en el cultivo de maíz y frijol

Antonia Thaynara Rodrigues Alves¹, Maria Amanda Menezes Silva²

¹Discente do Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas do Instituto Federal do Ceará campus Acopiara. <https://orcid.org/0009-0009-2093-2757>. Email: thaynara.rodrigues07@aluno.ifce.edu.br

²Docente do Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas do Instituto Federal do Ceará campus Acopiara. Doutora em Ecologia e Recursos Naturais pela Universidade Federal do Ceará. <https://orcid.org/0000-0002-9294-1072>; E-mail: amanda.menezes@ifce.edu.br

Recebido em: 19 set 2025 - Aceito em: 29 12 2025 – Publicado em: 01 04 2026

Resumo

Na agricultura familiar, é comum o uso do corte e queima da vegetação secundária para preparo do solo, prática que causa degradação ambiental. Como alternativa sustentável, a incorporação de matéria orgânica vegetal pode melhorar a fertilidade do solo. Este trabalho avaliou a eficiência dos resíduos de *Mimosa tenuiflora* como biofertilizante na produção de milho e feijão. O experimento foi conduzido em vasos de 10 litros com 4 kg de substrato, envolvendo 12 tratamentos e 5 repetições, com combinações de solo, adubação verde, esterco e cultivos consorciados. Durante quatro meses, foram registrados dados mensais de crescimento em altura e diâmetro. Ao final, analisaram-se variáveis como número de folhas e frutos, matéria seca da folha, caule, raízes e frutos, e comprimento da raiz primária. Os resultados indicam que a adubação verde associada ao esterco exerceu efeito positivo, principalmente, sobre a produtividade do feijão, refletida no aumento do número de frutos, e sobre alguns componentes morfológicos do milho, evidenciando que os efeitos da adubação orgânica foram dependentes da cultura e da variável avaliada.

Palavras-chave: Agricultura de corte e queima, Adubação verde, Culturas anuais.

Abstract

In small-scale farming systems, the slash-and-burn method of clearing secondary vegetation is a common soil preparation practice, despite its contribution to environmental degradation. As a sustainable alternative, the incorporation of plant-derived organic matter can enhance soil fertility and support long-term productivity. This study aimed to evaluate the efficiency of *Mimosa tenuiflora* residues as a biofertilizer for maize and bean cultivation. The experiment was conducted in 10-liter pots filled with 4 kg of substrate, comprising 12 treatments and 5 replicates each. Treatments included different combinations of soil, green manure, animal manure, and intercropping systems. Over a four-month period, plant height and stem diameter were measured monthly. At the end of the experiment, additional parameters were assessed, including the number of leaves and fruits, the dry matter content of leaves, stems, primary and secondary roots, fruits, and primary root length. The results indicate that green manure associated with cattle manure had a positive effect, mainly on bean productivity, reflected in increased fruit number, and on some morphological components of maize, demonstrating that the effects of organic fertilization depended on the crop and the variable evaluated.

Keywords: Slash-and-burn agriculture, Green manure, Annual crops.

Resumen

En la agricultura familiar, el método de corte y quema de la vegetación secundaria es una práctica común para la preparación del suelo, a pesar de que contribuye a la degradación ambiental. Como alternativa sostenible, la incorporación de materia orgánica vegetal puede mejorar la fertilidad del suelo y apoyar la productividad a largo plazo. Este estudio evaluó la eficiencia de los residuos de *Mimosa tenuiflora* como biofertilizante en el cultivo de maíz y frijol. El experimento se realizó en macetas de 10 litros con 4 kg de sustrato, con 12 tratamientos y cinco repeticiones cada uno. Los tratamientos incluyeron combinaciones de suelo, abono verde, estiércol y sistemas consorciados. Durante cuatro meses, se midieron mensualmente la

altura de las plantas y el diámetro del tallo. Al final, se evaluaron parámetros adicionales, como número de hojas y frutos, contenido de materia seca en hojas, tallos, raíces primarias y secundarias, frutos y longitud de la raíz primaria. Los resultados indican que la abonos verdes asociados con estiércol ejercieron un efecto positivo principalmente sobre la productividad del frijol, reflejado en el aumento del número de frutos, y sobre algunos componentes morfológicos del maíz, evidenciando que los efectos de la fertilización orgánica fueron dependientes del cultivo y de la variable evaluada.

Palabras-clave: Agricultura de corte y quema, Abono verde, Cultivos anuales.

INTRODUÇÃO

A Caatinga, uma Floresta Tropical Sazonalmente Seca (FTSS), é um domínio típico da Região Nordeste do Brasil. Nela, predomina o clima semiárido, com alto índice de radiação solar, baixas taxas de umidade relativa, altas temperaturas, elevado potencial de evapotranspiração e precipitações baixas e irregulares, caracterizada pela ausência de chuvas em alguns anos consecutivos (Silva *et al.*, 2021). No entanto, ela abriga uma alta diversidade faunística e florística, habitada por milhões de comunidades rurais de baixa renda que retiram do ambiente, produtos florestais madeireiros e não madeireiros para fins de subsistência (Sousa, 2023).

Segundo Silva *et al.* (2021), essas florestas secas têm grande parte de suas áreas naturais modificadas pela agricultura de corte e queima, sendo destinadas principalmente à prática da agricultura, pecuária, extrativismo vegetal e mineração. Dessa forma, as severas características climáticas, quando associadas às ações antrópicas na vegetação, como o processo de desmatamento, queimadas, irrigações inadequadas e uso de agrotóxicos para a realização da atividade agrícola, acarretam alguns problemas ambientais, como a perda da biodiversidade, erosões e salinização do solo (Sá; Sousa, 2024).

Nesse contexto, após o processo de alteração da vegetação, a área pode se recuperar com a atuação de mecanismos de regeneração natural, como a utilização de bancos de sementes ou rebrota (Rodrigues; Giuliatti; Pereira Júnior, 2020). Evidentemente, o mecanismo de regeneração mais frequente nessas florestas secas é a rebrota, responsável pela manutenção da floresta em um contexto de perturbações intensas e frequentes (Chazdon, 2012). No entanto, a prática de agricultura de corte e queima é destinada à rotatividade de áreas de cultivo e depende de áreas florestadas em diferentes estágios de sucessão (pousio) para sua sustentabilidade (Costa; Bertolino; Barros, 2021).

Dessa forma, no sistema de agricultura familiar, precedendo o cultivo das culturas, a queima ocorre quando a vegetação secundária cresce durante o intervalo do período de cultivo, em que a capoeira é cortada, seca e queimada (Lessa, 2023). Trata-se de um manejo que disponibiliza, ao solo, as cinzas provenientes da queima, de modo que atuam como fertilizante, pois contêm nutrientes acumulados pela vegetação secundária, caracterizando-se como uma prática de baixo custo e persistindo em função da baixa fertilidade dos solos da região (Calegari, 2023).

Segundo Silva (2023), ao analisar o uso do fogo na agricultura e seus efeitos sobre o solo, verificou-se, por meio de revisões bibliográficas, a compreensão dos efeitos da prática recorrente, acarretando em danos físicos, químicos e biológicos, com ênfase para os prejuízos na microfauna, responsável por serviços ecossistêmicos fundamentais para a produção de matéria orgânica e a fertilidade do solo. Além disso, Bouchardet *et al.* (2015) estudaram o efeito da exposição a altas temperaturas na germinação de sementes de *Dalbergia miscolobium* Benth e *Plathymenia reticulata* Benth, espécies pioneiras comuns no Cerrado com alto potencial para recuperação de áreas degradadas. Conforme os resultados obtidos na pesquisa, afirma-se que a germinação das sementes de ambas as espécies, depois de submetidas a temperaturas superiores a 100 °C, pode ser significativamente reduzida, impactando negativamente no recrutamento de novos indivíduos para a área degradada.

Nessa perspectiva, Farias e Pontes (2025) ressaltam que a agricultura de corte e queima torna-se insustentável quando a área sofre repetidas queimadas, reduzindo o tempo de descanso do solo entre os cultivos. Dessa forma, a queima da vegetação propicia a perda de nutrientes retidos na biomassa, interrompendo a reciclagem e os nutrientes que seriam adicionados gradativamente ao solo pela decomposição da matéria orgânica. Sabe-se que a decomposição da matéria orgânica propicia a circulação de nutrientes entre o solo e as comunidades de plantas, incluindo os fenômenos de absorção/retenção pela biomassa (Soares; Froufe, 2015).

Um estudo realizado por Oliveira *et al.* (2018) apresentou resultados satisfatórios para a adição de resíduos de partes de leguminosas arbóreas, *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth, *Mimosa hostilis* (Mart.) Benth e *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp, no crescimento

das plantas de milho e no acúmulo de macronutrientes, especialmente nitrogênio, fósforo e potássio na parte aérea da planta, bem como um aumento na qualidade dos atributos químicos do solo, 65 dias após a aplicação. Logo, o uso da matéria orgânica vegetal como adubo contribui para a redução da perda do solo; para a melhoria da fertilidade, a partir da reciclagem de nutrientes; para a infiltração e armazenamento de água; para o aumento da produtividade das culturas; e possibilita o uso racional e constante da terra (Zaccheo *et al.*, 2016).

Nesse sentido, a incorporação de matéria orgânica vegetal ao solo, proveniente da vegetação secundária, apresenta-se como um método promissor de mitigação dos impactos socioambientais decorrentes da agricultura de corte e queima. Além de contribuir para a melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, possibilita o manejo sustentável e, conseqüentemente, o aumento da produtividade das culturas (Wildner, 2023).

Diante da predominância da agricultura de corte e queima na Caatinga e dos efeitos negativos acarretados ao solo, espera-se que o uso dos resíduos de *M. tenuiflora* provenientes da regeneração natural das áreas de cultivo, incorporados ao solo juntamente com esterco, atue como biofertilizante por meio da decomposição da matéria orgânica. Caso a hipótese seja corroborada, as espécies cultivadas com adubação vegetal e esterco em sistema exclusivo e consorciado apresentarão maior produção de frutos, bem como de biomassa acima e abaixo do solo.

METODOLOGIA

Área de estudo e espécies estudadas

A montagem do experimento foi realizada durante o mês de novembro de 2024, em uma área nas imediações do Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia - *Campus Acopiara*. O município está localizado na região Centro-Sul do Ceará, com coordenadas geográficas 6°05'43" S (Latitude) e 39°27'09" O (Longitude), apresentando clima Tropical Quente Semiárido com temperatura média anual de 26°C a 28°C, precipitação de 748,5 mm com período chuvoso entre fevereiro e abril (Ipece, 2017).

Para a realização do experimento, as espécies utilizadas foram o milho (*Zea mays* L.) e feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.), sendo as sementes de variedade local provenientes da doação de uma pequena propriedade rural localizada no município de Acopiara-CE. As espécies foram selecionadas pelo fato de serem as culturas mais produzidas na região semiárida do nordeste brasileiro, segundo Araújo, Araújo Filho e Maranhão (2017).

O município de Acopiara é conhecido por apresentar altos índices de queimada. Em 2023, em comparação com anos anteriores, o município apresentou os maiores índices, com 2.649 hectares queimados, destinados à agricultura de lavouras temporárias (Mapbiomas, 2024).

Montagem do experimento

O experimento foi montado em ambiente externo, sob condições naturais de luz solar, sendo composto por tratamentos com indivíduos das espécies plantados isoladamente e consorciados, com e sem o uso dos resíduos vegetais. Vale ressaltar que o consórcio entre as espécies é uma prática tradicional na região Nordeste do Brasil, principalmente na agricultura de subsistência praticada por pequenos agricultores (Araújo; Araújo Filho; Maranhão, 2017; Ramalho, 1982).

Antes do plantio, o solo recebeu resíduos compostos de folhas e ramos de indivíduos regenerantes da espécie *M. tenuiflora*. A coleta desses resíduos ocorreu em uma área de pousio na propriedade rural Baixio do Logradouro no Distrito de Trussu, localizada no município de Acopiara-CE. Durante a coleta, foram considerados indivíduos regenerantes arbóreos aqueles com altura igual ou superior a 0,5 m e circunferência do caule a 0,30 m do solo (CAS) $\leq 6,0$ cm (Comitê Técnico Científico da Rede de Manejo Florestal da Caatinga, 2005). Conforme Oliveira *et al.* (2018), para obtenção da fração “ramos”, foram selecionados ramos com diâmetro $\leq 1,0$ cm. Em seguida, os ramos foram cortados em pequenos pedaços e triturados junto às suas folhas em uma ensiladeira da “Nogueira Máquinas Agrícolas ®”, monofásica de 3cv. Depois de triturado, foi realizada a secagem a pleno sol durante três dias consecutivos.

O esterco bovino utilizado na pesquisa foi coletado na propriedade rural de produção leiteira, Sítio Tigre, localizada a 4 km da sede do município de Acopiara-CE. Esses

animais são predominantemente alimentados com ração comercial e resíduos agrícolas (milho, cana-de-açúcar e capim). Após a coleta, o esterco bovino foi lavado com água corrente, visando a remoção de impurezas e resíduos solúveis. Posteriormente, o material foi armazenado em recipientes de plástico fechados, mantidos em área sombreada e em temperatura ambiente durante sete dias.

Apesar de o experimento ter sido conduzido em área aberta, sob condições ambientais aparentemente homogêneas, optou-se pelo Delineamento em Blocos Casualizados (DBC) para controlar as variações sutis do ambiente que poderiam influenciar o desenvolvimento das plantas em vasos. Além disso, a estrutura em blocos contribui para uma melhor organização do manejo experimental, como também, para reduzir o erro experimental e aumentar a precisão das comparações estatísticas entre os tratamentos.

A montagem do experimento incluiu 12 tratamentos e 5 repetições. Dos tratamentos utilizados, quatro foram destinados ao milho, quatro ao feijão e quatro ao consórcio com as duas culturas anuais. Para cada espécie e para o consórcio, a unidade experimental foi constituída por vasos de plástico com capacidade de 10 litros, preenchidos com 4 kg de substrato, sendo 100% de solo para os tratamentos sem resíduos da regeneração; 70% de solo e 30% de substrato para tratamentos com resíduos da regeneração; 70% de solo e 30% de substrato para tratamentos com esterco; e 70% de solo e 30% de substrato, que se subdividiu em 3/5 de esterco e 2/5 de resíduos da regeneração (Macedo, 1993). Deste modo, os tratamentos foram:

- T1 – Plantio do feijão sem resíduos da regeneração, apenas solo (T0);
- T2 – Plantio do milho sem resíduos da regeneração, apenas solo (T0);
- T3 – Plantio consorciado (feijão e milho) sem resíduos da regeneração, apenas solo (C);
- T4 – Plantio do feijão com resíduos da regeneração junto ao solo (AV);
- T5 – Plantio do milho com resíduos da regeneração junto ao solo (AV);
- T6 – Plantio consorciado (feijão e milho) com resíduos da regeneração junto ao solo (AV+C);
- T7 – Plantio do feijão sem resíduos da regeneração, apenas solo e esterco (E);
- T8 – Plantio do milho sem resíduos da regeneração, apenas solo e esterco (E);

T9 – Plantio consorciado (feijão e milho) sem resíduos da regeneração, apenas solo e esterco (E+C);

T10 – Plantio do feijão com resíduos da regeneração junto ao solo e esterco (E+AV);

T11 – Plantio do milho com resíduos da regeneração junto ao solo e esterco (E+AV);

T12 – Plantio consorciado (feijão e milho) com resíduos da regeneração junto ao solo e esterco (E+AV+C).

Antes do plantio das sementes, os solos foram submetidos ao teste de capacidade de campo, utilizado para determinar a quantidade de água que os diferentes solos podem reter após o escoamento gravitacional. Para a determinação, foram pesados 100 g de solo dos diferentes tratamentos. Em seguida, ocorreu a montagem de um sistema sobre diferentes provetas, contendo funis de vidro e os solos, o qual posteriormente foi pesado, em copos descartáveis com a base perfurada. Após a montagem do sistema, foram adicionados, lentamente, 100 ml de água destilada em cada um dos solos avaliados, coletando a água drenada nas provetas. Após duas horas de drenagem, foi realizada a leitura do volume coletado nas provetas para determinar a capacidade de campo do solo em porcentagem (CC), utilizando a seguinte fórmula:

$$CC = \frac{\text{Água retirada no solo (ml)} * 100\%}{\text{Volume do solo (ml)}}$$

Desse modo, os tratamentos T1, T2 e T3, irrigados com 1,44L; os tratamentos T4, T5 e T6, irrigados com 1,56L; os tratamentos T7, T8 e T9, irrigados com 1,6L; e os tratamentos T10, T11 e T12, irrigados com 2,08L. Em seguida, foram semeadas cinco sementes de feijão nos tratamentos isolados (T1, T4, T7 e T10), cinco sementes de milho nos tratamentos isolados (T2, T5, T8 e T11), e cinco sementes de ambas as espécies no plantio consorciado de feijão e milho (T3, T6, T9 e T12). As irrigações seguintes das amostras foram realizadas a cada dois dias, utilizando o béquer como instrumento de medição. Após 10 dias da semeadura, realizou-se o desbaste das plantas, mantendo-se apenas uma planta por vaso nos tratamentos isolados e uma planta de cada espécie nos tratamentos em consórcio.

Coleta de dados

A coleta de dados referente a biomassa vegetativa acima do solo foi avaliada por meio de medições do crescimento dos indivíduos de cada espécie, aferindo a altura da planta (cm) com a fita métrica e diâmetro do caule (cm) com o paquímetro digital. Essas medições foram realizadas mensalmente, durante três meses após o desbaste. Após esse período, os indivíduos foram coletados para avaliar suas características morfológicas.

Os parâmetros morfológicos dos indivíduos de feijão foram avaliados conforme o número de folhas e comprimento da raiz primária, medido com auxílio da fita métrica, junto ao Teor de Matéria Seca (TMS) das folhas, caule, raiz primária e raízes secundárias. Para os indivíduos de milho, foram avaliados o número de folhas junto ao TMS das folhas, caule e sistema radicular. Para a obtenção do TMS, foi realizada a pesagem do material fresco em uma balança de precisão. Em seguida, o material foi disposto em uma estufa a 60°C por 72h e pesado para a obtenção do peso seco (Pérez-Harguindeguy *et al.*, 2013). Posteriormente, o peso seco (mg) foi dividido pelo peso úmido (g) para aquisição do TMS, expresso em $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$.

Para a análise da qualidade dos indivíduos, calculou-se o Índice de Dickson (ID). Desse modo, o somatório do teor de matéria seca das folhas e caule equivale ao teor de matéria seca da biomassa vegetativa acima do solo e o teor de matéria seca referente a biomassa abaixo do solo equivale ao teor de massa seca do sistema radicular. O IQD é fornecido conforme os parâmetros morfológicos da altura da parte aérea (H), do diâmetro ao nível do solo (DNS) e dos teores de matéria seca total (TMST), das raízes (TMSR) e da parte aérea (TMSPA), por meio da fórmula abaixo (Dickson; Leaf, Hosner, 1960):

$$IQD = \frac{TMST (g/g)}{\frac{H (cm)}{DNS (mm)} + \frac{TMSPA (g/g)}{TMSR (\frac{g}{g})}}$$

A coleta de dados referentes à produtividade de cada espécie foi realizada por meio da colheita manual de espigas e vagens de cada unidade experimental. Em seguida, para a obtenção do peso úmido, os frutos foram pesados na balança analítica. Após a pesagem, foram levados para secagem na estufa em temperatura de 60°C por 72h e pesados para a

obtenção do peso seco (Pérez-Harguindeguy *et al.*, 2013). Posteriormente, o peso seco (mg) foi dividido pelo peso úmido (g) para obtenção do TMSFT, expresso em $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$.

Análise de dados

O experimento foi organizado em esquema fatorial 4×2 . Os tratamentos resultaram da combinação de dois fatores: quatro tipos de adubação (solo sem resíduos da regeneração; solo com resíduos da regeneração; solo + esterco sem resíduos da regeneração; solo + esterco com resíduos da regeneração) e dois sistemas de cultivo (planta isolada e planta em consórcio), com cinco repetições por tratamento.

Os dados de altura e diâmetro das plantas, avaliados ao longo do tempo, foram analisados por meio do Modelo Linear Geral (GLM) para medidas repetidas, considerando os fatores adubação e sistema de cultivo, bem como os períodos de avaliação (30, 60 e 90 dias) e suas interações. Quando foram identificados efeitos significativos, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$). Os gráficos foram elaborados no *software* GraphPad Prism (versão 10.6.1; GraphPad Software, San Diego, CA, EUA), com os resultados expressos como média \pm erro padrão da média (SEM).

As variáveis biomassa vegetativa e produtividade, avaliadas em um único momento, foram submetidas à análise de variância bifatorial (ANOVA two-way) pelo teste F. Nos casos de interação significativa entre os fatores ($p < 0,05$), realizou-se o desdobramento da interação e as médias dos fatores significativos foram comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando o *software* SPSS, versão 31.0 (IBM Corp., 2025).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Altura e diâmetro do milho

Os dados obtidos para altura dos indivíduos de milho ao longo dos meses (Figura 1) mostram que os tratamentos “solo” e “solo consorciado” apresentaram um aumento significativo entre 30 e 60 dias após a emergência (DAE), seguida de uma estabilização entre 60 e 90 DAE, enquanto que os tratamentos “solo com adubação verde”, “solo com

estercos”, “solo com estercos consorciados”, “solo com adubação verde e esterco” e “solo com adubação verde e esterco consorciado” obtiveram um aumento constante na taxa de crescimento entre o primeiro e segundo mês, e um aumento significativo entre o segundo e terceiro meses. Observa-se que os tratamentos sem adubação apresentaram crescimento inicial rápido, seguido de estabilização, enquanto os tratamentos com adubação mantiveram crescimento contínuo ao longo do período avaliado. Isso indica um efeito positivo da adubação na sustentação do crescimento de milho em estágios mais avançados.

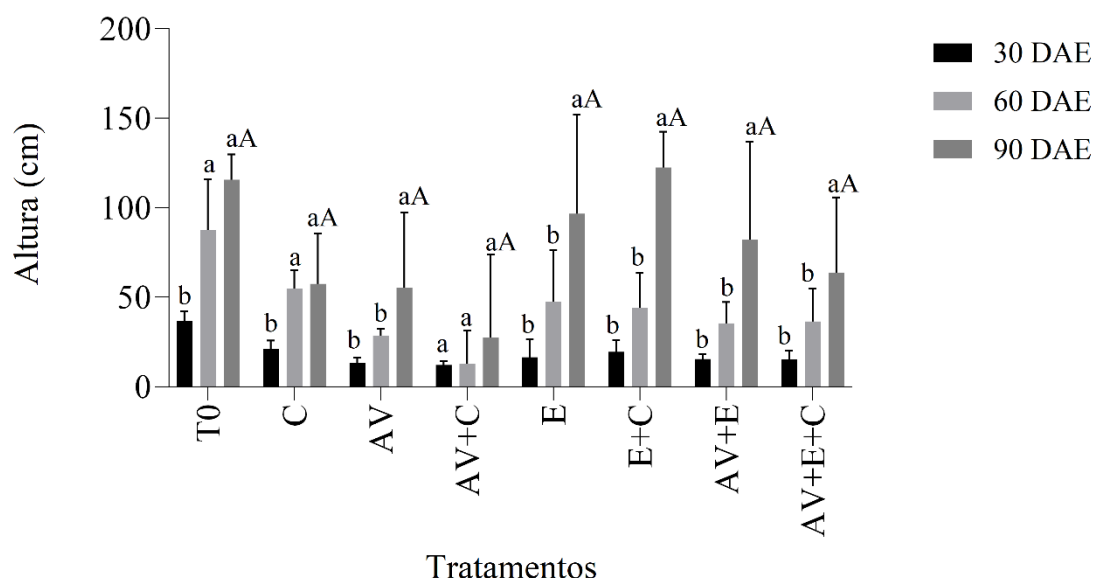


Figura 1 – Altura de plantas de milho aos 30, 60 e 90 dias após a emergência (DAE), submetidas a diferentes tratamentos de adubação e sistemas de cultivo. T0 = solo (testemunha); C = solo consorciado; AV = solo com adubação verde; AV+C = solo com adubação verde consorciado; E = solo com esterco; E+C = solo com esterco consorciado; AV+E = solo com adubação verde e esterco; AV+E+C = solo com adubação verde e esterco consorciado. Barras representam média ± erro padrão da média (SEM). Médias seguidas pela mesma letra minúscula, dentro de cada tratamento, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, dentro do último mês de avaliação, não diferem entre si entre as épocas avaliadas.

Referente ao tratamento “solo com adubação verde consorciado” observou-se uma constante taxa de crescimento ao longo dos meses. É comum, no semiárido nordestino, a utilização de esterco animal como adubo orgânico para suprir a deficiência de nitrogênio e fósforo no solo (Menezes; Silva, 2008). Nessa perspectiva, Silva (2004) ao avaliar a adição de esterco associado ao plantio e incorporação da *Crotalaria juncea* L. ao solo,

demonstrou que essa prática de manejo contribui para prevenir a imobilização de nitrogênio, disponibilizando-o de forma sincronizada conforme a demanda das culturas agrícolas. Desse modo, o uso da adubação verde, associada ao esterco bovino, torna-se uma alternativa viável para o cultivo do milho, influenciando positivamente o desenvolvimento inicial das plântulas. Uma vez que, assemelhando-se aos resultados obtidos na pesquisa, o estudo desenvolvido por Castro e Prezotto (2008), que avaliou o desempenho agrônômico do milho em sistema de adubação verde, demonstrou, em seus resultados, diferença significativa para a variável de altura da planta nas avaliações realizadas aos 45 e 80 dias após a emergência.

Conforme os dados apresentados na Figura 1, o milho não apresentou diferença significativa para a variável de altura máxima nos diferentes tratamentos. Esse resultado corrobora com os estudos realizados por Carvalho *et al.* (2007) e Lázaro *et al.* (2013), em que ao avaliarem a produtividade do milho cultivado após a adição da adubação verde ao solo, concluíram que a altura do milho não é influenciada pela adubação, pois não obtiveram diferença significativa para altura da planta entre os diferentes tratamentos da pesquisa.

Ademais, os resultados referentes ao diâmetro do colmo, apontam que os tratamentos não apresentaram diferença significativa ao longo dos três meses (Figura 2). De acordo com Souza *et al.* (2006) e Gomes *et al.* (2010), dentre as características morfológicas necessárias para avaliar o padrão de qualidade das plantas, o diâmetro do coleto torna-se um dos melhores indicadores, pois, as plantas com maior diâmetro associadas a uma maior altura, apresentam maior sobrevivência em decorrência da resistência ao quebramento do colmo e ao acamamento, quebra das hastes pelo vento e chuva. Sousa (2015), ao avaliar o efeito da aplicação de matéria orgânica via adubação verde e composto orgânico na produtividade do milho, não obteve diferenças estatísticas com relação ao diâmetro do colmo. O autor indica que os nutrientes disponibilizados ao solo, conforme a decomposição das leguminosas, não foram suficientes para acarretar alterações significativas no desenvolvimento da cultura do milho. Além disso, o milho pertence ao grupo das monocotiledôneas, que não apresentam crescimento secundário

(em espessura), pois não desenvolve o câmbio fascicular responsável pela produção do xilema e o floema secundários (Melo-De-Pinna; Ceccantini; Menezes, 2008).

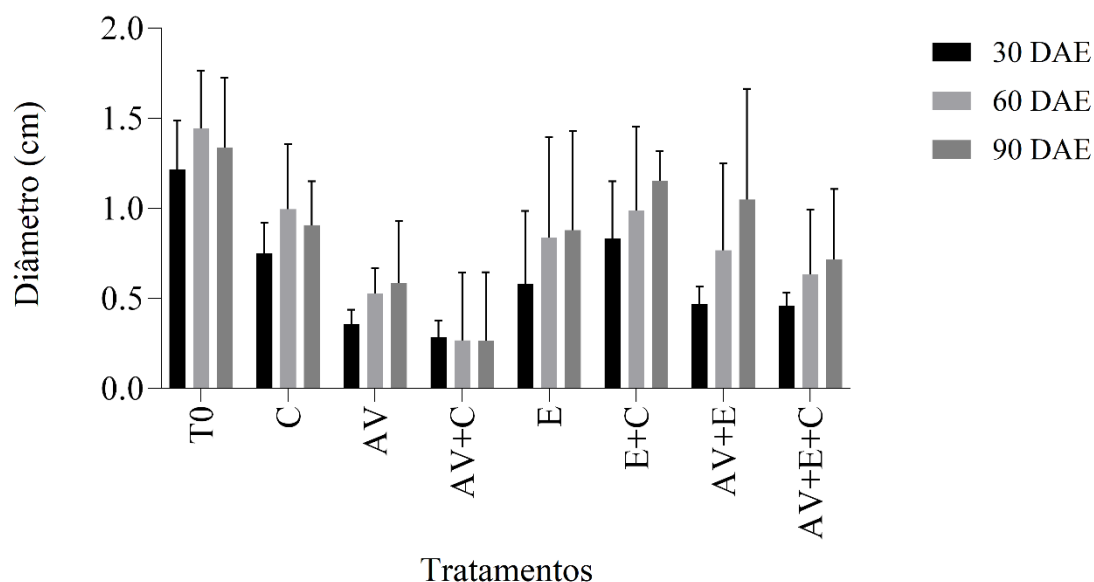


Figura 2 – Diâmetro de plantas de milho aos 30, 60 e 90 dias após a emergência (DAE), submetidas a diferentes tratamentos de adubação e sistemas de cultivo. T0 = solo (testemunha); C = solo consorciado; AV = adubação verde; AV+C = adubação verde consorciada; E = esterco; E+C = esterco consorciado; AV+E = adubação verde + esterco; AV+E+C = adubação verde + esterco consorciados. Os valores representam média \pm erro padrão da média (SEM). Não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos em nenhuma das épocas avaliadas, segundo o teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Observa-se que os indivíduos submetidos ao tratamento com solo e adubação verde em plantio consorciado, apresentaram diferença significativa no diâmetro máximo do coleto, sendo observado neste tratamento o menor diâmetro máximo. Esperava-se que, conforme a decomposição dos resíduos vegetais incorporados ao solo, as plantas apresentassem maior crescimento vegetativo, afetando diretamente a produtividade. Segundo Barretto *et al.* (2013), o milho apresenta maior desenvolvimento vegetativo até 60 dias depois da semeadura, pois após o pendoamento, o crescimento em altura e diâmetro é cessado e inicia-se os estágios reprodutivos. Nesse contexto, o milho é caracterizado por apresentar um rápido crescimento inicial, exigindo um aporte maior de nitrogênio no solo em um curto intervalo de tempo, pois a ausência desse elemento limita a produção inicial de matéria seca na parte aérea (Gondim *et al.*, 2016).

Altura e diâmetro do feijão

Conforme os dados apresentados na Figura 3, para os indivíduos de feijão, as análises estatísticas indicaram diferenças significativas na altura das plantas ao longo do período avaliado (30, 60 e 90 DAE), evidenciando variações temporais em função dos tratamentos aplicados. De modo geral, os resultados indicam que o crescimento em altura do feijão foi influenciado pelo tempo e pelos tratamentos de adubação e sistemas de cultivo, sendo que os efeitos mais expressivos foram observados nas avaliações finais.

No tratamento “solo com esterco”, observou-se aumento significativo da altura das plantas ao longo do tempo, com valores superiores aos 90 DAE em relação às avaliações anteriores. Para os tratamentos “solo” e “solo consorciado”, verificou-se incremento significativo da altura entre 30 e 60 DAE, seguido de estabilização entre 60 e 90 DAE, não sendo observadas diferenças estatísticas entre essas duas últimas avaliações. Nos tratamentos “solo com adubação verde”, “solo com adubação verde consorciado”, “solo com esterco consorciado”, “solo com adubação verde e esterco”, e “solo com adubação verde, esterco e consórcio”, observou-se crescimento gradual da altura das plantas ao longo do período experimental, com maiores médias aos 90 DAE. Em geral, os tratamentos que incluíram esterco, isolado ou em combinação, apresentaram tendência de maiores valores finais de altura.

As oscilações para as variáveis de altura, entre os meses dos indivíduos do feijão, podem estar relacionadas ao nível de decomposição da matéria orgânica incorporada ao solo. Corroborando com a hipótese, Lacerda *et al.* (2020) verificaram que o crescimento e desenvolvimento de mudas de *Vigna unguiculata* é influenciado pelo uso da adubação nitrogenada, apresentando aumento significativo para as variáveis de altura e diâmetro sendo diretamente proporcional a quantidade de doses de nitrogênio. Portanto, quando ocorre a incorporação de resíduos orgânicos ao solo, o fornecimento de nutrientes é equivalente ao nível de decomposição, que pode variar conforme as condições ambientais (Ramos *et al.*, 2018). Segundo Amado, Mielniczuk e Fernandes (2000), o processo de decomposição e liberação de nitrogênio ocorre inicialmente de forma rápida, sendo decompostos materiais como carboidratos simples, amidos, açúcares e proteínas e, posteriormente, materiais mais resistentes como celulose, lignina, gorduras e ceras,

tomando a decomposição mais lenta. Contudo, os processos de mineração e imobilização de N, são regulados pela relação carbono-nitrogênio (C/N) da fitomassa das plantas, em que as espécies lenhosas da Caatinga, como a jurema-preta, o sabiá e o pau-branco, possuem menor relação C/N, indicando uma maior liberação de nitrogênio durante a decomposição da matéria orgânica (Acosta *et al.*, 2014; Primo *et al.*, 2018).

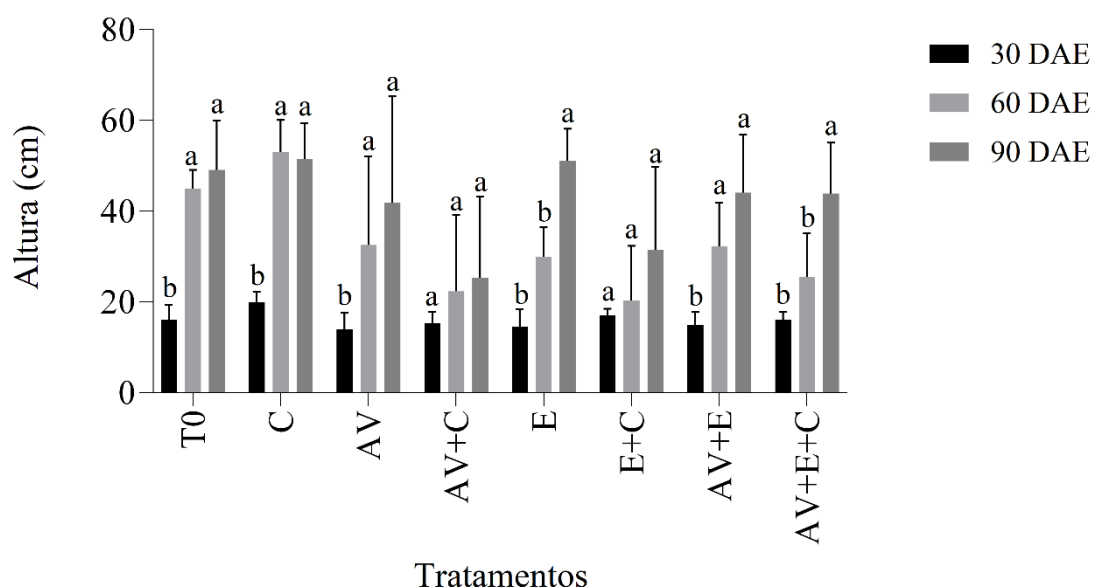


Figura 3 – Altura de plantas de feijão aos 30, 60 e 90 dias após a emergência (DAE), submetidas a diferentes tratamentos de adubação e sistemas de cultivo. T0 = solo (testemunha); C = solo consorciado; AV = solo com adubação verde; AV+C = solo com adubação verde consorciado; E = solo com esterco; E+C = solo com esterco consorciado; AV+E = solo com adubação verde e esterco; AV+E+C = solo com adubação verde e esterco consorciado. Barras representam média \pm erro padrão da média (SEM). Médias seguidas pela mesma letra minúscula, dentro de cada tratamento, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). Não foram observadas diferenças significativas na altura máxima (90 DAE) entre os tratamentos (90 DAE), segundo o teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

De acordo com a Figura 3, pode-se verificar que a variável de altura máxima nos diferentes tratamentos com o feijão não apresentou diferenças significativas. Resultado semelhante foi observado por Lima, Sousa e Sabioni (2021) que, ao avaliarem o efeito da adubação orgânica no crescimento de duas espécies de feijão, concluíram que, independentemente da espécie, o adubo orgânico não influencia na altura das plantas.

Com base nas análises dos diâmetros das plantas, apresentadas na Figura 4, as análises estatísticas indicaram variações ao longo do período avaliado, evidenciando mudanças

temporais em função dos tratamentos aplicados. Os resultados indicam que o efeito do tempo foi mais evidente que o efeito dos tratamentos sobre o diâmetro das plantas, sendo as diferenças entre os tratamentos restritas à avaliação aos 60 DAE.

No tratamento “solo com adubação verde consorciado”, observou-se incremento significativo do diâmetro das plantas aos 60 DAE em relação aos demais tratamentos, destacando-se nessa avaliação intermediária. No entanto, esse comportamento não se manteve até os 90 DAE, quando não foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos. Para os tratamentos “solo”, “solo consorciado”, “solo com adubação verde”, “solo com esterco”, “solo com esterco consorciado”, “solo com adubação verde e esterco”, e “solo com adubação verde, esterco e consórcio”, verificou-se aumento gradual do diâmetro ao longo do tempo, sem diferenças estatísticas entre os períodos avaliados dentro de cada tratamento.

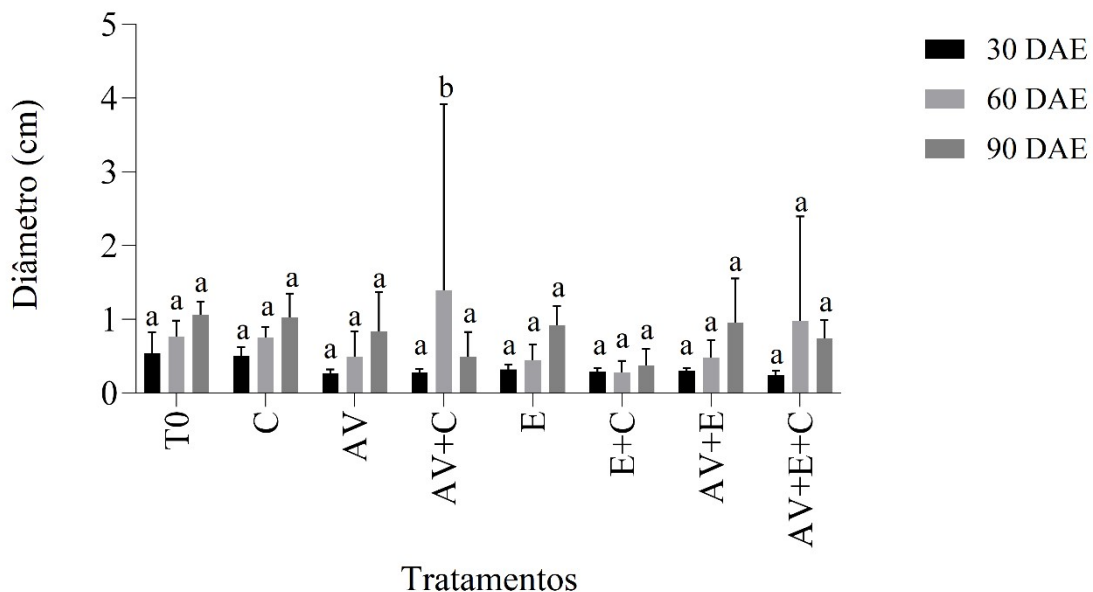


Figura 4 – Diâmetro de plantas de feijão aos 30, 60 e 90 dias após a emergência (DAE), submetidas a diferentes tratamentos de adubação e sistemas de cultivo. T0 = solo (testemunha); C = solo consorciado; AV = solo com adubação verde; AV+C = solo com adubação verde consorciado; E = solo com esterco; E+C = solo com esterco consorciado; AV+E = solo com adubação verde e esterco; AV+E+C = solo com adubação verde e esterco consorciado. Barras representam média ± erro padrão da média (SEM). Médias seguidas pela mesma letra minúscula, dentro de cada tratamento, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). Não foram observadas diferenças significativas no diâmetro máximo (90 DAE) entre os tratamentos, segundo o teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

A diferença de resposta entre altura e diâmetro das plantas de feijão ao longo do tempo está relacionada às distintas estratégias fisiológicas de crescimento das plantas e à dinâmica de liberação de nutrientes dos tratamentos aplicados. Estudos recentes indicam que o crescimento em altura é mais sensível ao manejo nutricional, especialmente ao fornecimento de nitrogênio por fontes orgânicas, como o esterco, que promovem liberação gradual e favorecem o alongamento caulinar. Em contrapartida, o aumento do diâmetro do caule ocorre de forma mais lenta e conservadora, demandando maior acúmulo de biomassa estrutural e tempo de resposta, o que explica a menor diferenciação entre tratamentos para essa variável (Bünemann *et al.*, 2018; Marschner, 2019).

Além disso, a adubação verde e os sistemas consorciados podem intensificar a competição por recursos, especialmente por luz, levando as plantas a priorizarem o crescimento longitudinal em detrimento do espessamento do caule. Trabalhos recentes com feijoeiro e sistemas consorciados relatam aumento da altura sem incremento proporcional do diâmetro, bem como maior variabilidade associada a essa variável, o que dificulta a detecção de diferenças estatísticas entre tratamentos em períodos relativamente curtos de avaliação. Assim, o efeito do tempo tende a ser mais evidente do que o efeito dos tratamentos sobre o diâmetro das plantas, conforme observado neste estudo (Brooker *et al.*, 2016; Zhang *et al.*, 2022).

Análise da biomassa vegetativa do milho

A análise de variância revelou que não houve interação significativa ($p > 0,05$) entre os tipos de adubação e os sistemas de cultivo para nenhuma das variáveis analisadas (Tabela 1). Da mesma forma, o sistema de cultivo, isoladamente, não influenciou de forma significativa os componentes morfológicos do milho. Por outro lado, observou-se um efeito altamente significativo ($p < 0,01$) do tipo de adubação sobre quase todas as variáveis, com exceção do teor de massa seca do sistema radicular (TMSSR), que não apresentou resposta aos tratamentos.

Para o número de folhas (NF), o valor de F (6,403) indicou diferença estatística robusta ($p = 0,002$), sugerindo que a composição nutricional dos adubos alterou o desenvolvimento foliar. Comportamento semelhante foi observado para o teor de massa

seca da folha (TMSF) e do caule (TMSC), além do Índice de Dickson (ID), todos com níveis de significância inferiores a 5% ($p < 0,05$). Esses resultados indicam que a escolha da adubação é o fator determinante para o acúmulo de biomassa e vigor da planta nestas condições experimentais:

Tabela 1 - Resultados da ANOVA 4 x 2 para componentes morfológicos de milho em função da adubação e sistema de cultivo. Legenda: G – Graus de liberdade; NF – Número de folha; TMSF – Teor de massa seca da folha; TMSC – Teor de massa seca do caule; TMSSR – Teor de massa seca do sistema radicular; ID – Índice de Dickson. Números em negrito indicam significância estatística.

Fonte da variação		Tipos de adubação	Sistema de cultivo	Tipos de adubação x Sistema de cultivo
G		3	1	3
NF	F valor	6,403	0,569	0,894
	P valor	0,002	0,456	0,455
TMSF	F valor	2,921	1,9	0,559
	P valor	0,049	0,178	0,646
TMSSR	F valor	1,765	0,747	0,738
	P valor	0,174	0,394	0,537
TMSC	F valor	3,063	1,041	0,998
	P valor	0,042	0,315	0,406
ID	F valor	4,541	1,997	0,773
	P valor	0,009	0,167	0,518

Fonte: Autores (2025).

Os resultados obtidos indicam que o solo sem adubação (T0) apresentou melhor desempenho para o número de folhas e teor de massa seca do caule de milho, quando comparado aos tratamentos com adubação verde, esterco e sua combinação (Tabela 2). Apesar de muitos estudos mostrarem efeitos positivos da adubação verde e de adubos orgânicos no crescimento e produtividade de milho (Wang *et al.*, 2025) e ao promover melhor desenvolvimento de plantas e desempenho agrônômico em sistemas diversos (Kumar; Pandey, 2024), os resultados deste estudo indicam que, no curto prazo e nas condições avaliadas, o solo sem adubação apresentou melhor desempenho em características funcionais de milho. Isso pode estar associado à imobilização temporária de nitrogênio e ao ritmo mais lento de liberação de nutrientes dos materiais orgânicos utilizados, que podem não ter atendido às necessidades rápidas de N durante as fases iniciais de crescimento da cultura. Além disso, fatores ambientais e biológicos, como resposta à matéria orgânica e interação com microrganismos do solo, podem modificar a disponibilidade nutricional, como observado em experimentos de esterco bovino associados a biostimulantes (Souza *et al.*, 2025).

Tabela 2 – Médias das características funcionais de indivíduos de milho em função da adubação, estimadas por ANOVA de dois fatores (adubação × sistema de cultivo). Legenda: T0 – Solo; AV – Solo com adubação verde; E – Solo com esterco; AV+E – Solo com adubação verde e esterco; NF – Número de folhas; TMSF – Teor de massa seca da folha; TMSC – Teor de massa seca do caule; ID – Índice de Dickson. Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Adubação	NF	TMSF	TMSC	ID
T0	11 ^a	0,46 ^{ab}	0,44 ^a	0,014 ^a
AV	6 ^c	0,35 ^b	0,27 ^b	0,008 ^b
E	8,4 ^b	0,67 ^a	0,33 ^b	0,011 ^{ab}
AV+E	7,4 ^{abc}	0,49 ^{ab}	0,28 ^b	0,008 ^b

Fonte: Autores (2025).

Em relação ao Índice de Dickson (ID), o tratamento controle (T0) apresentou desempenho semelhante ao tratamento com esterco bovino, indicando que ambos proporcionaram qualidade equivalente das plantas. No entanto, para o teor de massa seca da folha (TMSF), o uso de esterco bovino resultou nos maiores valores entre os tratamentos avaliados. Esses resultados indicam que o esterco bovino contribuiu positivamente para a qualidade das plantas, refletindo-se em valores favoráveis de ID e TMSF (Tabela 2). Conforme Brito *et al.* (2014), na agricultura familiar, o esterco bovino é um dos resíduos orgânicos mais propícios para melhoria da fertilidade do solo, pois promove maior retenção de cátions e adição de nutrientes, descompactação e aeração do solo, junto ao aumento da atividade biológica, proporcionando condições adequadas para desenvolvimento da cultura do milho. De acordo com Massad *et al.* (2014), o uso exclusivo do esterco na produção agrícola dispõe de algumas dificuldades no manejo e transporte, em decorrência da quantidade necessária. Contudo, os autores ressaltam que a utilização dos resíduos vegetais associada ao esterco animal, pode complementar a adubação do solo. Nesse contexto, Primo *et al.* (2022), afirmaram que a associação do esterco e gliricídia, uma leguminosa, contribui na diminuição da lixiviação e do mecanismo de imobilização do nitrogênio ocasionado pelo esterco. Além disso, os autores inferem que essa combinação, retarda a liberação do N, fornecendo-o de forma sincronizada, o que atende à demanda nutricional das culturas de subsistência, como o milho.

Análise da biomassa vegetativa do feijão

A análise de variância para a cultura do feijão revelou que não houve interação significativa ($p > 0,05$) entre os tipos de adubação e os sistemas de cultivo para nenhuma

das variáveis morfológicas estudadas. De forma isolada, o sistema de cultivo também não exerceu influência sobre o desenvolvimento das plantas (Tabela 3).

Esse resultado sugere que, nas condições do experimento, o feijão apresentou comportamento estável frente às práticas avaliadas, possivelmente em função de sua eficiência na utilização dos recursos disponíveis no ambiente, especialmente em estágios iniciais de desenvolvimento. Estudos recentes com adubação verde e orgânica em diferentes culturas apontam para respostas variáveis de crescimento conforme as condições ambientais e a velocidade de liberação de nutrientes, o que pode explicar a falta de efeitos marcantes nos parâmetros morfológicos do feijão neste experimento, dado que a adubação verde e orgânica, às vezes, não traduzem resposta fenotípica imediata significativa, quando comparadas a tratamentos controle sob determinadas condições de solo e manejo (Souza *et al.*, 2025; Zhou *et al.*, 2025).

Tabela 3 - Resultados da ANOVA 4 x 2 para componentes morfológicos de feijão em função da adubação e sistema de cultivo. Legenda: G – Graus de Liberdade; NF – Número de folha; TMSF – Teor de massa seca da folha; TMSRP – Teor de massa seca da raiz primária; TMSRS – Teor de massa seca da raiz secundária; CRP – Comprimento da raiz primária; TMSC – Teor de massa seca do caule; ID – Índice de Dickson. Números em negrito indicam significância estatística.

Fonte da variação		Tipos de adubação	Sistema de cultivo	Tipos de adubação x Sistema de cultivo
G		3	1	3
NF	F valor	1,609	0,468	0,486
	P valor	0,207	0,499	0,695
TMSF	F valor	0,778	0,803	1,056
	P valor	0,515	0,377	0,381
TMSRP	F valor	0,664	0,919	0,709
	P valor	0,581	0,345	0,554
TMSRS	F valor	2,5	1,603	1,126
	P valor	0,077	0,215	0,353
CRP	F valor	2,158	0,769	0,559
	P valor	0,112	0,387	0,646
TMSC	F valor	2,158	0,769	0,559
	P valor	0,112	0,387	0,646
ID	F valor	1,045	2,951	0,816
	P valor	0,386	0,096	0,495

Fonte: Autores (2025)

Produtividade de frutos

A análise de variância para os dados de produtividade revelou comportamentos distintos entre as duas culturas avaliadas (Tabela 4). Para o feijão, observou-se efeito significativo

tanto para o tipo de adubação ($p = 0,003$) quanto para o sistema de cultivo ($p = 0,046$) na variável número total de frutos/vagens (NFT). Estes resultados indicam que a produtividade do feijoeiro foi influenciada de forma independente pelos nutrientes fornecidos e pela configuração de plantio (isolado ou consorciado).

Tabela 4 - Resultados da ANOVA 4 x 2 para dados de produtividade de milho e feijão em função da adubação e sistema de cultivo. Legenda: G – Graus de Liberdade; NFT – Número total de frutos; TMSFT – Teor de massa seca do fruto. Números em **negrito** representam significância estatística.

Fonte da variação		Tipos de adubação	Sistema de cultivo	Tipos de adubação x Sistema de cultivo	
G		3	1	3	
Feijão	NFT	F valor	5,58	4,301	0,657
		P valor	0,003	0,046	0,585
	TMSFT	F valor	1,982	0,135	2,132
		P valor	0,137	0,716	0,116
Milho	NFT	F valor	0,552	2,483	0,459
		P valor	0,652	0,125	0,712
	TMSFT	F valor	0,588	0,424	0,339
		P valor	0,628	0,519	0,797

Fonte: Autores (2025).

Para a cultura do feijão, observou-se diferença significativa apenas para o número de frutos (NFT). Os tratamentos “solo com adubação verde” (8,4 frutos) e “solo com adubação verde + esterco” (14,2 frutos) apresentaram as maiores médias. O tratamento com adubação verde + esterco diferiu significativamente do tratamento controle (2,8 frutos; $p = 0,009$) e do tratamento apenas com esterco (4,0 frutos; $p = 0,005$), enquanto os demais tratamentos não apresentaram diferenças estatísticas entre si. Os adubos orgânicos podem apresentar origem vegetal, como folhas e ramos, e animal, como o esterco que é formado pelas excretas sólidas e líquidas dos animais, em que disponibiliza de forma rápida ao solo: fósforo, potássio e nitrogênio (Silva, 2016). A associação desses resíduos orgânicos atua na reconstrução física, química e biológica dos solos com baixo teor de matéria orgânica (Pereira *et al.*, 2015).

Dessa forma, os indivíduos submetidos aos tratamentos com adubação orgânica, apresentam um aumento na produção de vagens, possivelmente associada ao desenvolvimento inicial da planta diante à utilização eficiente dos nutrientes disponibilizados ao solo (Davari; Sharma; Mirzakhani, 2012). Essa informação corrobora com o estudo realizado por Rocha *et al.* (2015), que avaliaram o desempenho e produtividade do feijoeiro sob diferentes concentrações de biofertilizante, em que

verificou-se efeito positivo e significativo no número de vagens por planta, assim como na produtividade de grãos.

Ao avaliar isoladamente os sistemas de cultivo, verificou-se que o feijão cultivado em sistema consorciado apresentou menor número médio de frutos (3,5 frutos) em comparação ao cultivo isolado (7,4 frutos), uma diferença estatisticamente significativa ($p = 0,046$). Esse padrão é consistente com relatos na literatura indicando que em sistemas de consórcio, especialmente com culturas de porte mais alto como o milho, ocorre competição por recursos essenciais, o que pode limitar o desenvolvimento reprodutivo do feijoeiro. Por exemplo, de acordo Maciel *et al.* (2004) e Rocha *et al.* (2020), é comum que ocorra competição por luz no plantio consorciado entre gramínea e leguminosa, em razão da divisão da radiação solar incidente sobre as plantas. O estudo realizado por Lima *et al.* (2011) demonstra que o sombreamento influencia significativamente o acúmulo de massa seca, uma vez que se encontra relacionado com a taxa fotossintética, produção de fotoassimilados e compostos estruturais. Nesse contexto, o sombreamento ocasionado pelo curto espaçamento entre as culturas em relação ao tamanho do balde, pode ter contribuído para a menor produção de frutos do feijão no sistema consorciado.

CONCLUSÃO

Os resultados obtidos indicam que o milho apresentou crescimento inicial rápido nos tratamentos sem adubação, seguido de estabilização, enquanto os tratamentos com adubação orgânica mantiveram crescimento contínuo em altura ao longo do período avaliado; contudo, não houve diferença significativa na altura máxima nem no diâmetro do colmo entre os tratamentos. Para o feijão, a altura variou ao longo do tempo em função dos tratamentos, mas a altura máxima e o diâmetro final não diferiram entre si. Na biomassa vegetativa, a adubação influenciou significativamente as variáveis do milho, enquanto o feijão não respondeu de forma significativa. Em termos de produtividade, apenas o feijão apresentou diferenças: maior número de frutos nos tratamentos com adubação verde associada ao esterco e menor produção no sistema consorciado, indicando efeito negativo da competição interespecífica.

Com base nos resultados, conclui-se que o desempenho do milho e do feijão foi mais influenciado pelo tipo de adubação do que pelo sistema de cultivo. Esses achados reforçam que a resposta das culturas à adubação orgânica e ao consórcio depende das características das espécies, das variáveis avaliadas, do grau de decomposição dos resíduos vegetais e do espaçamento no plantio consorciado. Isso demonstra a necessidade de futuras pesquisas que avaliem os diferentes graus de decomposição da matéria orgânica e os espaçamentos no plantio consorciado das culturas anuais da região nordestina, a fim de compreender melhor e detectar diferenças fenotípicas associadas a práticas sustentáveis de adubação.

Copyright (©) 2026 - Antonia Thaynara Rodrigues Alves, Maria Amanda Menezes Silva.

REFERÊNCIAS

- ACOSTA, José A. de A. *et al.* Decomposição da fitomassa de plantas de cobertura e liberação de nitrogênio em função da quantidade de resíduos aportada ao solo sob sistema plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.44, n.5, p.801-809, mai. 2014.
- AMADO, Telmo J. C.; MIELNICZUK, João; FERNANDES, Sandra B. V. Leguminosas e adubação mineral como fontes de nitrogênio para o milho em sistemas de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [S. l.], v.24, p.179-189, 2000.
- ARAÚJO, Awdrea, K.; ARAÚJO FILHO, João, A.; MARANHÃO, Samuel, R. Consórcios de milho, feijão e mandioca em presença de bagana de carnaúba em um argissolo no litoral norte do Ceará sob condições de sequeiro. **Essentia**, Sobral, v. 18, n. 1, p. 2-23, 2017.
- BARRETTO, Vitor C. M. *et al.* Adubação verde e nitrogenada na produtividade de milho e competição de plantas daninhas. **Revista de Ciências Agroambientais**, Alta Floresta-MT, v.11, n.2, p.177-184, 2013.
- BOUCHARDET, Daniel de A. *et al.* Efeito de altas temperaturas na germinação de sementes de *Plathymenia reticulata benth* e *Dalbergia miscolobium benth*. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 39, n. 4, p. 697-705, 2015.
- BRITO, Cleiton F. B. *et al.* Desenvolvimento inicial do milho submetido a doses de esterco bovino. **Revista Verde**, Paraíba, v.9, n.3, p.244 - 250, 2014.
- BROOKER, Rob W. *et al.* Improving intercropping: a synthesis of research in agronomy, plant physiology and ecology. **New Phytologist**, v. 206, p. 107-117, 2016.
- BÜNEMANN, Else K. *et al.* Soil quality – A critical review. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 120, p. 105-125, 2018.
- CALEGARI, Ademir. Benefícios do uso de adubos verdes como garantia de sustentabilidade e aumento da biodiversidade dos sistemas agrícolas. In: LIMA FILHO, Oscar F. de *et al.* **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil**. 2ª ed. Brasília-DF: Embrapa, 2023. p. 15-30.
- CARVALHO, Igor Q. *et al.* Espécies de cobertura de inverno e nitrogênio na cultura do milho em sistema de plantio direto. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 8, n. 2, p. 179-184, 2007.
- CASTRO, Ana M. C.; PREZOTTO, André L. Desempenho agrônômico do milho em sistema de adubação verde. **Agrarian**, [s. l.], v.1, n.2, p.35-44, 2008.



- CHAZDON, Robin. Regeneração de florestas tropicais. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi - Ciências Naturais**, Belém, v. 7, n. 3, p. 195-218, 2012.
- COMITÊ TÉCNICO CIENTÍFICO DA REDE DE MANEJO FLORESTAL DA CAATINGA. **Rede de manejo florestal da Caatinga**: protocolo de medições de parcelas permanentes/Comitê Técnico Científico. Recife: Associação Plantas do Nordeste, 2005. 28 p.
- COSTA, Karla K. S. da; BERTOLINO, Ana V. F. A.; BARROS, Ana A. M. de. Regeneração da cobertura vegetal em área de agricultura de corte e queima em São Pedro da Serra, Nova Friburgo (Rio de Janeiro, Brasil). **Revista Tamoios**, São Gonçalo, v. 17, n. 2, 2021.
- DAVARI, Mohammadreza; SHARMA, Shri N.; MIRZAKHANI, Mohammad. Residual influence of organic materials, crop residues, and biofertilizers on performance of succeeding mung bean in an organic rice-based cropping system. **International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture**, [S. l.], v.1, n.14, 2012.
- DICKSON, Alexander; LEAF, Albert L.; HOSNER, John F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **Forestry Chronicle**, [s.l.], v.36, n.1, p.10-13, 1960.
- FARIAS, Thiago P. de; PONTES, Roberto J. A. de. **Desertificação e mudanças climáticas no Ceará**: impactos futuros sobre as populações mais vulneráveis. Rio de Janeiro: Epitaya, 2025.
- GOMES, Luiz S. *et al.* Resistência ao acamamento de plantas e ao quebramento do colmo em milho tropical. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.45, n.2, p.140-145, fev. 2010.
- GONDIM, Ancélio R. de O. *et al.* Crescimento inicial do milho cultivar brs 1030 sob omissão de nutrientes em solução nutritiva. **Revista Ceres**, Viçosa, v.63, n.5, p.706-714, 2016.
- IBM CORP. **IBM SPSS Statistics for Windows, Version 31.0**. Armonk, NY: IBM Corp, 2025.
- IPECE - Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. **Perfil Básico Municipal de Acopiara**. Fortaleza: IPECE, p.18, 2017.
- KUMAR, Pradeep; PANDEY, Pranava. Assessment of organic & biofertilizer with sulphur on growth and yield of maize by residual effect in maize-wheat cropping system. **International Journal of Research in Agronomy**, v. 7, n. 9, p. 739-741, 2024.
- LACERDA, Edilene G. *et al.* Adubação nitrogenada no vigor das mudas, concentração de aminoácidos e proteínas totais e no teor de clorofila no feijão-de-corda (*Vigna unguiculata*). **Revista Agri-Environmental Sciences**, Palmas, v. 6, e020002, 2020.
- LÁZARO, Rafael L. *et al.* Produtividade de milho cultivado em sucessão à adubação verde. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 43, n. 1, p. 10-17, 2013.
- LESSA, Laura R. N. **Efeitos da agricultura de corte e queima nas transformações do nitrogênio no solo da Caatinga**. 2023. 41 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Biociências, Ciências Biológicas /Ciências Ambientais, Recife, 2023.
- LIMA, Érica C.; SOUSA, Carla S.; SABIONI, Sayonara C. Adubação orgânica no crescimento e nodulação de duas variedades de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). *In*: **Tópicos especiais em estudos agroecológicos na região sul da Bahia**. [S. l.]: Editora Científica Digital, 2021. p. 34-40.
- LIMA, Milene C. *et al.* Crescimento e produção de pigmentos fotossintéticos em *Achillea millefolium* L. cultivada sob diferentes níveis de sombreamento e doses de nitrogênio. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.41, n.1, p.45-50, 2011.
- MACEDO, Antônio C. **Produção de Mudanças em viveiros florestais**: espécies nativas. São Paulo: Fundação Florestal, 1993.
- MACIEL, Alessandra D. *et al.* Comportamento do feijoeiro em cultivo consorciado com milho em sistema de plantio direto. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 26, n. 3, p. 273-278, 2004.

MAPBIOMAS. **Histórico do Fogo no Brasil: resultados da coleção 3 do MapBiomas Fogo (1985-2023)**. São Paulo: MapBiomas, 2024. Disponível em: <https://brasil.mapbiomas.org/mapbiomas-fogo/>. Acesso em: 21 de dezembro de 2025.

MARSCHNER, Petra. **Marschner's mineral nutrition of higher plants**. 3. ed. London: Academic Press, 2019.

MASSAD, Marília D. *et al.* Desempenho de milho verde em sucessão a adubação verde com crotalária, submetido a doses crescentes de esterco bovino, na caatinga mineira. **Magistra**, Cruz das Almas – BA, v.26, n.3, p.322-332, jul./set. 2014.

MELO-DE-PINNA, Gladys F. de A.; CECCANTINI, Gregório C. T.; MENEZES, Nanuza L. Morfologia e anatomia dos órgãos vegetativos. In: SANTOS, Déborah Y. A. C.; CHOW, Fungyi; FURLAN, Cláudia M. **A botânica no cotidiano**. São Paulo: Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, Departamento de Botânica, 2008.

MENEZES, Rômulo S. C.; SILVA, Tácio O. da. Mudanças na fertilidade de um Neossolo Regolítico após seis anos de adubação orgânica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.12, n.3, p.251–257, 2008.

OLIVEIRA, Francisco R. A. *et al.* Green fertilization with residues of leguminous trees for cultivating maize in degraded soil. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 31, n. 4, p. 798-807, out./dez., 2018.

PEREIRA, Leandro B. *et al.* Manejo da adubação na cultura do feijão em sistema de produção orgânico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.45, n.1, p. 29-38, jan./mar. 2015.

PÉREZ-HARGUINDEGUY, Natalia *et al.* New handbook for standardised measurement of plant functional traits worldwide. **Australian Journal of Botany**, [S.l.], n.61, p.167-234, 2013.

PRIMO, Anacláudia A. *et al.* Potencial fertilizante da serapilheira de espécies lenhosas da Caatinga na recuperação de um solo degradado. **Revista Ceres**, Viçosa, v.65, n.1, p.74-84, jan./fev. 2018.

PRIMO, Dário C. *et al.* Contribuição da adubação orgânica na absorção de nutrientes e na produtividade de milho no semiárido paraibano. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Pernambuco, v.7, n.1, p.81-88, 2022.

RAMALHO, Magno A. P. Consorciação milho-feijão. In: **Recomendações técnicas para o cultivo do milho**. 2ª ed. Sete Lagoas: Embrapa, 1982. p. 11-15.

RAMOS, Diovany D. *et al.* Decomposição em Diferentes Espécies de Leguminosas (Fabaceae). **Cadernos de Agroecologia**, [S. l.], v.13, n.2, p.1-8, 2018.

ROCHA, Daniel P. *et al.* Desempenho do feijoeiro sob o uso de biofertilizante em sistema orgânico de produção. **Acta Iguazu**, Cascavel, v.4, n.2, p.97-109, 2015.

ROCHA, João P. da. *et al.* Cultivo de sementes crioulas de milho e feijão em consórcio e monocultivo em Ipanguaçu-RN. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v.6, n.8, p. 58941-58950, ago. 2020.

RODRIGUES, Ana B. M.; GIULIATTI, Nathália M.; PEREIRA JÚNIOR, Antônio. Aplicação de metodologias de recuperação de áreas degradadas nos biomas brasileiros/ Application of methodologies for degraded areas recovering in the Brazilian Biomes. **Brazilian Applied Science Review**, Curitiba, v. 4, n. 1, p. 333–369, 2020.

SÁ, Antonia A.; SOUSA, Caíque R. C. Biodiversidade e conservação da Caatinga: um desafio para a ciência. **Revista Contemporânea**, [S. l.], v. 4, n. 12, p. 01-18, 2024.

SILVA, Adriele G. da. *et al.* O manejo florestal sustentável da Caatinga. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, [S. l.], v.7, n.5, p.872–884, 2021.

SILVA, Aline C. **Respostas aos agricultores: produtividade do feijão (*Vigna unguiculata* BRS *punjante*) em função de diferentes fontes de adubação orgânica**. 2016. 52 f. Monografia (Curso Superior de Tecnologia em Agroecologia) - Universidade Federal de Campina Grande, Sumé - PB, 2016.



- SILVA, Mateus P. da. **Uso do fogo na agricultura e seus efeitos sobre o solo: revisão.** 2023. 38 f. Monografia (Curso Superior de Tecnologia em Agroecologia) - Universidade Federal de Campina Grande / Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido, Sumé - Paraíba, 2023.
- SILVA, Tácio O. da. **Adubação orgânica da batata (*Solanum tuberosum* L.) com esterco e/ou *Crotalaria juncea* L. em um Neossolo Regolítico.** 2004. 62 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Energéticas e Nucleares) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2004.
- SOARES, Márcia T. S.; FROUFE, Luis C. M. Estimativa de ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais por meio da produção e decomposição de serapilheira. *In: PARRON, Lucilia Maria et al. Serviços Ambientais em Sistemas Agrícolas e Florestais do Bioma Mata Atlântica.* Brasília-DF: Embrapa, 2015. p. 155-170.
- SOUSA, Jakelyne S. B. de. **Agricultura de corte-e-queima e a regeneração da floresta seca da caatinga: implicações para resiliência ecológica.** 2023. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2023.
- SOUSA, Maria H. da S. de. **Produtividade do milho (*Zea mays* L.) em cultivo solteiro e consorciado com adubos verdes no cariri paraibano.** 2015. 67f. Monografia (Curso Superior de Tecnologia em Agroecologia) - Universidade Federal de Campina Grande / Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido, Sumé – Paraíba, 2015.
- SOUZA, Carlos A. M. de. *et al.* Crescimento em campo de espécies florestais em diferentes condições de adubações. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 16, n. 3, p. 243-249, 2006.
- SOUZA, Maria V. P. *et al.* Cattle manure fertilizer and biostimulant (*Trichoderma*) application to mitigate salinity stress and improve growth of green maize under an agroecological system in the Brazilian semiarid region. **Plants**, v. 14, n. 23, p. 3643, 2025.
- WANG, Yulong *et al.* Effects of nitrogen reduction with green manure incorporation on maize photosynthetic performance and yield. **Journal of Agriculture and Food Research**, v. 13, 100691, 2025. DOI: 10.1016/j.jafr.2025.100691.
- WILDNER, Leandro do P. Adubação verde: conceitos e modalidades de cultivo. *In: LIMA FILHO, Oscar Fontão de et al. Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e prática.* Brasília, DF: Embrapa, 2023. p. 17 - 40.
- ZACCHEO, Paulo V. C. *et al.* Green manure in fruticulture: Aspects on soil quality and use in agriculture. **African Journal of Agricultural Research**, [S. l.], v. 11, n. 17, p. 1469-1474, 2016.
- ZHANG, Fusuo. *et al.* Intercropping for sustainable agriculture. **Trends in Plant Science**, v. 27, p. 109–122, 2022.
- ZHOU, Chao *et al.* Manure substitution for chemical nitrogen enhances soil quality without compromising maize yield: a short-term field experiment in Northeast China. **Frontiers in Plant Science**, v. 16, 1694608, 2025.