

ARTIGO ORIGINAL

Impacto do fertilizante orgânico em mudas de *Mezilaurus itauba* coinoculadas com *Azospirillum brasilense* e *Bradyrhizobium japonicum***Impact of organic fertilizer on *Mezilaurus itauba* seedlings co-inoculated with *Azospirillum brasilense* and *Bradyrhizobium japonicum***Aline das Graças Souza^{1*} , Sonicley da Silva Maia² , Oscar José Smiderle³ ¹Universidade Federal da Paraíba - UFPB, Areia, PB, Brasil²Universidade Federal de Roraima - UFRR, Boa Vista, RR, Brasil³Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA-RR, Boa Vista, RR, Brasil

INFORMAÇÕES DO ARTIGO

Fonte de financiamento: Nenhuma.

Conflito de interesses: Nada a declarar.

*Autor correspondente: alinedasgracas@yahoo.com.br

Recebido: 20 dezembro 2023

Aceito: 16 junho 2025

Editor: Alexandre de Vicente Ferraz.

Como citar: Souza, A. G., Maia, S. S., & Smiderle, O. J. (2025). Impacto do fertilizante orgânico em mudas de *Mezilaurus itauba* coinoculadas com *Azospirillum brasilense* e *Bradyrhizobium japonicum*. *Scientia Forestalis*, 53, e4065.

<https://doi.org/10.18671/scifor.v53.13>

RESUMO

Objetivou-se determinar o efeito da presença ou ausência do fertilizante orgânico de resíduos de cupuaçuzeiro em função das doses de coinoculação de *Bradyrhizobium japonicum* + *Azospirillum brasilense* no crescimento inicial em mudas de *Mezilaurus itauba* na Amazônia setentrional. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, em esquema bifatorial 2 x 4, sendo com e sem aplicação do fertilizante orgânico de resíduos de cupuaçuzeiro (FOC e BRAZ) e quatro doses (0,0; 0,2; 0,4; 0,6 ml L⁻¹) da solução de coinoculação com cinco repetições. A presença do fertilizante orgânico de resíduos de cupuaçuzeiro é recomendado na obtenção da expansão da área foliar com a dose de máxima eficiência técnica de 0,37 ml L⁻¹ da solução de coinoculação de *Bradyrhizobium japonicum* + *Azospirillum brasilense*. A dose de máxima eficiência técnica de 0,30 mL L⁻¹ da solução de coinoculação de *Bradyrhizobium japonicum* + *Azospirillum brasilense* na presença do fertilizante orgânico de resíduos de cupuaçuzeiro é indicada para obter o máximo incremento do diâmetro do caule nas mudas de *Mezilaurus itauba*, aos 180 DAT. Para produção de mudas de *Mezilaurus itauba* recomenda-se o uso da solução de coinoculação de *Bradyrhizobium japonicum* + *Azospirillum brasilense* + fertilizante orgânico de resíduos de cupuaçuzeiro (FOC e BRAZ), pois promove equilíbrio da distribuição da biomassa entre os órgãos e consequentemente melhor qualidade nas mudas, aos 180 DAT.

Palavras-chave: Itaúba, organomineral; cupuaçuzeiro; área foliar; incremento.

ABSTRACT

The objective of this study was to determine the effect of the presence or absence of organic fertilizer from cupuaçu tree residues as a function of the co-inoculation doses of *Bradyrhizobium japonicum* + *Azospirillum brasilense* on the initial growth of *Mezilaurus itauba* seedlings in the northern Amazon area. The experimental design used was completely randomized, in a 2 x 4 bifactorial scheme, with and without application of organic fertilizer from cupuaçu tree residues (FOC and BRAZ) and four doses (0.0; 0.2; 0.4; 0.6 ml L⁻¹) of the co-inoculation solution with five replicates. The presence of organic fertilizer from cupuaçu tree residues is recommended to obtain the expansion of the leaf area with the maximum technical efficiency dose of 0.37 ml L⁻¹ of the co-inoculation solution of *Bradyrhizobium japonicum* + *Azospirillum brasilense*. The maximum technical efficiency dose of 0.30 mL L⁻¹ of the co-inoculation solution of *Bradyrhizobium japonicum* + *Azospirillum brasilense* in the presence of organic fertilizer from cupuaçu tree residues is indicated to obtain the maximum increase in stem diameter in *Mezilaurus itauba* seedlings, at 180 DAT. For the production of *Mezilaurus itauba* seedlings, it is recommended to use the co-inoculation solution of *Bradyrhizobium japonicum* + *Azospirillum brasilense* + organic fertilizer from cupuaçu tree residues (FOC and BRAZ), as it promotes balance in the distribution of biomass between the organs and consequently better quality of seedlings, at 180 DAT.

Keywords: Itaúba; organo-mineral; cupuaçu tree; leaf area; increment.



1. INTRODUÇÃO

A espécie *Mezilaurus itauba* Taub. ex Mez popularmente conhecida como itaúba-amarela, itaúba-grande, itaúba-preta, itaúba-verdadeira, itaúba-vermelha, louro itaúba, pertence à família Lauraceae (Smiderle et al., 2024a).

Mezilaurus itauba pode atingir de 40 m de altura e 80 cm de diâmetro, sendo utilizada na construção de estrutura para embarcações na Amazônia Brasileira. É utilizada na arborização urbana e seus frutos são apreciados pela avifauna. A polpa do fruto é comestível, embora um pouco resinosa (Smiderle et al., 2024b)

A espécie possui distribuição bastante ampla, ocorrendo desde o Peru, Equador, Colômbia, Venezuela, Suriname, Guiana Francesa até o centro-oeste do Brasil e Bolívia. Também ocorre em quase toda a área da região Amazônica e em Roraima (Smiderle & Souza, 2022).

Nestas áreas, o processo de degradação encontra-se acelerado devido à retirada da vegetação para exploração dos recursos naturais (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2018) e a falta de conscientização e compromisso com o reflorestamento das áreas. No processo de recuperação de áreas degradadas, a introdução de *Mezilaurus itauba* é essencial pois, por meio da associação com bactérias (Moreira, 1997), fixam o nitrogênio atmosférico, possibilitando o crescimento das plantas em condições adversas e minimizando os impactos ambientais ocasionados pelos adubos químicos (Maia & Scotti, 2010).

É importante averiguar a especificidade das bactérias a exemplo do *Bradyrhizobium japonicum* concomitantemente com o *Azospirillum brasilense* no crescimento inicial de mudas *Mezilaurus itauba*.

Contudo, o principal processo microbiano do *Azospirillum brasilense* consiste na síntese de fitormônios que promovem o crescimento do vegetal, principalmente do sistema radicular, o que favorece a nodulação e a FBN realizada pelo *Bradyrhizobium japonicum*, além de trazer outros benefícios, como maior volume do sistema de radicular, o que aumenta a área do solo explorado (Milhomem et al., 2025)

Souza et al. (2023) relataram a harmoniosa associação benéfica entre os efeitos da mistura de fertilizante inorgânico (NPK) com doses de *Azospirillum brasilense* em mudas de espécie florestal nativa da Amazônia Setentrional favorecendo maior biomassa de raízes, de forma a proporcionar maior volume de raiz e maior capacidade de absorver e utilizar os nutrientes disponíveis do solo.

Por sua vez, Smiderle et al. (2024a) recomenda-se o uso de pacote tecnológicos como dose de *Trichoderma harzianum* + fertilizante organomineral de resíduos de cupuaçuzeiro no setor de produção de mudas florestais nativas da região norte do Brasil. A utilização deste fertilizante organomineral apresentam-se como alternativa promissora para a fertilidade do solo (Smiderle et al., 2024b), pois tem o potencial de substituir parcial ou totalmente os fertilizantes minerais industrializados (Holík et al., 2019).

Além disso, os compostos organominerais apresentam atributos vantajosos para o solo, incluindo a ativação da biota do solo, fornecimento de nutrientes, preservação da umidade e aprimoramento das propriedades físicas do solo (Dueñas et al., 2020).

Diante do exposto, objetivou-se determinar o efeito da presença ou ausência do fertilizante orgânico de resíduos de cupuaçuzeiro em função das doses de coinoculação de *Bradyrhizobium japonicum* + *Azospirillum brasilense* no crescimento inicial em mudas de *Mezilaurus itauba* na Amazônia setentrional.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O clima predominante na região de Boa Vista/RR é do tipo Am, considerado como clima tropical de monção, segundo Köppen-Geiger.

A precipitação média anual é de até 1808 mm, com os maiores valores de precipitação observados em junho (365 mm) e os mais baixos em fevereiro (26 mm).

O experimento foi instalado no viveiro florestal com sombrite 50% de luminosidade, pertencente a Embrapa-Roraima, que se localiza na cidade de Boa Vista do estado de Roraima (2°45'22" N latitude, 60°43'55" W longitude e 80 m altitude). Os valores de luminosidade foram registrados durante a condução do experimento no período matutino e vespertino conforme a Figura 1.

A espécie estudada na presente pesquisa foi *Mezilaurus itauba*. Os frutos foram colhidos de árvores localizada nas coordenadas geográficas de 1°38'29" de latitude norte e 60°58'11" de longitude oeste, no município de Caracaraí - RR. Após a obtenção dos frutos as sementes, foram beneficiadas, e em seguida estas foram semeadas, em areia de granulometria média, a 1,0 cm de profundidade em bandejas plásticas em casa de vegetação com temperatura média no período de avaliações de 27 ± 5 °C e umidade relativa do ar, de 60% a 70%.

A umidade do substrato areia foi mantida sob irrigação manual, dispo de quatro regas diárias. As plântulas foram transplantadas quando atingiram 15 cm de altura, entre a região do colo e o ápice, para sacolas de plástico com capacidade de 1 litro, contendo substrato 25% areia + 25% solo + 25% casca de arroz carbonizada + 25% composto orgânico. O substrato apresentava as seguintes características químicas, de acordo a metodologia descrita por Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1997): pH - 6,7; P - 0,88 cmolc dm⁻³; K - 0,33 cmolc dm⁻³; Ca - 15,0 cmolc dm⁻³; Mg - 0,9 cmolc dm⁻³; H+Al - 1,1 cmolc dm⁻³; matéria orgânica 3,9 dag/kg; CTC- 15,42 dag/kg, SB- 15,42 dag/kg, Zn- 18,1 mg/dm³, Fe- 17,1 mg/dm³, Mn-82,6 mg/dm³, Cu- 0,5 mg/dm³, B- 0,7 mg/dm³, S- 19,7mg/dm³.

A temperatura média diária registrada foi de 29 ± 3 °C e a umidade relativa do ar, de 60% a 80% no período de crescimento das mudas de itaúba (*Mezilaurus itauba*), e irrigadas manualmente conforme a necessidade, sendo utilizadas, uma única aplicação com auxílio do backer de 50 mL do fertilizante orgânico de resíduos de cupuaçuzeiro (FOC/planta), no período vespertino a partir das 16h30min.

O fertilizante organomineral proveniente de resíduos de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) (FOC) foi obtido a partir do processo de compostagem de restos culturais de pomar de cupuaçu, em área de agricultura familiar, no município de Pacaraima, RR, utilizando folhas, galhos e ramos com sintomas de vassoura-de-bruxa decorrentes de poda fitossanitária, além de cascas e sementes de frutos de cupuaçu que foram descartadas após o beneficiamento dos frutos.

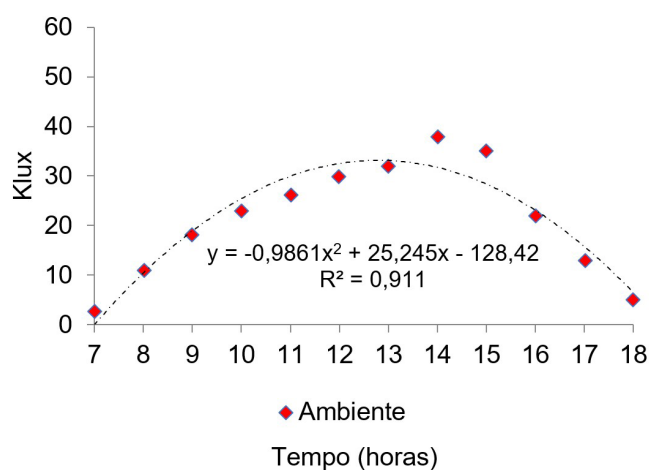


Figura 1. Luminosidade expressa em Klux registrado durante período de produção de mudas de itaúba (*Mezilaurus itauba*).

Tais resíduos foram triturados e dispostos em pilhas, com camadas de restos vegetais, intercaladas com camadas de esterco, na proporção de 3:1, respectivamente, dentro de composteiras de madeira até a altura máxima de 1,5 m. O material foi revolvido a cada cinco dias durante os primeiros 15 dias e, após esse período, a cada 10 dias, sendo regado durante os primeiros 14 dias.

O resíduo líquido obtido do processo de compostagem foi drenado para um tanque de água conectado à composteira, armazenado e posteriormente coletado para análise. Amostras do resíduo líquido obtido do processo de compostagem foram enviadas à SOLOCRIA Laboratório Agropecuário LTDA para análises de macronutrientes e micronutrientes. O FOC apresenta na sua composição química: N- 0,15%, P₂O₅ - 0,021%; K₂O - 0,227%; Ca - 0,010%; Mg - 0,012%; Zn- 0,700%; Fe- 7,250%; Mn-2,250%; Cu- 0,200%; B- 0,03%; S- 0,008%.

A solução de *Bradyrhizobium japonicum* + *Azospirillum brasilense* (2x10⁸ células viáveis mL⁻¹), com concentração mínima de 200 milhões de células viáveis mL⁻¹, conforme recomendado pela legislação brasileira (Hungria, 2011), foi depositada em quatro pequenas depressões de 3 cm na superfície, distantes 2 cm do colo da planta, utilizando-se pipeta graduada automática.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, em esquema bifatorial 2 x 4, sendo com e sem aplicação do fertilizante orgânico de resíduos de cupuaçuzeiro (FOC e BRAZ) e quatro doses (0,0; 0,2; 0,4; 0,6 mL L⁻¹) da solução de coinoculação com cinco repetições, sendo cada repetição composta por cinco plântulas (uma em cada recipiente).

Aos 180 dias após o transplantio (DAT), as mudas foram avaliadas quanto a altura da parte aérea (H), com o auxílio de régua graduada, e diâmetro do caule (DC), com paquímetro digital. O incremento do diâmetro do caule (Δ DC) e altura da parte aérea (Δ H) foi obtido a partir dos dados coletados a cada 30 dias, durante o período de crescimento das plantas até o encerramento do experimento.

Para obtenção da massa seca das plântulas, foi dividida em raiz e parte aérea. As raízes foram lavadas em água corrente, posteriormente, raízes e parte aérea foram colocadas em sacos de papel tipo kraft e submetidas à secagem em estufa de circulação de ar forçada, com temperatura ajustada para 70°C, durante 72 horas e, posteriormente, pesadas em balança analítica (0,0001 g) para determinação da massa seca da parte aérea (MSPA, g planta), massa seca de raiz (MSR, g planta), e pelo somatório destas, calculou-se massa seca total da planta (MST, g planta). O índice de qualidade de Dickson (Dickson et al., 1960) foi determinado por meio da fórmula descrita:

$$IQD = \frac{MST (g)}{\frac{H (cm)}{DC (mm)} + \frac{MSPA (g)}{MSR (g)}} \quad (1)$$

As doses de máxima eficiência técnica (DMTE) de coinoculação foram calculadas derivando-se e igualando a zero as funções quadráticas médias de produção que melhor se ajustaram aos dados de acordo com a equação 2 e 3 (Tiesdale et al., 1993).

$$y = cx^2 + bx + a \quad (2)$$

$$\frac{dy}{dx} = 2cx + b = 0 \quad (3)$$

A área foliar (AF, m² m⁻²) foi obtida a partir do medidor de área Li-Cor, modelo LI3100C.

Todas as variáveis foram submetidas a comparação de médias pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade e as variáveis quantitativas foram submetidas à análise de regressão a fim de verificar a resposta da aplicação do FOC em função das doses de coinoculação. A análise dos dados foi realizada no pacote estatístico Sisvar (Ferreira, 2014). Análise de componentes principais das variáveis morfológicas das mudas de itaúba (*Mezilaurus itauba*) em função da coinoculação das doses com e sem FOC foi realizada, with the statistic software R (R Core Team, 2022).

3. RESULTADOS

A análise de variância revelou efeito significativo ($p < 0,01$ e $p < 0,05$) para a interação entre do fertilizante orgânico de resíduos de cupuaçuzeiro (FOC) e doses da solução de coinoculação *Bradyrhizobium japonicum* + *Azospirillum brasilense* (BRAZ) para as variáveis diâmetro de caule, área foliar, massa seca da parte aérea, raiz e total, e incremento do diâmetro do caule (Δ DC) e altura da parte aérea (Δ H) (Tabela 1), sugerindo que a aplicação de diferentes combinações de (FOC e BRAZ) podem exercer influência direta sob o crescimento das plantas de *Mezilaurus itauba*, bem como, no acúmulo de biomassa.

Também, houve efeito significativo do fator BRAZ de forma isolada, para todas as variáveis consideradas ($p < 0,01$ e $p < 0,05$). Enquanto que,

Tabela 1. Sumário da análise de variância para altura de plantas, diâmetro de caule, massa seca da parte aérea, massa seca de raiz, massa seca total e índice qualidade dickson, incremento em altura, incremento em diâmetro, de *Mezilaurus itauba* sem e com FOC em função das doses de coinoculação 0, 0,2, 0,4 e 0,6 mL L⁻¹.

Variáveis	Fonte de variação			CV (%)
	FOC (F)	Doses (D)	F x D interações	
	(GL = 1) ¹	(GL = 3)	(GL = 3)	
Altura (cm)	52,5312 ^{ns}	81,7812 [*]	5,2812 ^{ns}	12,89
Diâmetro de caule (mm)	3,3153 ^{**}	1,4236 ^{**}	0,2603 ^{**}	3,83
Área Foliar (m ² m ⁻²)	557040,125 ^{**}	1280788,250 ^{**}	35507208 ^{**}	5,80
Massa seca parte aérea (g plant)	2,0402 ^{**}	7,9963 ^{**}	0,1263 ^{**}	3,10
Massa seca raiz (g plant)	1,3203 ^{**}	9,0723 ^{**}	0,4722 ^{**}	4,26
Massa seca total (g plant)	6,7436 ^{**}	33,7874 ^{**}	0,9349 ^{**}	3,18
Índice qualidade de Dickson	0,1610 ^{ns}	0,9655 ^{**}	0,0700 ^{ns}	5,52
Incremento Altura (cm)	78,1250 [*]	89,1250 ^{**}	5,1250 [*]	12,36
Incremento Diâmetro (mm)	2,9403 ^{**}	1,4628 ^{**}	0,1511 [*]	10,06

^{ns} não significativo e *,**significativo e a 5 e 1% probabilidade nível ($p < 0,01$) pelo teste F. GL: grau de liberdade. CV: Coeficiente de variação.

para o fator FOC de forma isolada, houve diferenças significativas ($p < 0.01$ e $p < 0.05$) para todas as variáveis, exceto altura de plantas e índice de qualidade de Dickson.

A superioridade na altura (37,15 cm) das mudas de *Mezilaurus itauba* dos resultados obtidos na presente pesquisa foi na DMTE de 0,32 ml L⁻¹ da solução de coinoculação (Figura 2A). Por sua vez, para a variável diâmetro de caule (6,64 mm) foi revelada a DMTE 0,33 ml L⁻¹ da solução de coinoculação, entretanto, com FOC.

Em contrapartida, na ausência do FOC, o diâmetro máximo foi de 6,17 mm com a DMTE 0,40 ml L⁻¹ da solução de coinoculação, o qual

apresentou diferença reducional no diâmetro do caule de 7,1% quando comparado com a DMTE 6,64 ml L⁻¹ da solução de coinoculação na presença de FOC com diâmetro máximo de 6,64 mm (Figura 2B).

Adicionalmente a isso, para o incremento do diâmetro do caule (ΔH) (20,14 cm) nas mudas de *Mezilaurus itauba* a DMTE foi de 0,32 ml L da solução de coinoculação com FOC, enquanto sem FOC a DMTE foi de 0,32 ml L da solução de coinoculação com ΔH de 18,73 cm. A promoção do incremento em altura (ΔH) e no diâmetro do caule (ΔDC) ocasionada pelas doses da solução de coinoculação está demonstrado na Figura 2C e D. O máximo ΔDC (3,16 mm) foi na

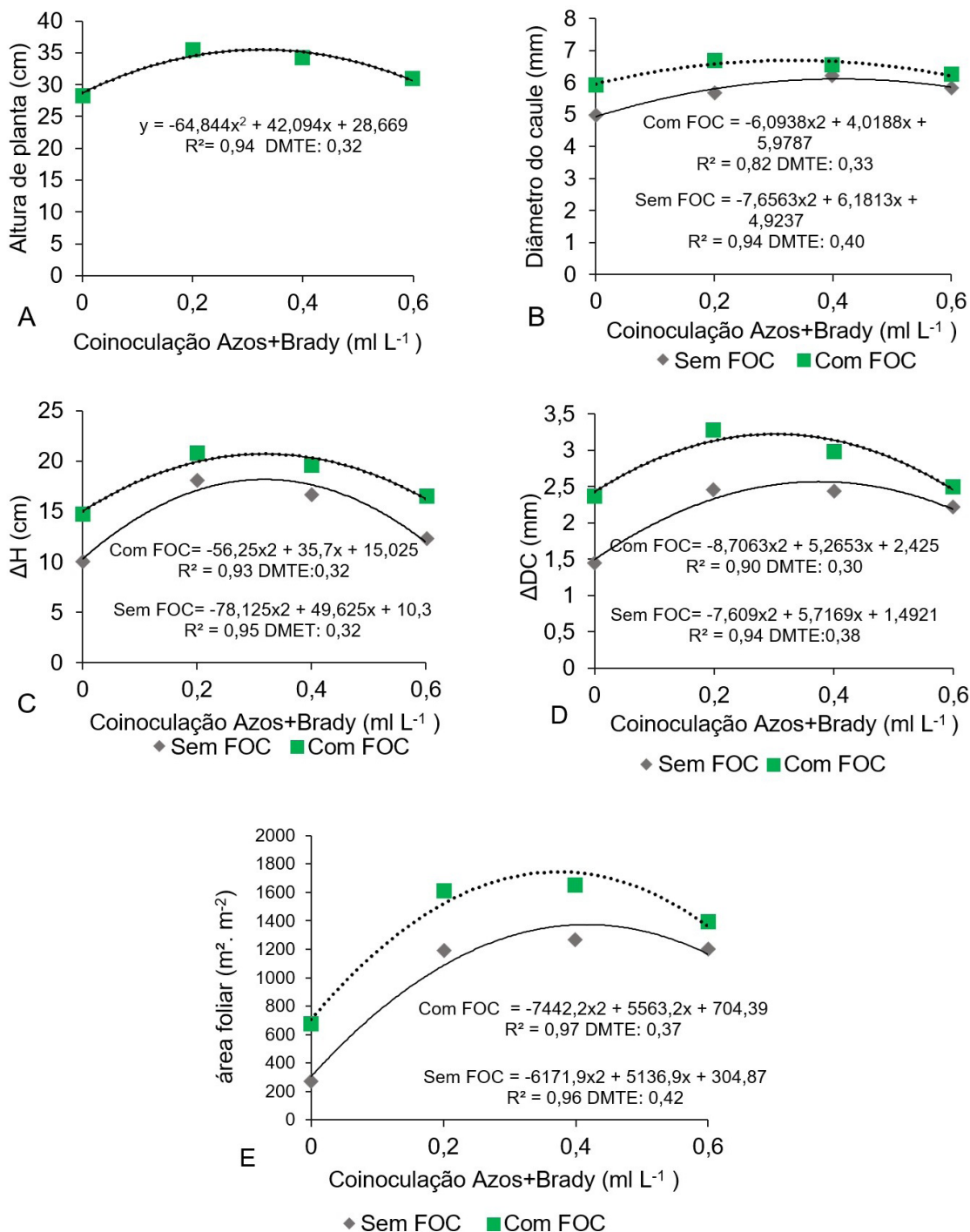


Figura 2. Valores médios (A) de altura e (B) diâmetro do caule (C) incremento em altura (ΔH) e no (D) diâmetro do caule (ΔDC), (E) área foliar em função da coinoculação das doses de: 0; 0,2; 0,4, 0,6 ml L⁻¹ com e sem fertilizante orgânico de resíduos de cupuaçuzeiro (FOC) em mudas de itaúba (*Mezilaurus itauba*) aos 180 dias após o transplântio

DMTE de 0,30 ml L⁻¹ da solução de coinoculação com FOC nas mudas de *Mezilaurus itauba*, aos 180 DAT (Figura 3B).

Para biomassa de MSPA em mudas de *Mezilaurus itauba* com FOC a DMTE foi de 0,49 ml L⁻¹ da solução de coinoculação exibindo a biomassa de 6,50 g planta (Figura 3A). Enquanto em mudas de *Mezilaurus itauba* sem aplicação de FOC para MSPA a DMTE foi de 0,38 ml L⁻¹ da solução de coinoculação com biomassa de 6,21 g planta (Figura 3A).

Por sua vez, a MSPA na DMTE 0,49 ml L⁻¹ da solução de coinoculação com FOC apresentou ganho de biomassa na parte aérea de 40,4% em relação a testemunha (Figura 3A), exibindo efeito significativo e positivo, indispensável para a manutenção dos processos fisiológicos que culminam na promoção de biomassa e crescimento de planta.

Adicionalmente a isso, para MSR a DMTE foi 0,37 ml L⁻¹ da solução de coinoculação com FOC exibindo biomassa de 7,89 g planta (Figura 3B), enquanto sem FOC a DMTE foi 0,39 ml L⁻¹ da solução de coinoculação com biomassa de 7,92 g planta.

Em relação à produção de massa seca total das mudas (MST) de *Mezilaurus itauba* (Figura 3C), exibiram acréscimos graduais até a DMET de 0,39 ml L⁻¹ da solução de coinoculação com FOC.

De acordo com os resultados obtidos, o maior IQD alcançado foi de 2,34 com a DMET de 0,45 ml L⁻¹ da solução de coinoculação resultando em IQD de 2,32 (Figura 3D).

As variáveis estudadas na presente pesquisa foram convertidas, pela análise de componentes principais, em dois conjuntos de variáveis representados pelos componentes PC1 e PC2, no qual agruparam 96,2% da variabilidade dos dados.

Destes, o PC1 explicou 11,6% e PC2 -85,0%. Assim, a relação entre o PC1 e PC2 foi eficiente na formação dos tratamentos em dois agrupamentos: grupo posicionado no primeiro quadrante, em que com FOC (100) na dose de 0,6 ml L⁻¹ da solução de coinoculação tiveram maior relação; e grupo posicionado no segundo quadrante, composto com FOC (100) na dose de 0,2 ml L⁻¹ da solução de coinoculação (Figura 4).

A presença de FOC (100) com a dose de 0,6 ml L⁻¹ da solução de coinoculação apresentaram relação positiva com as variáveis resposta de MSR, MSPA e MST (Figura 4). Por outro lado, os tratamentos com FOC (100) na dose de 0,2 ml L⁻¹ da solução de coinoculação apresentaram relações positivas com as variáveis altura, diâmetro do caule, incremento em altura e incremento do diâmetro. Além disso, a relação entre o PC1 e PC2 foi totalmente eficiente em separar as doses da solução de coinoculação na presença de FOC (100).

4. DISCUSSÃO

Mesmo com tendência não significativa no diâmetro de caule das mudas de *Mezilaurus itauba*, os valores do diâmetro de caule permaneceram dentro do recomendado por Smiderle et al. (2022) para espécies florestais nativas da Amazônia setentrional, sugerindo que as doses da solução de coinoculação, até a DMTE estimadas, pode ser usada nas mudas *Mezilaurus itauba*, até o período avaliado na presente pesquisa.

Frente a essa afirmação, o uso da solução de coinoculação como promotor de crescimento é uma alternativa viável a planta e ao meio

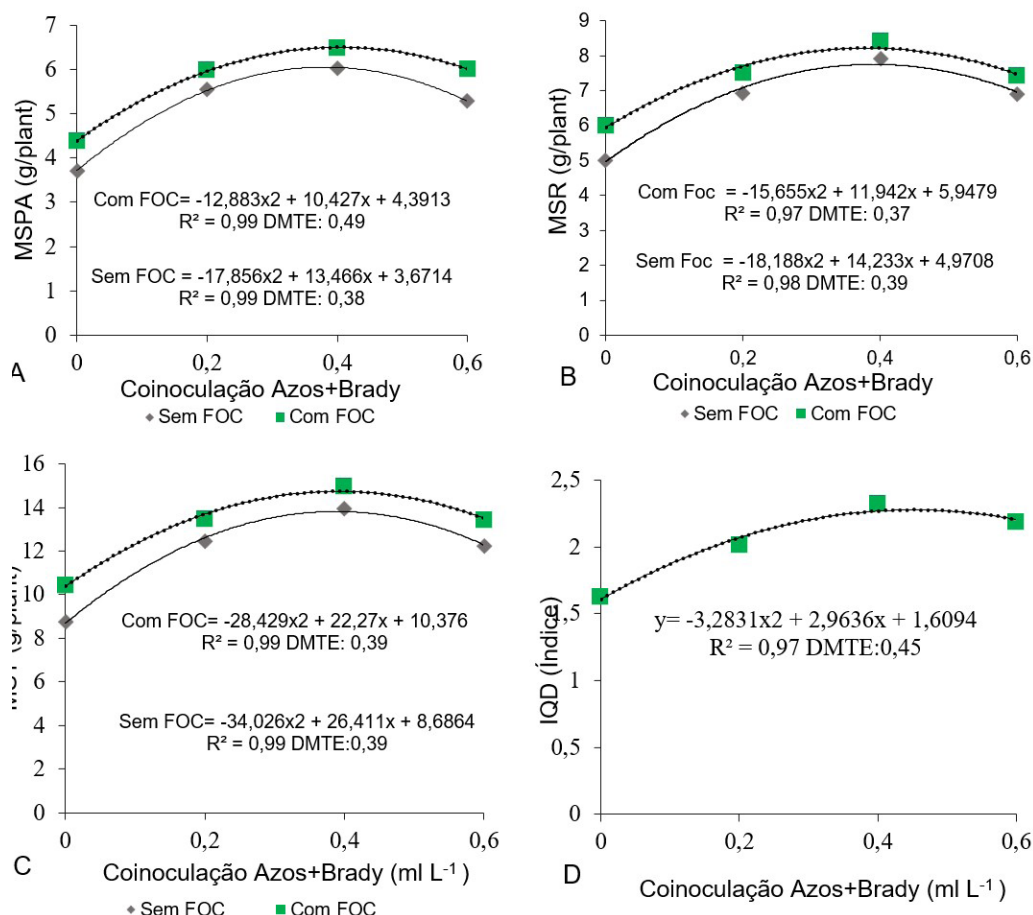


Figura 3. Valores médios de médios (A) massa seca da parte aérea, (B) massa seca de raiz, (C) massa seca total e índice de qualidade de Dickson (D), em função da coinoculação das doses: 0; 0,2; 0,4; 0,6 ml L⁻¹ com e sem fertilizante orgânico de resíduos de cupuaçuzeiro (FOC) em mudas de itaúba (*Mezilaurus itauba*) aos 180 dias após o transplantio.

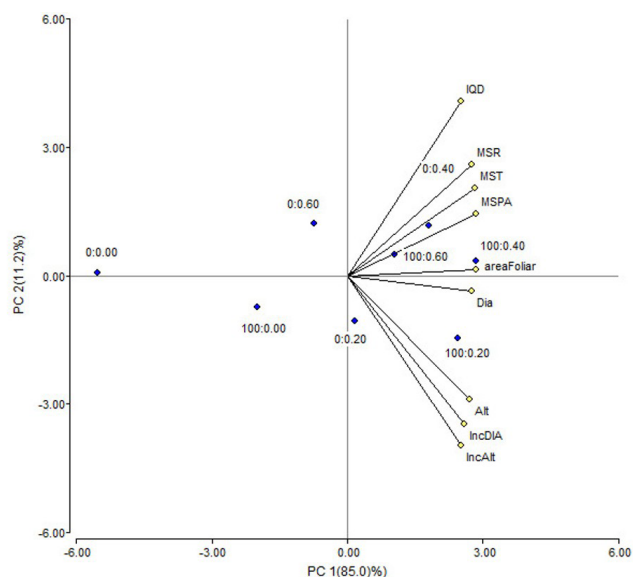


Figura 4. Análise de componentes principais das variáveis morfológicas das mudas de itaúba (*Mezilaurus itauba*) em função da coinoculação das doses: 0,0; 0,2; 0,4; 0,6 ml L⁻¹ com (100) e sem (0) fertilizante orgânico de resíduos de cupuaçuzeiro (FOC).

ambiente. Visto que, minimiza o uso de agrotóxicos e insumos e bem como vislumbra-se a intensificação da adoção e o uso adequado dessa tecnologia nos viveiros florestais para produção de *Mezilaurus itauba* no estado de Roraima.

Souza et al. (2023) estudando o crescimento de mudas de *Cordia alliodora* sob doses de *Azospirillum brasilense*, no mesmo substrato da presente pesquisa, concluíram que a adição deste inoculante na DMTE 0,41 ml L⁻¹ possibilita a obtenção de mudas de maior robustez, equilíbrio da distribuição de biomassa e alto padrão de qualidade.

Segundo Souza et al. (2020) o índice de qualidade de Dickson (IQD) é um bom indicador da qualidade das mudas florestais, pois considera para o seu cálculo a robustez e o equilíbrio da distribuição da biomassa entre os órgãos, ambos parâmetros considerados importantes para a recomendação confiável da qualidade da muda. Para Souza et al. (2018) e Smiderle et al. (2023) o valor considerado ideal para o IQD em mudas florestais nativas de Roraima é de aproximadamente 1,00. Na presente pesquisa o IQD foi superior ao supracitado pelos autores.

De maneira geral, na presente pesquisa as mudas de *Mezilaurus itauba* permaneceram por 180 DAT na ambiência a nível de luminosidade variando de 2,7 a 38,0 lux no viveiro de telado da presente pesquisa, fato esse, foi de suma importância na promoção da área foliar, concomitantemente com adição de FOC na DMTE de 0,37 ml L⁻¹ da solução de coinoculação com máxima área foliar de 1744,04 m² m² (Figura 2E).

A liberação rápida do FOC e da solução de coinoculação e a absorção da quantidade ideal de nutrientes pelas mudas de *Mezilaurus itauba* ao longo do período de crescimento sugere propiciar a formação, e ativação dos compostos e processos relacionados à fotossíntese, induzindo assim maior eficiência nos processos fisiológicos, maior área foliar o que consequentemente culminou no aumento do acúmulo de matéria seca na parte aérea (Figura 3A) das plantas.

Entretanto, os resultados obtidos na presente pesquisa com diferentes doses da solução de coinoculação *Azospirillum brasilense* + *Bradyrhizobium japonicum*, indicam que o emprego de uma dose acima 0,44 ml L⁻¹ podem afetar o crescimento das plantas, isso se considerada a interação do uso do insumo (FOC) e bem como o fator luminosidade.

Sendo assim, espera-se que no fornecimento de *Azospirillum brasilense* + *Bradyrhizobium japonicum* com FOC em concentrações adequadas possa garantir, junto aos micronutrientes, a manutenção dos principais processos metabólicos que promovem superioridade na qualidade das mudas florestais nativas.

As variáveis estudadas na presente pesquisa foram convertidas, pela análise de componentes principais, em dois conjuntos de variáveis representados pelos componentes PC1 e PC2, no qual agruparam 96,2% da variabilidade dos dados. Neste sentido, observa-se na Figura 4, que as variáveis e os tratamentos estão representados por quadrantes.

Quando o ângulo entre vetores está próximo significa que estas variáveis apresentam alta correlação. Além disso, quando as variáveis estão na mesma direção dos tratamentos, também possuem alta correlação positiva, e à medida em que o ângulo aumenta a correlação entre essas variáveis diminui, e quando os vetores são opostos, esses apresentam correlação negativa.

5. CONCLUSÕES

A presença do fertilizante orgânico de resíduos de cupuaçuzeiro é recomendado na obtenção da expansão da área foliar na DMTE de 0,37 ml L⁻¹ da solução de coinoculação de *Bradyrhizobium japonicum* + *Azospirillum brasilense*.

A dose de máxima eficiência técnica de 0,30 ml L⁻¹ da solução de coinoculação de *Bradyrhizobium japonicum* + *Azospirillum brasilense* na presença do fertilizante orgânico de resíduos de cupuaçuzeiro é indicada para obter o máximo ΔDC nas mudas de *Mezilaurus itauba*, aos 180 DAT.

Para produção de mudas de *Mezilaurus itauba* recomenda-se o uso da solução de coinoculação de *Bradyrhizobium japonicum* + *Azospirillum brasilense* + fertilizante orgânico de resíduos de cupuaçuzeiro, pois promove equilíbrio da distribuição da biomassa entre os órgãos e consequentemente melhor qualidade nas mudas, aos 180 DAT.

6. AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de Iniciação Científica (CNPq/Embrapa – processo: 134991/2022-2 ao primeiro autor e da bolsa de produtividade em pesquisa ao segundo autor.

REFERENCIAS

- Dickson, A., Leaf, A. L., & Hosner, J. F. (1960). Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. *Forestry Chronicle*, 36(2), 10-13. <http://doi.org/10.5558/tfc36010-1>.
- Dueñas, J. F., Camenzind, T., Roy, J., Hempel, S., Homeier, J., Suárez, J. P., & Rillig, M. C. (2020). Moderate phosphorus additions consistently affect community composition of arbuscular mycorrhizal fungi in tropical montane forests in southern Ecuador. *The New Phytologist*, 227(5), 1505-1518. PMID:32368801. <http://doi.org/10.1111/nph.16641>.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA. (1997). *Manual de métodos de análise de solos* (2. ed.). Rio de Janeiro.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA. (2018). *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos* (5. ed.). Brasília: Embrapa. Recuperado em 10 de junho de 2025, de <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/> /publicacao/1107206/sistemabrasileiro-de-classificacao-de-solos

- Ferreira, D. F. (2014). Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. *Ciência e Agrotecnologia*, 38(4), 109-112. <http://doi.org/10.1590/S1413-70542014000200001>.
- Holík, L., Hlisenkovský, L., Honzík, R., Trögl, J., Burdová, H., & Popelka, J. (2019). Soil microbial communities and enzyme activities after long-term application of inorganic and organic fertilizers at different depths of the soil profile. *Sustainability (Basel)*, 11(12), 3251. <http://doi.org/10.3390/su11123251>.
- Hungria, M. (2011). *Inoculação com Azospirillum brasilense: inovação em rendimento a baixo custo* (37 p., Documentos, no. 325). Londrina: Embrapa Soja.
- Maia, J., & Scotti, M. R. (2010). Growth of *Inga vera* Willd. subsp. *affinis* under rizobia inoculation. *Revista de la Ciencia del Suelo y Nutrición Vegetal*, 10(2), 139-149.
- Milhomem, C. A., Dionísio, L. F. S., Souza, A. G., & Smiderle, O. J. (2025). Bioregulators Stimulate® and Acadian® as growth stimulants for *Mezilaurus itauba* TAUB. EXMEZ seedlings. *Semina: Ciências Agrárias*, 46(3), 861-874. <http://doi.org/10.5433/1679-0359.2025v46n3p861>.
- Moreira, F. M. S. (1997). Nodulação e crescimento de 49 leguminosas arbóreas nativas da Amazônia em viveiro. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 21(4), 581-590. <http://doi.org/10.1590/S0100-06831997000400008>.
- R Core Team. (2022) *R: a language and environment for statistical computing*. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. Recuperado em 10 de junho de 2025, de <https://www.R-project.org/>
- Smiderle, O. J., & Souza, A. G. (2022). *Cartilha de sementes de espécies florestais em Roraima* (60 p.). Embrapa Roraima.
- Smiderle, O. J., Souza, A. G., Maia, S. S., Reis, N. D., Costa, J. S., & Pereira, G. S. (2022). Do Stimulate® and Acadian® promote increased growth and physiological indices of *Hymenaea courbaril* seedlings? *Revista Brasileira de Fruticultura*, 44(2), e-872. <http://doi.org/10.1590/0100-29452022872>.
- Smiderle, O. J., Souza, A. G., & Maia, S. S. (2023). Do doses of controlled-release fertilizer and container volume influence the quality of *Hymenaea courbaril* seedlings? *Revista Brasileira de Fruticultura*, 45, e-249. <http://dx.doi.org/10.1590/0100-29452023249>.
- Smiderle, O. J., Souza, A. G., Lima-Primo, H. E., & Fagundes, P. R. O. (2024a). Efficiency of organomineral fertilizer and doses of *Azospirillum brasilense* on the morphophysiological quality of *Mezilaurus itauba* seedlings. *Brazilian Journal of Biology = Revista Brasileira de Biologia*, 84(1), 279851. PMID:38747856. <http://doi.org/10.1590/1519-6984.279851>.
- Smiderle, O. J., Milhomem, C. A., Dias, T. J., Alves, E. U., & Souza, A. G. (2024b) Quality of *Mezilaurus itauba* seedlings inoculated with *Trichoderma harzianum* under doses of organomineral fertilizer from cupuaçu residues. *Brazilian Journal of Biology*, 84(1), e284144. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.284144>.
- Souza, A. G., Smiderle, O. J., & Chagas, E. A. (2018). Nutrition and accumulation of nutrients in *Pochota fendleri* seedlings. *Agrária*, 13(3), 1-7. <http://doi.org/10.5039/agraria.v13i3a5559>.
- Souza, A. G., Smiderle, O. J., & Maia, S. S. (2023). Do Stimulate® and *Ascophyllum nodosum* seaweed promote the morphophysiological characteristics of *Cordia alliodora* seedlings? *Australian Journal of Crop Science*, 17(5), 447-452. <http://doi.org/10.21475/ajcs.23.17.05.p3832>.
- Souza, A. G., Smiderle, O. J., Chagas, E. A., Alves, M. S., & Fagundes, P. R. O. (2020). Growth, nutrition and efficiency in the transport, uptake and use of nutrients in african mahogany. *Revista Ciência Agronômica*, 51(2), e20196711. <http://doi.org/10.5935/1806-6690.20200024>.
- Tiesdale, S. L., Nelson, W. L., & Beaton, J. D. (1993). *Soil fertility and fertilizers* (5th ed., 634 p.). New York: Macmillan.

CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

AGS: Conceituação, metodologia, supervisão, Escrita – Primeira Redação; OJS: Visualização, Escrita – Revisão e Edição, Curadoria de Dados; SSM: Curadoria de Dados.