



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DO PARÁ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA DAS ÁGUAS
BACHARELADO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

LUDYANNE DA SILVA SOUSA

**FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES QUANTO MAIS, MELHOR?
SIM E NÃO PARA MUDAS DE *Handroanthus serratifolius* (Vahl) S.O. Grose**

SANTARÉM

2023

LUDYANNE DA SILVA SOUSA

FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES QUANTO MAIS, MELHOR?

SIM E NÃO PARA MUDAS DE *Handroanthus serratifolius* (Vahl) S.O. Grose

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Bacharelado em Ciências Biológicas, para obtenção do grau de bacharel em Ciências Biológicas. Universidade Federal do Oeste do Pará. Instituto de Ciências e Tecnologia das Águas.

Orientador: Prof. Dr. Túlio Silva Lara
Coorientador: Técnico Dr. Marcos Diones
Ferreira Santana

SANTARÉM

2023

LUDYANNE DA SILVA SOUSA

FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES QUANTO MAIS, MELHOR?


SIM E NÃO PARA MUDAS DE *Handroanthus serratifolius* (Vahl) S.O. Grose

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Bacharelado em Ciências Biológicas, para obtenção do grau de bacharel em Ciências Biológicas. Universidade Federal do Oeste do Pará. Instituto de Ciências e Tecnologia das Águas.


Orientador: Prof. Dr. Túlio Silva Lara
Coorientador: Dr. Marcos Diones Ferreira Santana

Conceito: Aprovada

Data de Aprovação: 18/01/2023

Documento assinado digitalmente
 TULIO SILVA LARA
Data: 27/01/2023 14:57:13-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>


Prof. Dr. Túlio Silva Lara – Orientador
Universidade Federal do Oeste do Pará

Documento assinado digitalmente
 MARCOS DIONES FERREIRA SANTANA
Data: 28/01/2023 15:32:39-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Dr. Marcos Diones Ferreira Santana – Coorientador
Universidade Federal do Oeste do Pará



Prof. Dr. Edgard Siza Tribuzy
Universidade Federal do Oeste do Pará

Documento assinado digitalmente
 ELCIO MEIRA DA FONSECA JUNIOR
Data: 27/01/2023 15:15:03-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Prof. Dr. Elcio Meira da Fonseca Junior
Universidade Federal do Oeste do Pará

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas – SIBI/UFOPA

- S725f Sousa, Ludyenne da Silva
 Fungos micorrízicos arbusculares quanto mais, melhor? Sim e não para mudas de *Handroanthus serratifolius* (Vahl) S. O. Grose./ Ludyenne da Silva Sousa. – Santa-rém, 2023.
 26 p. : il.
 Inclui bibliografias.
- Orientador: Túlio Silva Lara.
 Coorientador: Marcos Diones Ferreira Santana.
 Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal do Oeste do Pará, Instituto de Tecnologia e Ciências das Águas, Bacharelado em Ciências Biológicas.
1. FMA. 2. Ipê amarelo. 3. Densidade. I. Lara, Túlio Silva, *orient.* II. Santana, Marcos Diones Ferreira, *coorient.* III. Título.

CDD: 23 ed. 571.2

AGRADECIMENTO

Agraço a UFOPA por todo amparo para a realização deste trabalho. Assim como ao Laboratório de Fisiologia Vegetal e Crescimento de Plantas (LaFV) por fornecer toda a infraestrutura necessária para a realização deste projeto.

Agradeço ao meu orientador, Prof. Dr. Túlio Silva Lara pela oportunidade de conhecer e integrar o LaFV me fazendo gostar das plantas e me encontrar dentro das diversas áreas da biologia.

Agradeço ao Dr. Marcos Diones Ferreira Santana por me apresentar o mundo das micorrizas pelo qual hoje me desperta grande fascínio.

Um agradecimento especial a Tatiane Correia por sua amizade e companheirismo durante a minha jornada no laboratório de fisiologia. Obrigada por todas as conversas, lanches e a ajuda com a pipetagem desse trabalho.

Agradeço também a todos os meus amigos de laboratório por toda a ajuda que me forneceram para a execução desse trabalho especialmente a Frank Farias e Jessica Aires.

Agradeço também a todos os meus amigos do curso em especial a turma BCB2017, sou extremamente grata por fazer parte dessa turma.

Aos “biólogos surtados” os quais me acompanharam desde o início dessa jornada e que me protegeram das aranhas nos campos, seguraram minha mão quando tive medo das guaribas ou quando passamos noites em claro desenhando o ciclo de Krebs na parede de casa. Obrigada por compartilhar cada momento.

Obrigada Jannah Alves por sua amizade e por todas as conversas sendo elas edificantes ou não.

Agradeço a minha família por todo o incentivo que me forneceram durante todo o meu percurso dentro da universidade. A minha mãe, Maria Riziete C. S., por sempre me incentivar a fazer algo que gostasse. Ao meu pai, Ludinaldo Campos, por sempre me incentivar a ser mais confiante.

RESUMO

Estudos sobre a relação entre *Handroanthus serratifolius* e os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) são poucos na literatura, assim como a influência da densidade de esporos de FMA no desenvolvimento das plantas, porém fundamentais para determinar o grau de benefícios dessa relação. Portanto, objetivou-se submeter mudas de *H. serratifolius* a diferentes densidades de esporos de FMA, para isto utilizou-se parâmetros de crescimento e bioquímicos. Utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado com esquema de três densidades de esporos e o controle. Onde as densidades foram classificadas como baixa, média e alta com 1.54, 3.08 e 12.35 esporos g^{-1} respectivamente. Foram realizadas análises do crescimento vegetal, colonização micorrízica, concentração de compostos nitrogenados e carboidratos. A densidade média de esporos proporcionou maiores incrementos de biomassa, altura, área foliar e volume de raiz. Observou-se maior eficiência do metabolismo do nitrogênio, visto que os compostos amônio e nitrato foram mais rapidamente incorporados aos compostos proteínas e clorofila. Já a dinâmica dos carboidratos observou-se a importância de analisar outros grupos de carboidratos além dos açúcares solúveis totais. Esses resultados corroboram para a replicabilidade de futuros estudos com foco na simbiose da planta e dos FMA sugerindo a existência de uma densidade apropriada para melhor averiguar essa relação.

Palavras-chave: FMA. Ipê-amarelo. Densidade. Esporos.

ABSTRACT

Studies on the relationship between *Handroanthus serratifolius* and arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) are few in the literature, as well as the influence of AMF spore density on plant development, but fundamental to determine the degree of benefits of this relationship. Therefore, we examined growth and biochemical parameters of *H. serratifolius* seedlings observed at different AMF spore densities. A randomized experimental design with three spore densities and control was used. The densities were classified as low, medium and high with 1.54, 3.08 and 12.35 spores g⁻¹ respectively. Analyzes of plant growth, mycorrhizal colonization, concentration of nitrogen compounds and carbohydrates were carried out. The average spore density provided greater increments of biomass, height, leaf area and root volume. A greater efficiency of the patient's metabolism was observed, since the ammonium and nitrate compounds were more quickly incorporated into the proteins and chlorophyll compounds. As for the dynamics of carbohydrates, the importance of analyzing other groups of carbohydrates in addition to total soluble sugars was observed. These results corroborate the replicability of future studies focused on the symbiosis of the plant and the AMF, suggesting the existence of a density to better verify this relationship.

Keywords: FMA. Yellow ipê. Density. Spores.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
2. RESULTADOS	9
2.1 Crescimento Vegetal	9
2.2 Colonização Micorrízica	12
2.3 Compostos Nitrogenados	13
2.4 Carboidratos	14
3. DISCUSSÃO	16
3.1 Crescimento vegetal	16
3.2 Colonização Micorrízica	17
3.3 Compostos Nitrogenados	18
3.4 Carboidratos	19
4. MATERIAL E MÉTODOS	20
4.1 Obtenção do Inóculo	20
4.2 Obtenção das Mudanças e Preparo do Solo	20
4.3 Designe Experimental	21
4.4 Análise do Crescimento	21
4.5 Colonização Micorrízica	21
4.6 Extração de Macro e Micromoléculas	22
4.7 Compostos Nitrogenados	22
4.8 Carboidratos	22
4.9 Análise Estatística	22
5. CONCLUSÃO	22
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	22

1. Introdução

Handroanthus serratifolius (Vahl) S.O. Grose pertence à família Bignoniaceae, é popularmente conhecido como ipê-amarelo. Trata-se de uma espécie florestal nativa do Brasil que pode medir até 30 metros de altura, sendo amplamente distribuída na América do Sul, no Brasil se encontra em áreas que abrangem desde a Amazônia até as regiões meridionais do país [1]. O ipê-amarelo possui grande valor comercial podendo ser utilizado no paisagismo e na construção civil, além de possuir potencial apícola e medicinal [2-4]. Entretanto a ocorrência natural dessa espécie é cada vez menor em decorrência do desmatamento madeireiro e do avanço da fronteira agropecuária [5]. A espécie tem grande importância no reflorestamento, uma vez que se adapta a solos secos e de baixa fertilidade [6], porém necessitam de manejo adequado para o crescimento das mudas e o efetivo estabelecimento da espécie [7].

Dessa forma, o ipê-amarelo ganha cada vez mais destaque no cenário do reflorestamento, porém existe uma série de fatores que influencia nesse processo, como atributos físicos, químicos e/ou biológicos do solo [8,9]. Dentre esses atributos biológicos, os Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMA) estão entre os mais importantes, visto que desempenham grande influência no crescimento e na adaptação das plantas ao estresse abiótico [10,11] mediante mudanças no crescimento, como incremento no volume de raiz e parte aérea [12] e ou mudanças bioquímicas, a partir de alterações no metabolismo de carboidratos e nitrogênio [13,14].

A bioprospecção de FMA em área não exploradas é fundamental para conhecer melhor a interação simbiótica entre os FMA e espécies florestais. Sendo a savana de Alter-do-Chão é uma área indicada para esse estudo por apresentar clima quente e seco com estações bem definidas, com presença de gramíneas, pequenos arbustos, herbáceas e plantas lenhosas [15]. O solo é predominantemente arenoso, lixiviado, com alto teor de alumínio e com baixa fertilidade [16]. Neste ambiente, o FMA é de vital importância, uma vez que é responsável pela manutenção do crescimento vegetal mesmo sob baixa disponibilidade de água [17,18].

Entretanto a simbiose micorrízica apresenta um custo elevado para a planta, em consequência do direcionamento de até 20% dos fotoassimilados para os fungos [19], em algumas situações, como a alta disponibilidade de nutrientes ou a alta densidade de FMA, os efeitos benéficos dessa simbiose podem ser diminuídos ou até se torna parasita [20,21]. Mas, rotineiramente o que se observa em trabalhos científicos são os efeitos benéficos dos FMA, como o trabalho realizado por Aguirre-Medina [22] com mudas de *Tabebuia donnell-smithii* Rose que relatou maior crescimento das plantas inoculadas com FMA.

Estudos sobre a influência da densidade de FMA no desenvolvimento das plantas são pouquíssimos, porém fundamentais para determinar o grau de benefícios dessa relação. Cheek et al. [23] observaram que a diferença da densidade de esporos influenciou o crescimento de *Zea mays*. Portanto, o objetivo deste estudo foi realizar análise de crescimento e bioquímica das mudas de *Handroanthus serratifolius* submetidas a diferentes densidades de esporos de fungos micorrízicos arbusculares. Uma vez que estas análises são capazes de responder sobre a dinâmica de fonte-dreno entre a planta e o FMA. Desde a produção, translocação e degradação dos carboidratos e compostos nitrogenados e como essa dinâmica reflete no crescimento das mudas.

2. Resultados

2.1 Crescimento vegetal

As plantas submetidas ao tratamento MDE apresentaram maiores médias de biomassa da parte aérea e da raiz, 280,6% e 258% superior ao controle, respectivamente (Figura 1). Entre os tratamentos BDE e ADE não houve diferença estatisticamente ($p \leq 0,05$) sendo observado valores entre 0,442 g a 0,459 g para a parte aérea, duas vezes superior ao controle, e valores entre 0,149 g a 0,183 g para a raiz também duas vezes superior ao controle. Plantas inoculadas com MDE

¹ O artigo apresentado foi redigido conforme as diretrizes de submissão da revista *plants*. As normas indicadas para a redação de artigos pela revista estão disponíveis no link: <https://www.mdpi.com/journal/plants/instructions>

também apresentaram a maior média de biomassa total entre os tratamentos com 0,976 g sendo 275,4% superior ao controle, os tratamentos BDE e ADE não apresentam diferença estatística significativa ($p \leq 0,05$) com valores que variaram entre 0,609 g a 0,625 g, sendo 137,3% superior ao controle (Figura 1).

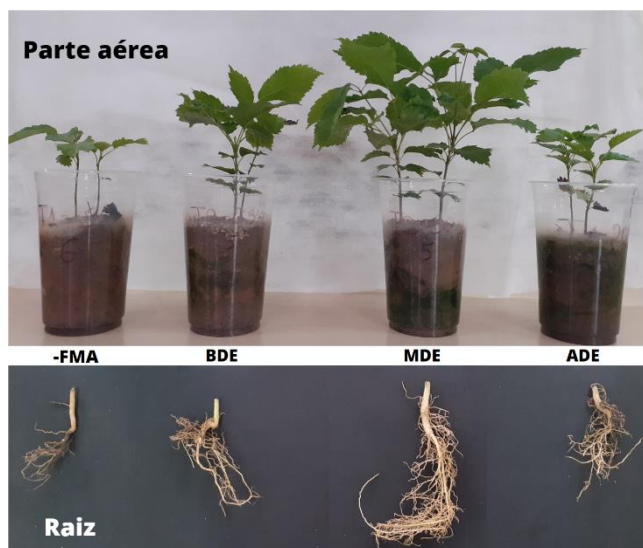


Figura 1: Morfologia da parte aérea e da raiz de mudas de *H. serratifolius* submetidas a diferentes densidades de esporos micorrízicos. -FMA: ausência de micorriza; BDE: baixa densidade de esporos de FMA; MDE: média densidade de esporos de FMA; ADE: alta densidade de esporos de FMA.

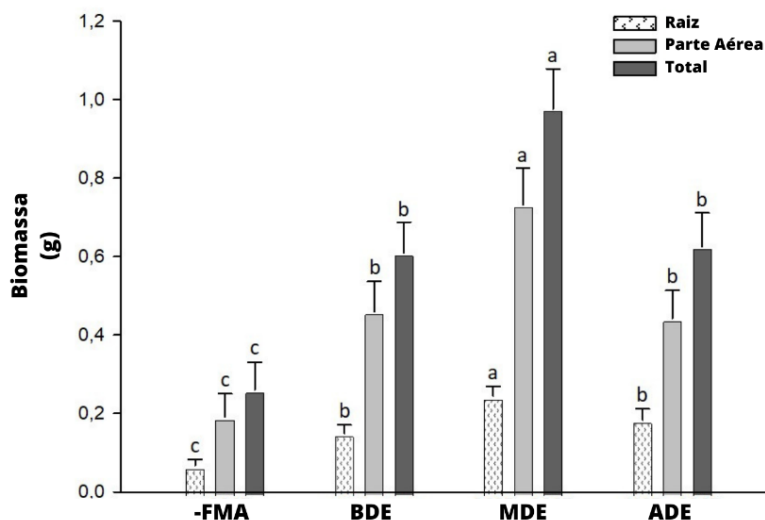


Figura 2: Biomassa seca da raiz, parte aérea e total de mudas de *Handroanthus serratifolius*. -FMA: ausência de micorriza; BDE: baixa densidade de esporos de FMA; MDE: média densidade de esporo de FMA; ADE: alta densidade de esporos de FMA. Médias seguidas das mesmas letras não diferem estatisticamente entre si pelo teste Skott-knot, a 5% de probabilidade. As barras representam o erro-padrão da média ($n = 12$).

O tratamento MDE conferiu o maior incremento de altura das plantas com 23,75 cm, seguida pelos tratamentos BDE e ADE que não apresentaram diferença estatística entre si, com médias entre 16,63 cm e 16,75 cm, ao passo que todos os tratamentos foram superiores ao controle que apresentou média de 13,22 cm (Figura 3A).

Em relação ao número de folhas, o MDE também foi superior ao controle em 48,55% (Figura 3B), entretanto, não apresentou diferença estatística significativa ($p \leq 0,05$) com médias entre 10,7 a 13,8 folhas, respectivamente. Para área foliar, no entanto, o tratamento de MDE alcançou o valor de 393,8 dm², superior ao controle que apresentou 80,1 dm² de área foliar (Figura 3C). Em

¹ O artigo apresentado foi redigido conforme as diretrizes de submissão da revista *plants*. As normas indicadas para a redação de artigos pela revista estão disponíveis no link: <https://www.mdpi.com/journal/plants/instructions>

contrapartida, o controle não diferenciou, estatisticamente, dos tratamentos de BDE e ADE que proporcionaram valores entre 161,3 e 212,6 dm².

A presença dos FMA resultou em aumento no diâmetro do caule de 3,6 mm; 3,4 mm e 3,5 mm para o tratamento ADE, BDE e MDE, respectivamente, todos superior ao controle que apresentou 2,5 mm de diâmetro (Figura 3D).

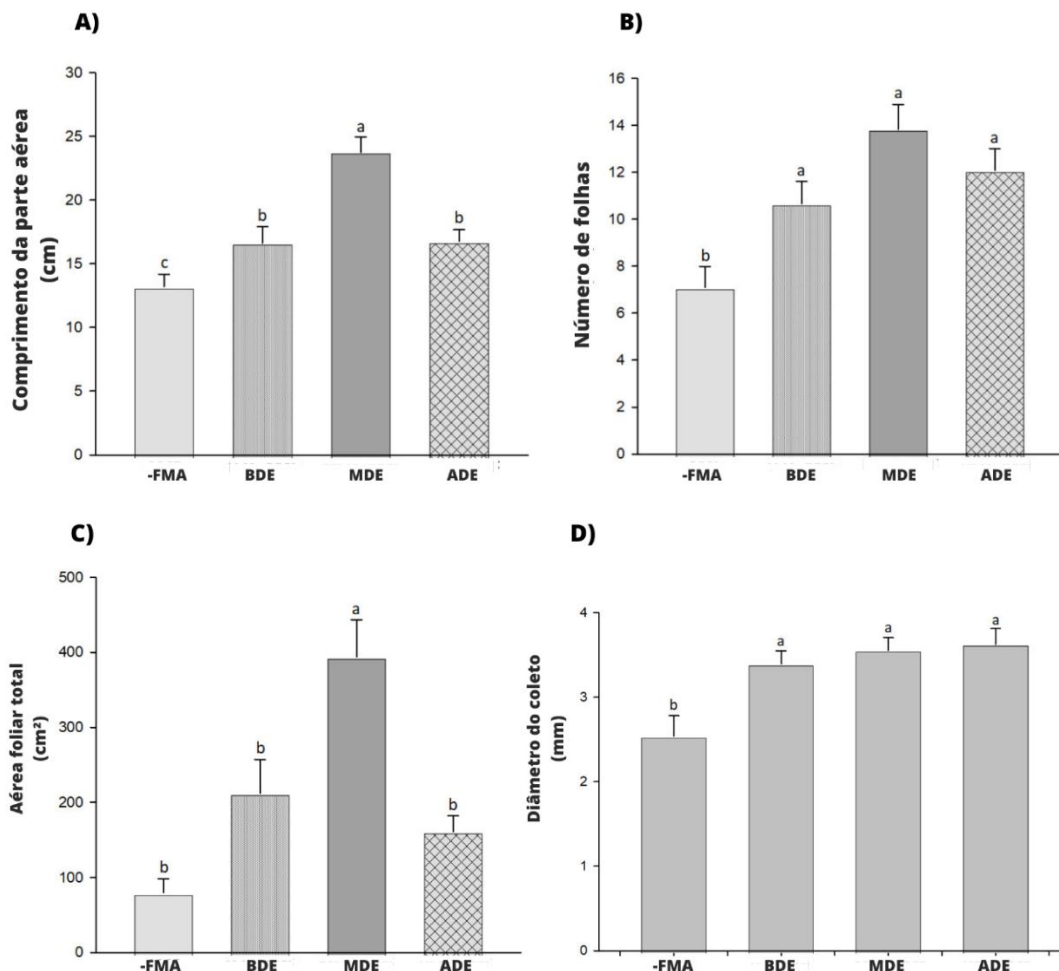


Figura 3: Altura da parte aérea (A), número de folhas (B), área foliar total (C) e diâmetro do coleto da raiz (D) em plantas de *Handroanthus serratifolius* submetidas a diferentes densidades de esporos micorrízicos. – FMA: ausência de micorriza; BDE: baixa densidade de esporos de FMA; MDE: média densidade de esporo de FMA; ADE: alta densidade de esporos de FMA. As médias das variáveis com a mesma letra não são estatisticamente diferentes pelo teste Skott-knot $\leq 5\%$. As barras de erro representam o erro-padrão da média (n = 12).

A MDE proporcionou o volume de raiz de 2,13 cm³, sendo 60% superior ao controle, por outro lado, não foi observado diferença estatística ($p \leq 0,05$) entre os tratamentos BDE e ADE, esses tratamentos apresentaram médias entre 1,25 cm³ e 1,39 cm³, as quais são superiores à média do controle que foi de 0,87 cm³ (Figura 4).

¹ O artigo apresentado foi redigido conforme as diretrizes de submissão da revista *plants*. As normas indicadas para a redação de artigos pela revista estão disponíveis no link: <https://www.mdpi.com/journal/plants/instructions>

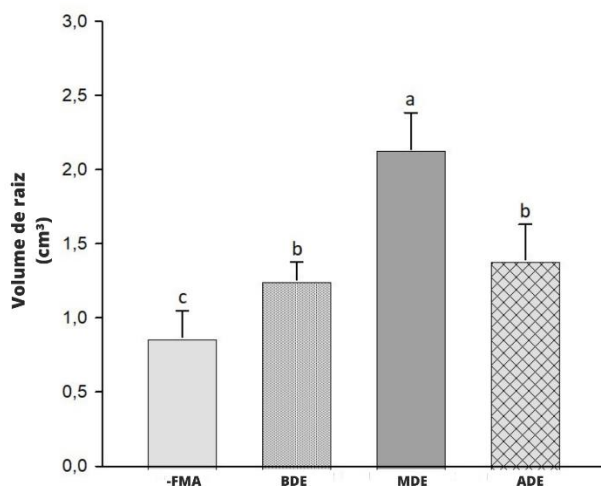


Figura 4: Volume de raiz observado em plantas de *Handroanthus serratifolius* submetidas a diferentes densidades de esporos micorrízicos. -FMA: ausência de micorriza; BDE: baixa densidade de esporos de FMA; MDE: média densidade de esporo de FMA; ADE: alta densidade de esporos de FMA. As médias das variáveis com a mesma letra não são estatisticamente diferentes pelo teste Skott-knot $\leq 5\%$. As barras de erro representam o erro-padrão da média (n = 12).

2.2 Colonização micorrízica

Entre os tratamentos com FMA não foi observada diferença significativa ($p \leq 0,05$) para porcentagem de colonização total (%C) com médias variando entre 72% e 80% e número de vesículas com médias entre 633 e 705 (Figura 5). No entanto, número de esporos (NS) se manteve maior no tratamento ADE, 87% superior aos demais tratamentos com FMA. Por outro lado, o tratamento BDE apresentou o maior número de arbúsculos cerca de 100% superior aos outros tratamentos com FMA (Tabela 1). No tratamento controle não foi observado presença de estruturas dos fungos micorrízicos arbusculares.

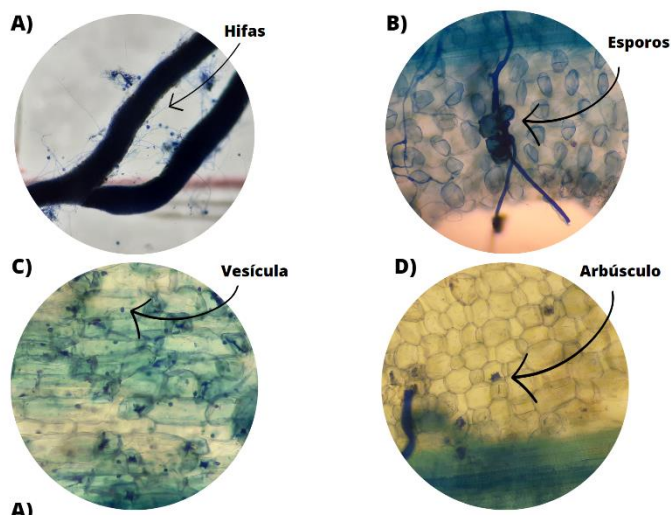


Figura 5: Demonstração da colonização micorrízica observada pelo método de interceptação por linhas de grade onde observamos a presença de hifas (A) esporos (B) vesículas (C) e arbúsculos (D).

¹ O artigo apresentado foi redigido conforme as diretrizes de submissão da revista *plants*. As normas indicadas para a redação de artigos pela revista estão disponíveis no link: <https://www.mdpi.com/journal/plants/instructions>

Tabela 1: Percentual de colonização micorrízica e estruturas dos fungos micorrízicos arbusculares.

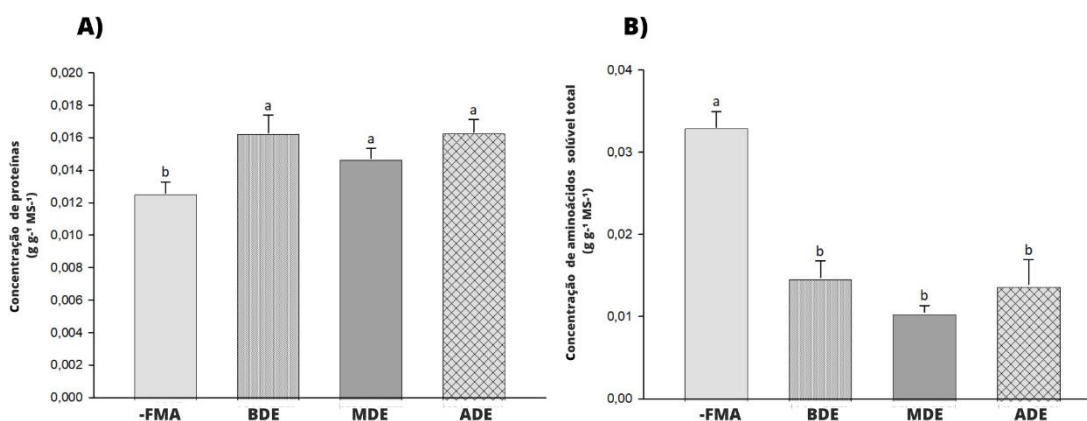
Inoculação	%C	NS	Arbúsculos	Vesícula
-FMA	-	-	-	-
BDE	72.69 a	159.66 b	67 a	633 a
MDE	74.97 a	122.66 b	33.66 b	705 a
ADE	80.36 a	262.66 a	28 b	638.66 a

Estruturas dos FMA em plantas de *Handroanthus serratifolius* submetidas a diferentes densidades de esporos micorrízicos; -FMA: ausência de micorriza; BDE: baixa densidade de esporos de FMA; MDE: média densidade de esporo de FMA; ADE: alta densidade de esporos de FMA; %C: porcentagem de colonização; NS: número de esporos. – Ausência de estruturas micorrízicas.

As médias das variáveis com a mesma letra não são estatisticamente diferentes pelo teste Skott-knot $\leq 5\%$.

2.3 Compostos nitrogenados

A densidade de esporos não influenciou significativamente os compostos nitrogenados avaliados, mas sim a presença ou ausência dos FMA. Os teores de proteínas nas plantas FMA permaneceram entre $0,0147 \text{ g g}^{-1} \text{ MS}^{-1}$ e $0,0163 \text{ g g}^{-1} \text{ MS}^{-1}$, cerca de 27% superior ao controle, que apresentou teor de $0,0125 \text{ g g}^{-1} \text{ MS}^{-1}$ (Figura 6A). Por outro lado, no controle foi encontrado os maiores teores de aminoácidos totais e prolina, cerca de 175% e 68% respectivamente, superior as plantas FMA. Nas plantas FMA os valores de aminoácidos totais ficaram entre $0,010 \text{ g g}^{-1} \text{ MS}^{-1}$ e $0,014 \text{ g g}^{-1} \text{ MS}^{-1}$ (Figura 6B), já os teores de prolina entre $0,007 \text{ g g}^{-1} \text{ MS}^{-1}$ e $0,009 \text{ g g}^{-1} \text{ MS}^{-1}$ (Figura 6C). Não foi observado diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre os tratamentos e o controle para o teor de amônio na parte aérea que ficou entre $0,006877 \text{ g g}^{-1} \text{ MS}^{-1}$ (Figura 6D) e $0,012531 \text{ g g}^{-1} \text{ MS}^{-1}$, enquanto que o teor de nitrato foi menor no tratamento ADE, cerca de 56% em relação ao controle (Figura 6E). Para o teor relativo de clorofila, as plantas com FMA apresentaram índice de clorofila entre 13 e 15, cerca de 50% superior ao controle (Figura 6F).



¹ O artigo apresentado foi redigido conforme as diretrizes de submissão da revista *plants*. As normas indicadas para a redação de artigos pela revista estão disponíveis no link: <https://www.mdpi.com/journal/plants/instructions>

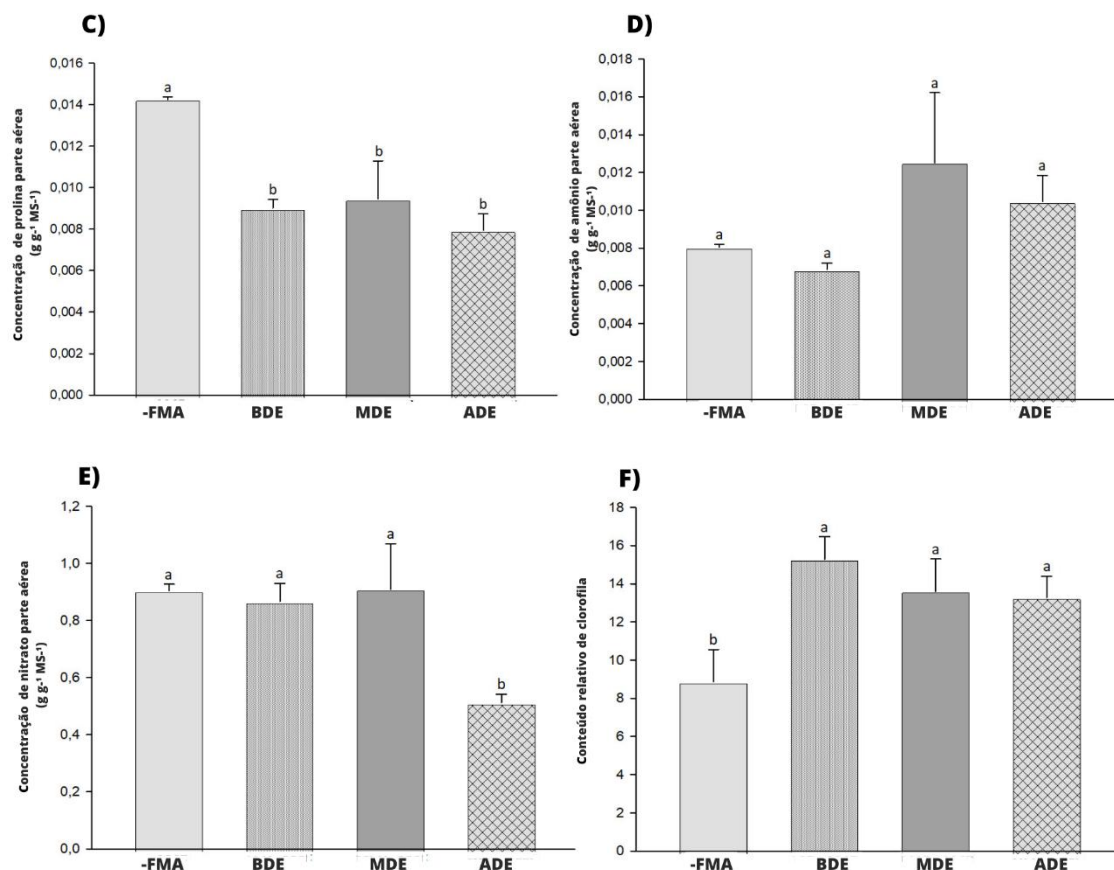


Figura 6: Concentração de proteínas (A); concentração de aminoácidos solúveis totais (B); concentração de prolina na parte aérea (C); concentração de amônio na parte aérea (D); concentração de nitrato na parte aérea (E) e concentração de clorofila nas folhas (F) em plantas de *Handroanthus serratifolius* submetidas a diferentes densidades de esporos micorrízicos. -FMA: ausência de micorriza; BDE: baixa densidade de esporos de FMA; MDE: média densidade de esporo de FMA; ADE: alta densidade de esporos de FMA. As médias das variáveis com a mesma letra não são estatisticamente diferentes pelo teste Skott-knot $\leq 5\%$. As barras de erro representam o erro-padrão da média ($n = 7$).

2.4 Carboidratos

Os teores de açúcar não redutor (ANR) nas folhas foram maiores no controle e no tratamento BDE ficando entre 0.040 e 0.043374 $\text{g g}^{-1} \text{MS}^{-1}$, o teor mais baixo foi observado no ADE com 0.023 $\text{g g}^{-1} \text{MS}^{-1}$. Na raiz, a respostar obtida foi semelhante ao observado nas folhas, o controle e BDE apresentaram teores 30% superiores aos tratamentos com as maiores densidades de esporos (Figura 7A). Por outro lado, não foi encontrado diferença significativa ($p \leq 0,05$) para os teores de açúcar solúveis totais (AST), independente do tratamento e do órgão (Figura 7B). Os resultados para os teores de amido foram diferentes entre folhas e raiz, sendo que nas folhas, foram encontrados os maiores valores nos tratamentos MDE e ADE 52% superior ao controle e BDE. Por outro lado, nas raízes, foi encontrado os maiores valores controle e no tratamento BDE 85% superior aos tratamentos MDE e ADE. Ou seja, nas folhas, os maiores teores foram nos tratamentos com as maiores densidades de esporos, enquanto que, na raiz, esses tratamentos apresentaram os menores teores de amido (Figura 7C).

¹ O artigo apresentado foi redigido conforme as diretrizes de submissão da revista *plants*. As normas indicadas para a redação de artigos pela revista estão disponíveis no link: <https://www.mdpi.com/journal/plants/instructions>

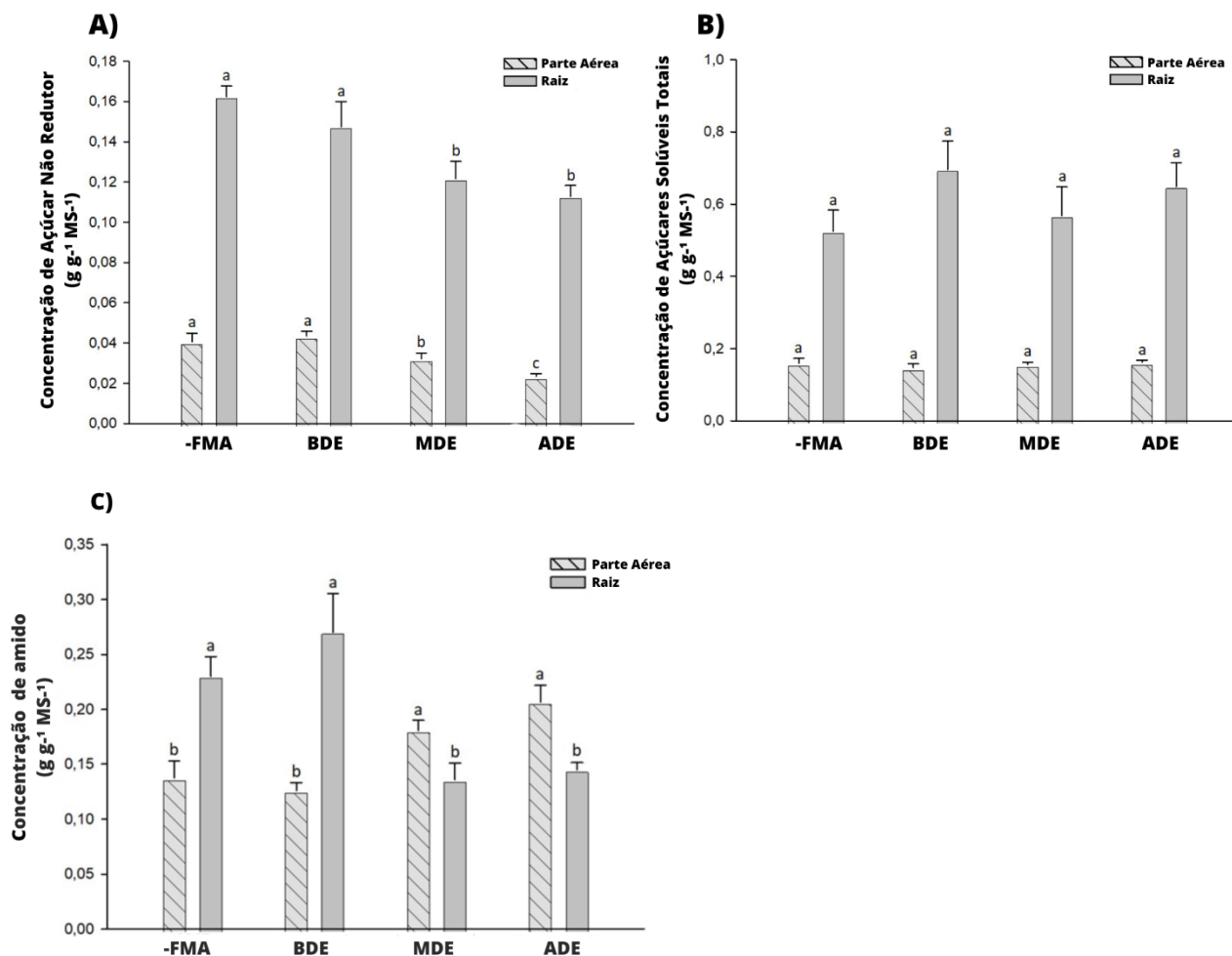


Figura 7: Concentração de açúcar não redutor na parte aérea e raiz (A); concentração de açúcar solúvel total (AST) na parte aérea e raiz (B); concentração de amido na parte aérea e raiz (C) em plantas de *Handroanthus serratifolius* submetidas a diferentes densidades de esporos micorrízicos; -FMA: ausência de micorriza; BDE: baixa densidade de esporos de FMA; MDE: média densidade de esporo de FMA; ADE: alta densidade de esporos de FMA. As médias das variáveis com a mesma letra não são estatisticamente diferentes pelo teste Skott-knot $\leq 5\%$. As barras de erro representam o erro-padrão da média ($n = 7$).

Os tratamentos com as maiores densidades de esporos (MDE e ADE) proporcionaram um incremento de quase 400% nos teores açúcar redutor na parte aérea em relação ao controle, enquanto o incremento do tratamento BDE foi de 70% (Figura 8A). Nas raízes, apenas no tratamento ADE foi observado incremento de 35% no teor de açúcar redutor em relação ao controle (Figura 8B). Resultado esses, opostos aos observados ANR.

¹ O artigo apresentado foi redigido conforme as diretrizes de submissão da revista *plants*. As normas indicadas para a redação de artigos pela revista estão disponíveis no link: <https://www.mdpi.com/journal/plants/instructions>

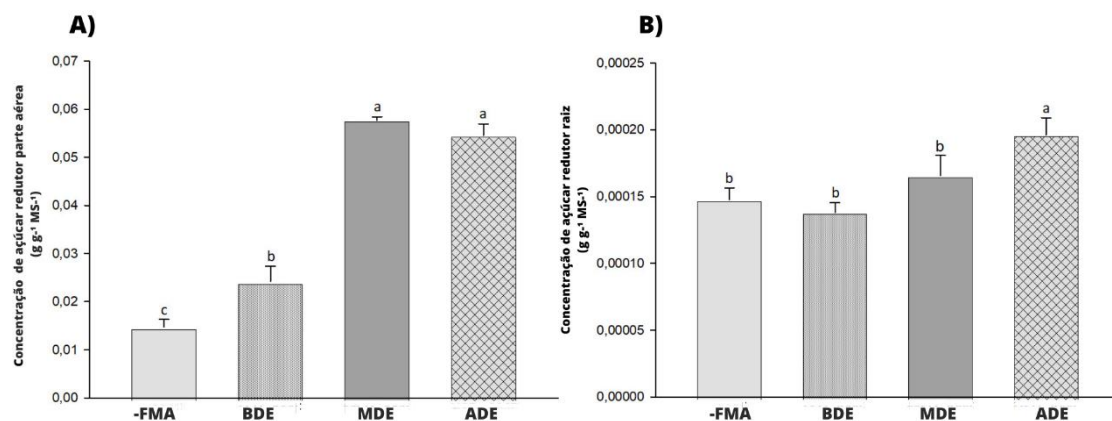


Figura 8: Concentração de açúcar redutor na parte aérea (A); concentração de açúcar redutor na raiz (B) em plantas de *Handroanthus serratifolius* submetidas a diferentes densidades de esporos micorrízicos; -FMA: ausência de micorriza; BDE: baixa densidade de esporos de FMA; MDE: média densidade de esporo de FMA; ADE: alta densidade de esporos de FMA. As médias das variáveis com a mesma letra não são estatisticamente diferentes pelo teste Skott-knot $\leq 5\%$. As barras de erro representam o erro-padrão da média (n = 7).

3. Discussão

Os relatos dos benefícios da inoculação com FMA as plantas são vastas na literatura, porém são limitadíssimos quando se trata do gênero *Handroanthus*. O presente estudo demonstrou não apenas a importância da simbiose micorrizica para o crescimento e desenvolvimento das mudas de ipê-amarelo, mas também a influência da densidade de esporos de FMA, sendo que a MDE proporcionou os maiores valores de massa seca da parte aérea, raiz, total, assim como altura, área foliar e volume de raiz. Ao passo que para a análise bioquímica verificou-se que a presença de FMA foi favorável ao incremento nos teores de proteínas, teor relativo de clorofila e açúcar redutor. A presença dos FMA muda a dinâmica de algumas enzimas relacionadas ao metabolismo de nitrogênio e carboidratos [24,25].

3.1 Crescimento vegetal

A inoculação micorrizica favorece o incremento de biomassa total, da parte aérea e da raiz quando comparadas com plantas não inoculadas, resultados semelhantes foram observados por Wang et al [26] em *Gleditsia sinensis* e Chandrasekaran [27] para várias espécies de Fabaceae, Poaceae e Solanaceae. Schüßler [12] observou em mudas de *Handroanthus chrysanthus* inoculadas com FMA uma biomassa três vezes superior às plantas não inoculadas, resultados semelhantes às mudas de ipê-amarelo desse estudo.

Além disso, apesar do pouco estudo, a densidade de esporos é um fator importante e pode ser uma variável dependente da espécie vegetal. Ortas [28] analisou diferentes espécies de plantas, entre elas frutíferas e leguminosas, e observou que o maior crescimento em plantas micorrizadas foi quando se utilizou a densidade de esporos similar à MDE, o que corrobora com nossos resultados. O maior incremento em biomassa reflete como as plantas submetida a MDE se desenvolveram melhor e por conseqüências tem mais chances de se estabelecer no ambiente.

Wang et al. [26] em *Gleditsia sinensis* e Schüßler [12] em *Handroanthus chrysanthus*, *Cedrela montana* e *Heliocarpus americanus* observaram que essas espécies arbóreas apresentaram maior incremento em altura, diâmetro de coleto, área foliar e biomassa na presença de FMA o que se assemelha aos dados observados no presente trabalho em plantas submetidas a MDE. Por ser uma espécie secundária inicial, [29], características como altura e área foliar são de suma importância para *H. serratifolius*, uma vez que plantas mais altas e com maior área foliar terão

¹ O artigo apresentado foi redigido conforme as diretrizes de submissão da revista *plants*. As normas indicadas para a redação de artigos pela revista estão disponíveis no link: <https://www.mdpi.com/journal/plants/instructions>

mais acesso a luz e consequentemente realizarão mais fotossíntese, conseguindo assim se estabelecer no ambiente [30].

Entretanto os benéficos da inoculação micorrízica podem ser pouco expressivos quando se fornece baixas densidades de esporos de FMA, assim como Mollvalli [31] trabalhando com fração volumétrica, observou que o bulbo de *Allium cepa* inoculadas com a baixa densidade de FMA apresentaram um incremento menos significativo de biomassa, resultado semelhante os dados obtidos no tratamento BDE. A utilização de alta densidade de esporos de FMA no crescimento inicial das plantas também pode possibilitar um crescimento menos significativo [20,32], em função da forte alocação de carboidrato para o dreno, no caso os FMA.

Além disso, os benefícios da inoculação com FMA também foram observados em outras espécies florestais, Carneiro et al. [33] observaram em *Stenolobium stans* (ipê-mirim) incremento em altura e Huang et al. [34] encontraram em *Quercus aliena* var. *acutiserrata* maior número de folha e diâmetro do coleto utilizando quantidade de esporos semelhantes ao utilizado no tratamento MDE no presente estudo.

Em *Camellia sinensis* Shao et al. [35] afirmam que quando as mudas são inoculadas com FMA apresentam maior volume de raiz do que mudas não inoculadas. Sendo que a quantidade de esporos utilizadas no estudo, 1200 esporos, foi próxima a utilizada em MDE, sugerindo que essa densidade é capaz de promover maior incremento de raiz. O maior volume de raiz proporciona a planta maior acesso aos nutrientes disponíveis no solo [18] e a água, o que consequentemente possibilita maior crescimento as plantas, justificando assim o maior crescimento das plantas em MDE.

3.2 Colonização micorrízica

Em estudo com algodão, milho e feijão-frade, Sousa et al. [36] observaram valores de %C entre 50% e 60% sob diferentes sistemas de fertilização orgânica, valores abaixo do observado nesse estudo, os quais variaram entre 72% a 80%. Já, Wang et al [37] constataram diminuição da %C do milho com o aumento da adição de fósforo no solo e desenvolvimento da planta, enquanto que os arbúsculos sofreram influência significativa apenas para a adição de fósforo. El-Sherbeny et al. [38] também observaram em cebola que a adubação com fósforo mudou a dinâmica de colonização da raiz. No entanto, em nosso estudo, foi modificado apenas a densidade de esporos utilizada na inoculação, mantendo o mesmo solo e tratos culturais, dessa forma não se observou mudanças significativas na %C. Além disso, embora se espera uma forte relação entre %C e NS os dados do presente estudo e os encontrados na literatura revelam que não há essa relação [39,32].

As vesículas são estruturas globosas contendo grânulos de estruturas de reservas, como glicogênio e lipídios [40]. As vesículas são presentes em maior intensidade quando a planta está sob estresse abiótico, situação não imposta nesse trabalho, dessa forma não se observou diferenças significativas para o número de vesículas.

Os arbúsculos são estruturas de intercâmbio nutricional entre o fungo e a planta, o número de arbúsculos foi maior no tratamento com a menor densidade de esporos, ou seja, nesse tratamento as raízes e os FMA estavam mais intimamente conectados sugerindo uma troca eficiente de compostos [10], mesmo com uma SD inferior aos outros tratamentos.

A formação das estruturas arbúsculo e vesícula estão relacionadas com a eficiência da simbiose entre os FMA e as plantas, que é determinada pelas características genéticas ou anatômicas da planta e pelas características do solo e ambiente [40]. Dessa forma, apesar de fazer inferências baseando nas estruturas, deve se levar em consideração outros fatores.

¹ O artigo apresentado foi redigido conforme as diretrizes de submissão da revista *plants*. As normas indicadas para a redação de artigos pela revista estão disponíveis no link: <https://www.mdpi.com/journal/plants/instructions>

O NS encontrada no tratamento ADE foi significativamente superior aos outros tratamentos com FMA, aproximadamente 87%. Essa maior produção de esporos tem um custo energético para as plantas, pois, para produção de esporos os FMA demandam de energia, principalmente na forma de hexose, as quais são fornecidas pelas plantas. As hexoses são translocadas da parte aérea, principalmente na forma de açúcares não-redutores, como o dissacarídeo sacarose. Além disso, a glicose pode ser armazenada na forma de amido. Em virtude disso, pode se observar no tratamento ADE que as plantas possuem os menores valores de açúcar não redutor tanto na parte aérea como raiz, menor teor de amido na raiz, por outro lado os maiores valores de açúcar redutor, como os monossacarídeos glicose e frutose. Assim, o maior número de esporos muda a dinâmica de alocação dos carboidratos, a sacarose e o amido translocados para raiz são convertidos a hexose que serve de energia e esqueleto de carbono para alta demanda energética do FMA. Em virtude disso, o tratamento ADE apresentou menor crescimento em comparação ao tratamento MDE.

3.3 Compostos nitrogenados

Espécies vegetais exibem acúmulo de osmólitos para melhor tolerância e desempenho de crescimento sob estresse [41]. Entretanto, no presente estudo, foi observado decréscimo no teor de aminoácidos totais e prolina, corroborando com os dados observados por Zou et al. [42] e Zhang et al. [43] em *Poncirus trifoliata* e Trifoliate Orange, respectivamente. Já, Al-Arjani et al. [44] e Ouledali et al. [45] encontraram em *Ephedra foliata* Boiss e *Olea europaea*, respectivamente incremento no teor de prolina. A prolina é um osmólito de baixo peso molecular que responde a estresses relacionados à osmose em várias espécies vegetais [46]. Dessa forma, o acúmulo de prolina em plantas micorizadas está diretamente envolvido com a adaptação da planta ao ambiente [42]. As plantas micorizadas apresentaram maior volume de raiz em comparação com o controle sem FMA (Figura 4), o que leva a uma maior absorção de água pelas raízes e, portanto, maior turgescência nas folhas, não sendo necessário acúmulo de prolina para manter o potencial hídrico.

Em plantas de *Poincianella pyramidalis* inoculadas com FMA, Frosi et al. [47] demonstraram diminuição nos teores de aminoácidos livre e o aumento nos teores de clorofila, enquanto que Al-Arjani et al. [44] observaram em plantas inoculadas de *Ephedra foliata* Boiss incremento no teor de proteína total. Ademais, Sheng et al. [48] encontraram em plantas de milho com FMA diminuição no teor de prolina e aminoácidos total livre, além do incremento do teor de proteína total, resultados que corroboram com o encontrado no presente estudo.

O metabolismo do nitrogênio envolve composto inorgânicos como nitrato e amônio e compostos orgânicos como aminoácidos entre eles a prolina, além das proteínas e clorofilas. As hifas do FMA micélio extrarradicular (ERM) adquirem efetivamente nitrato (NO₃⁻), aminoácidos totais e preferencialmente amônio (NH₄⁺) do meio externo [49,50]. Os FMA captam os compostos nitrogenados, incorporam-no em Arg e, em seguida, transportam-no para micélio intrarradicular (IRM) na forma de N orgânico [51]. Na IRM a arginina é degradada e libera principalmente NH₄⁺ que é incorporado a outros aminoácidos ou transferido para as raízes da planta hospedeira [51]. Al-Arjani et al. [44], observaram em plantas de *Ephedra foliata* Boiss inoculadas com FMA incremento no teor de NO₃⁻ e NH₄⁺. Adicionalmente, Seck-Mbengue et al. [52] constataram incremento no teor de nitrogênio total, sendo que o amônio contribuiu duas vezes mais do que o nitrato para elevar os teores de nitrogênio total.

No presente estudo, não foi observado incremento nos teores de NO₃⁻ e NH₄⁺ nos tecidos do vegetal, propomos dois motivos. O primeiro está relacionado com o efeito diluição, pois como as plantas com FMA cresceram no mínimo 2X mais do que as plantas do controle, os compostos nitrogenados foram diluídos na massa do vegetal [53], pois os dados foram apresentados em teor (g g⁻¹ MS⁻¹), não em acúmulo (g planta⁻¹), efeito foi demonstrado por Oliveira et al. [54]. O segundo

¹ O artigo apresentado foi redigido conforme as diretrizes de submissão da revista *plants*. As normas indicadas para a redação de artigos pela revista estão disponíveis no link: <https://www.mdpi.com/journal/plants/instructions>

motivo está relacionado a maior eficiência do metabolismo do nitrogênio, os compostos amônio e nitrato foram mais rapidamente incorporados aos compostos nitrogenados, como as proteínas e clorofila, as quais apresentam teor superior em cerca de 27% e 50%, respectivamente, em relação ao controle. A maior velocidade na incorporação do nitrogênio está relacionada com um metabolismo mais eficiente, em função da maior atividade da redutase do nitrato e de enzimas dos ciclos GS-GOGAT e Ureia [24,49].

A principal função da clorofila é absorver energia luminosa, e seu conteúdo pode afetar diretamente a intensidade da capacidade fotossintética [55], assim, folhas com maiores concentrações de clorofilas e proteínas por unidade de área foliar têm maior capacidade fotossintética [56]. Esse incremento nas concentrações ocorreu devido a maior eficiência das enzimas do metabolismo de nitrogênio [24,49]. Dessa forma, o aumento da taxa fotossintética, significa uma maior absorção de carbono que possibilita maior crescimento das plantas, conforme observamos na Figura 3, em que as plantas com FMA cresceram 2 X mais.

3.4 Carboidratos

A presença dos FMA não influenciou significativamente ($p \leq 0,05$) os teores de AST, tanto na parte aérea quanto na raiz. Aganchich et al. [57] observaram em árvores de oliveira semelhantes teores de açúcares solúveis totais quando comparou plantas com FMA e sem FMA. Silva et al., (2018) e Pedone-Bonfim et al., [58] também não observaram em *Myracrodruon urundeuva* e *Anadenanthera colubrina*, respectivamente diferença significativa nos teores de AST, esses resultados corroboram com o presente estudo. Os teores de açúcares solúveis totais não foram fortemente influenciados, pois houveram mudanças de aumento e diminuição nos outros grupos de açúcares, assim os tratamentos que tiveram os maiores teores de ANR tiveram os menores valores de AR, dessa forma o quantitativo final dos AST não variou significativamente. Justificando ainda mais a importância da análise dos grupos de carboidratos, não apenas dos AST.

Wu et al. [59], observaram em *Poncirus trifoliata* (L.) Raf. o incremento nos teores dos açúcares redutores tanto na raiz quanto nas folhas, os mesmos autores observaram incremento do açúcar não redutor também nas folhas, porém, o teor de açúcar não redutor na raiz das plantas não inoculadas apresentou o maior teor, resultados semelhantes ao presente trabalho. Zhang et al. [43] observaram em raízes de Trifoliolate Orange concentrações consideravelmente mais altas de açúcares redutores e menores concentrações de açúcar não redutor corroborando com os nossos resultados. No entanto, a maioria dos estudos com FMA não traz a densidade de esporos utilizada, o que pode prejudicar a replicabilidade do estudo e prejudicar a interpretação dos dados.

Acreditamos que o teor de açúcar não redutor foi menor nas plantas com as maiores densidades de esporos em função da demanda por fotoassimilados, em virtude de um dreno mais ativo por essas plantas apresentarem uma maior %C. As plantas translocam açúcares não redutores, principalmente sacarose, da parte aérea para a raiz, onde são convertidas em hexoses que são direcionadas aos FMA. Isso explica, o motivo de ser observado nas raízes o maior teor de açúcares redutores e menor teor de açúcar não redutor, outra característica que comprova nosso entendimento é o baixo teor de amido nas raízes dessas plantas, pois o amido também foi convertido em açúcar não redutor. Fatos esses possíveis podendo estar relacionado com a maior atividade da invertase nas raízes de plantas inoculadas com FMA [59]. Além disso, os maiores teores de açúcar redutor nas folhas podem estar intimamente relacionados com o aumento na taxa de fotossíntese líquida proporcionada pelo FMA [60], os quais favorecem o aumento no teor da clorofila (Figura 6F), absorção de água (Figura 4), eficiência da utilização da energia luminosa e a atividade da rubisco [60].

¹ O artigo apresentado foi redigido conforme as diretrizes de submissão da revista *plants*. As normas indicadas para a redação de artigos pela revista estão disponíveis no link: <https://www.mdpi.com/journal/plants/instructions>

Os teores de amido nos tratamentos MDE e ADE foi maior nas folhas e menores nas raízes, resultado semelhante foi observado por Gerlach et al. [13] que identificaram o maior acúmulo de amido nas folhas de plantas inoculadas com micorriza do que plantas não inoculadas. Assim como Gutjahr et al. [62] sugerem que o acúmulo de amido é reduzido em raízes micorrizadas como consequência da absorção de carboidratos pelo fungo AM. O amido é um polímero de glicose, dessa forma, a formação do amido está intimamente relacionado aos teores dos açúcares redutores. Observou-se nas folhas dos tratamentos MDE e ADE maior teor de açúcares redutores refletindo no maior teor de amido, por outro lado, nas raízes, dos mesmos tratamentos, observou-se menor teor de amido mesmo com os maiores teores de açúcares redutores. Isso ocorreu em virtude da degradação do amido para fornecer glicose aos FMA, muitas enzimas hidrolases estão envolvidas na mobilização do amido, entre elas α -amilase que teve sua atividade aumentada por FMA [63,64].

4. Material e Métodos

O experimento foi realizado em casa de vegetação no Laboratório de Fisiologia Vegetal e Crescimento de Plantas da Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA), por 90 dias, entre os meses de dezembro a fevereiro de 2021/2022.

4.1 Obtenção do inóculo

O solo rizosférico contendo os FMA que foi utilizado no preparar do inóculo foi coletado em dez pontos de um fragmento de savana de Alter-do-Chão localizado nas coordenadas 2°28'1" S e 54°49'41" W, no município de Santarém, Pará, Brasil. O clima da área é representado pelo tipo Am segundo a classificação de Köppen [65] de monção tropical, a estação chuvosa ocorre entre os meses de janeiro a maio e o período de estiagem pronunciada ocorrendo entre junho e dezembro [66].

Para a produção do inóculo, misturou substrato comercial, esterilizado em autoclave a 121°C em dois ciclos de 15 minutos cada, e o solo rizosférico coletado na savana. Utilizou-se sementes de milho (*Zea mays* L.) sob iluminação artificial com fotoperíodo de 12 horas e irrigação diária, com capacidade de campo para 65% e temperatura de 27°C. Transcorridos 20 dias após a germinação a irrigação foi interrompida para a estimular a esporulação do fungo [67]. Quando a parte aérea apresentava sinais de senescência ela foi podada, assim o inóculo foi composto por fragmentos de raízes, esporos e solo.

4.2 Obtenção das mudas de ipê e preparo do solo

Para obtenção das mudas, sementes de ipê-amarelo foram coletadas no campus da universidade. Foram semeadas em vasos com capacidade para 3,7 L, utilizou-se substrato comercial que passou pelo processo de esterilização em autoclave por 30 minutos, a uma temperatura de 121°C [32].

Após a germinação, as plântulas foram mantidas nesses vasos por 30 dias, até atingirem 9 cm de altura e transplantadas para vasos definitivos. O vaso definitivo apresenta capacidade de 700 ml. O substrato utilizado para o cultivo das mudas contendo uma mistura de substrato comercial e areia na proporção de 1:1, previamente esterilizado em autoclave por 1 hora. As análises físico-químicas do substrato utilizado no experimento estão representadas na Tabela 2.

Tabela 2: Caracterização físico-química do solo utilizado como substrato para a realização do experimento.

pH	Al	Ca	Mg	P	K	Zn	M.O	C.O.	Areia	Argila
	cmol/dm ³			mg/dm ³		dag/dm ³		%		
6,3	00,1	5,18	2,39	51,5	632	15	2,85	1,66	48,7	40,7

¹ O artigo apresentado foi redigido conforme as diretrizes de submissão da revista *plants*. As normas indicadas para a redação de artigos pela revista estão disponíveis no link: <https://www.mdpi.com/journal/plants/instructions>

pH: potencial de hidrogênio; Al: alumínio; Ca: cálcio; Mg: magnésio; P: fósforo; K: potássio; MO: matéria orgânica; CO: carbono orgânico.

4.3 *Design experimental*

Utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado, com o esquema de três densidades esporos e o controle (sem FMA). O controle continha apenas o substrato comercial. Já nos tratamentos com FMA foram adicionadas as quantidades de 25g, 50g e 200g de inóculo, que representou as densidades, Baixa Densidade de Esporos (BDE) com 1,54 esporos g^{-1} Média Densidade de Esporos (MDE) com 3,08 esporos g^{-1} e Alta Densidade de Esporos (ADE) com 12,35 esporos g^{-1} (Figura 9). A densidade de esporos foi calculada com base na média de esporos presentes em cinco repetições de 25 g do inóculo. Cada tratamento contou com oito repetições. O peso final de cada vaso foi de 540g e foi mantido na capacidade de campo a 65% com irrigação diária durante 90 dias.



Figura 9: Representação esquemática dos tratamentos aplicados com diferentes densidades de esporos FMA. -FMA: ausência de micorriza; BDE: baixa densidade de esporos de FMA; MDE: média densidade de esporo de FMA; ADE: alta densidade de esporos de FMA.

Após 90 dias de aplicação dos tratamentos, o experimento foi encerrado e realizadas as análises descritas abaixo.

4.4 *Análise do crescimento*

Os parâmetros biométricos avaliados foram: altura da parte aérea (AP), mensurada com uma régua graduada em cm, a partir da base da planta até o meristema apical, o diâmetro do coleto (DC) obtido com o paquímetro digital a partir da medição na região do coleto da planta, o volume da raiz (VR) (cm^3) pelo método da proveta e número de folhas. Para a mensuração de massa, as plantas foram seccionadas na região do coleto, sendo separada a parte aérea e a raiz e submetidas à secagem em estufa de secagem a 50°C, até massa constante, sendo que a massa seca da parte aérea (MSPA) e a massa seca da raiz (MSR) foram quantificados em balança analítica.

4.5 *Colonização micorrízica*

Os parâmetros utilizados para avaliar o inóculo foram: a porcentagem de colonização, o qual foi realizado a partir da coloração de um grama de raiz, conforme o protocolo Phillips & Hayman [68] seguindo algumas etapas: 1° etapa: utilizando a solução de Hidróxido de Potássio à 10% para imersão das raízes em banho maria na temperatura de 80°C e por 45 minutos e lavadas com água destilada; 2° etapa: imersão em Ácido Acético (vinagre) por um minuto e posterior retirada do Ácido Acético; 3° etapa: imersão em Azul de Tripán a 0,05% durante 5 minutos em 80°C. Após essas etapas foi avaliada a porcentagem de colonização de raiz pelo método de interceptação de linhas de grade pelo protocolo de Giovannetti & Mosse [69] ao qual consiste em observar um grama da raiz em placa de Petri escalonada com linhas verticais e horizontais para observação em microscópio estereoscópio. Para a avaliação das estruturas arbúsculo, vesículas e esporos dos

¹ O artigo apresentado foi redigido conforme as diretrizes de submissão da revista *plants*. As normas indicadas para a redação de artigos pela revista estão disponíveis no link: <https://www.mdpi.com/journal/plants/instructions>

FMA foram montadas lâminas com 5 cm de raiz por amostra e observada em microscópio óptico [70].

4.6 Extração de macro e micromoléculas

Após o processo de secagem o material seguiu para as análises bioquímicas, que se dera pela extração de macro e micromoléculas. A extração foi realizada utilizando 200 mg de massa seca e 10 ml do tampão fosfato a pH 7 para a maceração. Posteriormente foi realizada a centrifugação em 6.000 RPM por 20 minutos [71]

4.6 Compostos nitrogenados

Proteínas totais foram quantificadas pelo método de Bradford [72] assim como o ensaio da Ninhidrina, de Yemm & Cocking [73] foi utilizado para a quantificação de aminoácidos totais. A extração e quantificação de prolina foi realizada através do método de Bates [74]. O nitrato e o amônio foram extraídos e quantificados utilizando o método de Cataldo et al. [75] e Weatherburn [76], respectivamente, com adequações. O teor relativo de clorofila foi quantificado com a utilização do medidor portátil de clorofila modelo CCM-200 plus da Opti-sciences.

4.7 Carboidratos

Para análise dos carboidratos utilizou massa seca da parte aérea e da raiz. Utilizou-se o método da Antrona, Yemm & Willis [77] para a quantificação dos açúcares solúveis totais (AST), amido e açúcares não redutores (ARS). A quantificação de açúcares redutores (RS) foi realizada utilizando o método do Ácido Dinitrosalicílico (DNS), Miller [78].

4.8 Análise estatística

As análises estatísticas foram realizadas por meio do programa SISVAR, as variáveis foram submetidas à verificação de normalidade pelo teste Shapiro-Wilk ($p > 0.05$) e as médias comparadas pelo teste Scott-Knott ao nível de 5% de significância [79].

5. Conclusão

A densidade de esporos de FMA, sim, tem grande influência no crescimento das mudas de *Handroanthus serratifolius*, sendo o tratamento MED, com 3,08 esporos o mais indicado para a espécie. Entretanto, para os parâmetros bioquímicos, não houve influência da densidade de esporos, a presença ou ausência dos FMA foi mais significativa. Das estruturas dos FMA, a colonização e o número de esporos foram maiores no tratamento ADE, alterando a dinâmica de alocação dos carboidratos. Nos compostos nitrogenados, observou-se a maior eficiência na incorporação de compostos precursores, como os aminoácidos, dentre eles a prolina, para a formação de proteína e clorofila em plantas micorrizadas. Nas análises de carboidratos, observou-se que as maiores densidades de esporos proporcionaram maior teor de açúcar redutor e menor teor de açúcar não redutor. Esses resultados sugerem a existência de uma densidade apropriada para melhor averiguar a relação fungo-planta permitindo assim a replicabilidade de futuros estudos.

Referencias

1. Lohmann, L.G. *Handroanthus* in Flora e Funga do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB117466>>. Acesso em: 24 ago. 2022
2. Carvalho, P.E.R. Espécies arbóreas brasileiras. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: Embrapa Florestas, 2014, 5.
3. Costa, E.V.S.; Brígido, H.P.C.; Coelho-Ferreira, M.R.; Brandão, G.C.; Dolabela, M.F. Antileishmanial Activity of *Handroanthus serratifolius* (Vahl) S. Grose (Bignoniaceae). Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine 2017, 2017, 6. <https://doi.org/10.1155/2017/8074275>

¹ O artigo apresentado foi redigido conforme as diretrizes de submissão da revista *plants*. As normas indicadas para a redação de artigos pela revista estão disponíveis no link: <https://www.mdpi.com/journal/plants/instructions>

4. Macêdo, F.A.A.; Coêlho, M.L.; Ribeiro, M.C.; Barros, E.D.S.; Gomes, J.P.S.; Batista, C.L.; Sousa, R.P. Análise das atividades farmacológicas da *Handroanthus serratifolius* (Vahl) S.Grose. Research, Society and Development **2022**, 11, e5611222891. : <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i2.22891>
5. Oliveira A.K.M.; Schleder E.D.; Favero S. Caracterização morfológica, viabilidade e vigor de sementes de *Tabebuia chrysotricha* (Mart. ex. DC.) Standl. Revista Árvore **2008**, 32, 1011-1018. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622008000600006>
6. Vieira, C.; Weber, O. Saturação por bases de crescimento e nutrição de mudas de Ipê-Amarelo. Floresta e Ambiente **2017**, 24, 1-10. <https://doi.org/10.1590/2179-8087.001916>
7. Santacruz A.M.; Hernández J.I.V.; Gregorio, Á.P.; Santiago, M.Á.M.; Huerta H.V. Establecimiento y desarrollo de plántulas de *Tabebuia rosea* (Bignoniaceae) en una selva subcaducifolia manejada de la costa Pacífica de México. Rev. biol. trop. **2006**, 54, 1215-1225.
8. Melloni, R.; Melloni, E.G.P.; Alvarenga, M.I.N.; Vieira, F. B. M. Avaliação da qualidade de solos sob diferentes coberturas florestais e de pastagem no sul de Minas Gerais. Revista Brasileira de Ciência do Solo **2008**, 32, 2461-2470. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832008000600023>
9. Moreira, A.; Malavolta, E. Dinâmica da matéria orgânica e da biomassa microbiana em solo submetido a diferentes sistemas de manejo na Amazônia Ocidental. Pesquisa Agropecuária Brasileira **2004**, 39, 1103-1110. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2004001100008>
10. Smith S.E.; Read D.J. Mycorrhizal symbiosis, 3 ed.; Academic Press: Cambridge, EUA, **2008**, 12-23.
11. Ramos, A.C.; Façanha, A.; Palma, L.M.; Okorokov, L.A.; Cruz, Z.M.A.; Silva, A.G.; Siqueira, A.F.; Bertolazi, A.A.; Canton, G.C.; Melo, J.; Santos, W.O.; Schimitberger, V.M.B.; Okorokova-Façanha, A.L. An outlook on ion signaling and ionome of mycorrhizal symbiosis. Brazilian Journal of Plant Physiology **2011**, 23, 79-89. <https://doi.org/10.1590/S1677-04202011000100010>
12. Schüßler, A.; Krüger, C.; Urgiles, N. Phylogenetically diverse AM fungi from Ecuador strongly improve seedling growth of native potential crop trees. Mycorrhiza **2016**, 26, 199–207. <https://doi.org/10.1007/s00572-015-0659-y>
13. Gerlach, N.; Schmitz, J.; Polatajko, A.; Schlüter, U.; Fahnenstich, H.; Witt, S.; Fernie, A.R.; Uroic, K.; Scholz, U.; Sonnewald, U.; Bucher, M. Systemic responses in mycorrhizal maize. Plant Cell Environ **2015**, 38, 1591-1612. <https://doi.org/10.1111/pce.12508>
14. Diao, F., Jia, B., Wang, X., Luo, J., Hou, Y., Li, F. Y., & Guo, W. Proteomic analysis revealed modulations of carbon and nitrogen by arbuscular mycorrhizal fungi associated with the halophyte *Suaeda salsa* in a moderately saline environment. Land Degradation & Development **2022**, 33, 1933– 1943. <https://doi.org/10.1002/ldr.4274>
15. Lima, N.E.D.; Carvalho, A.A.; Lima-ribeiro, M.S.; Manfrin, M.H. Caracterização e história biogeográfica dos ecossistemas secos neotropicais. Rodriguésia, **2018**, 69, 2209-2222. <https://doi.org/10.1590/2175-7860201869445>
16. Coutinho, L.M. O conceito de bioma. Acta Botanica Brasilica **2006**, 20, 13-23. <https://doi.org/10.1590/S0102-33062006000100002>
17. Cavalcante, U.M.T.; Maia, L.C.; Nogueira, R.J.M.C.; Santos, V.F.; Respostas fisiológicas em mudas de maracujazeiro amarelo inoculadas com fungos micorrizicos arbusculares e submetidas ao estresse hídrico. Acta Botânica Brasileira **2001**, 15, 379-390, 2001. <https://doi.org/10.1590/S0102-33062001000300008>
18. Correia, T.S.; Lara, T.S.; Santos, J.A.d.; Sousa, L.d.S.; Santana, M.D.F. Arbuscular Mycorrhizal Fungi Promote Physiological and Biochemical Advantages in *Handroanthus serratifolius* Seedlings Submitted to Different Water Deficits. Plants **2022**, 11, 2731. <https://doi.org/10.3390/plants11202731>
19. Graham, J.H. Assessing costs of arbuscular mycorrhizal symbiosis in agroecosystems. The American Phytopathological Society Press: St. Paul, USA, **2000**, 127-140.
20. Santos, J.A.; Lara, T.S.; Correia, T.S.; Sousa, L.S. Influência da densidade de esporos de fungos micorrizicos arbusculares nativos da Savana no desenvolvimento do milho (*Zea mays*). Rev. Bras. De Ciências Da Amaz. **2020**, 9, 21–28.
21. Johnson, N.C.; Graham, J.H.; Smith, F.A. Functioning of Mycorrhizal Associations Along the Mutualism-Parasitism Continuum. The New Phytologist **1997**, 135, 575-586.

¹ O artigo apresentado foi redigido conforme as diretrizes de submissão da revista *plants*. As normas indicadas para a redação de artigos pela revista estão disponíveis no link: <https://www.mdpi.com/journal/plants/instructions>

22. Aguirre-Medina, J.F.; Culebro-Cifuentes, F.; Cadena-Iñiguez, J.; Aguirre-Cadena, J.F. *Tabebuia donnell-smithii* Rose growth inoculated with mycorrhizal fungi and *Azospirillum brasilense*. *Agrociencia* **2014**, *48*, 331-345.
23. Cheeke, T.E.; Pace, B.A.; Rosenstiel T.N.; Cruzan, Mitchell B. The influence of fertilizer level and spore density on arbuscular mycorrhizal colonization of transgenic Bt 11 maize (*Zea mays*) in experimental microcosms. *FEMS Microbiol Ecol* **2011**, *75*, 304–312. [10.1111/j.1574-6941.2010.01013.x](https://doi.org/10.1111/j.1574-6941.2010.01013.x)
24. Rani, B.; Madan, S.; Sharma, K.; Ja, P.; Berwal, M.K.; Kumar, A. Effect of Mycorrhizal Colonization on Nitrogen and Phosphorous Metabolism in Wheat (*Triticum aestivum* L.) under Water Deficit Stress. *Int. J. Curr. Microbiol. Appl. Sci.* **2017**, *6*, 916–929. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2017.610.110>
25. Silva, F.S.B.; Maia, L.C. Mycorrhization and phosphorus may be an alternative for increasing the production of metabolites in *Myracrodruon urundeuva*. *Theor. Exp. Plant Physiol* **2018**, *30*, 297–302. <https://doi.org/10.1007/s40626-018-0123-4>
26. Wang, J.; Zhong, H.; Zhu, L.; Yuan, Y.; Xu, L.; Wang, G.G.; Zhai, L.; Yang, L.; Zhang, J. Arbuscular mycorrhizal fungi effectively enhances the growth of *Gleditsia sinensis* Lam. seedlings under greenhouse conditions. *Forests* **2019**, *10*, 567. <https://doi.org/10.3390/f10070567>
27. Chandrasekaran M. A meta-analytical approach on arbuscular mycorrhizal fungi inoculation efficiency on plant growth and nutrient uptake. *Agriculture* **2020**, *10*, 370. <https://doi.org/10.3390/agriculture10090370>
28. Ortas, I. The effect of mycorrhizal fungal inoculation on plant yield, nutrient uptake and inoculation effectiveness under long-term field conditions. *Field Crop. Res.* **2012**, *125*, 35–48. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2011.08.005>
29. Durigan, G.; Nogueira, J.C.B. Taxa de sobrevivência e crescimento inicial das espécies em plantio de recomposição de matas ciliares. Instituto Florestal: São Paulo, Brasil, **1990**, *4*, 35-40. <https://doi.org/10.1590/S0102-33061990000300005>
30. Souza, G.M.; Balmant, B.D.; Vítolo, H.F.; Gomes, K.B.P.; Florentino, T.M.; Catuchi, T.A.; Vieira, W.L. Estratégias de utilização de luz e estabilidade do desenvolvimento de plântulas de *Cordia superba* Cham. (Boraginaceae) crescidas em diferentes ambientes luminosos. *Acta bot. bras.* **2009**, *23*, 474-485. <https://doi.org/10.1590/S0102-33062009000200019>
31. Mollavalli, M; Perner, H.; Rohn, S.; Riehle, P.; Hansechen, F.S.; Schwarz, D. Nitrogen form and mycorrhizal inoculation amount and timing affect flavonol biosynthesis in onion (*Allium cepa* L.). *Mycorrhiza* **2018**, *28*, 59–70. <https://doi.org/10.1007/s00572-017-0799-3>
32. Santos, C.S.; Lara, T.S.; Santana, M.D.F.; Junior, A.I.S. Soil sterilization for arbuscular mycorrhizal fungi and the influence of remaining spores on maize plants growth. *Sci. Amazon.* **2021**, *10*, 10–18.
33. Carneiro, M.A.C.; Siqueira, J.O.; Davide, A.C.; Gomes, L.J.; Curi, N.; Vale, F.R. Fungos micorrízico e superfosfato no crescimento de espécies arbóreas tropicais. *Scientia Forestalis* **1996**, *50*, 21-36.
34. Huang, L.L.; Wang, Y.L.; Guerin-Laguette, A.; Wang, R.; Zhang, P.; Li, Y.M.; Yu, F.Q. Ectomycorrhizal synthesis between two Tuber species and six tree species: are different host-fungus combinations having dissimilar impacts on host plant growth?. *Mycorrhiza* **2022**, *32*, 341–351. <https://doi.org/10.1007/s00572-022-01081-6>
35. Shao, Y.; Hu, X.; Wu, Q.S.; Yang, T.Y.; Srivastava, A.K.; Zhang, D.J.; Xiu-Bing Gao, X.B.; Kuča, K. Mycorrhizas promote P acquisition of tea plants through changes in root morphology and P transporter gene expression. *South African Journal of Botany* **2021**, *137*, 455-462. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2020.11.028>
36. Souza, R.G.; Silva, D.K.A.; Oliveira, J.R.G.; Goto, B.T.; Silva, F.S.B.; Sampaio, E.V.; Maia, L.C. Use of mycorrhizal seedlings on recovery of mined dunes in northeastern Brazil. *Pedobiol. Int. J. Soil Biol.* **2012**, *55*, 303–309. <https://doi.org/10.1016/j.pedobi.2012.06.002>
37. Wang, W., Shi, J., Xie, Q., Jiang, Y., Yu, N., & Wang, E. Nutrient exchange and regulation in arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Molecular plant* **2017**, *10*, 1147-1158. <https://doi.org/10.1016/j.molp.2017.07.012>
38. El-Sherbeny, Abeer M. Mousa, El-Sayed R. El-Sayed. Use of mycorrhizal fungi and phosphorus fertilization to improve the yield of onion (*Allium cepa* L.) plant. *Saudi Journal of Biological Sciences* **2022**, *29*, 331-338. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2021.08.094>

¹ O artigo apresentado foi redigido conforme as diretrizes de submissão da revista *plants*. As normas indicadas para a redação de artigos pela revista estão disponíveis no link: <https://www.mdpi.com/journal/plants/instructions>

39. Back, M.M.; Reith, S.; Giuliani, J.C.; Souza, P.V.D. Interação entre porta-enxertos de citros e fungos micorrízicos arbusculares Iheringia, Série Botânica **2017**, *72*, 277-282. <https://doi.org/10.21826/2446-8231201772214>
40. Smith, S.E.; Smith, F.A. Roles of arbuscular mycorrhizas in plant nutrition and growth: New paradigms from cellular to ecosystem scales. *Ann. Rev. Plant Biol.* **2011**, *62*, 227–250. <https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-042110-103846>
41. Ahanger, M.A.; Alyemini, M.N.; Wijaya, L.; Alamri, S. A.; Alam, P.; Ashraf, M.; Ahmad, P. Potential of exogenously sourced kinetin in protecting *Solanum lycopersicum* from NaCl-induced oxidative stress through up-regulation of the antioxidant system, ascorbate-glutathione cycle and glyoxalase system. *PLoS One*, **2018**, *13*, e0202175. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0202175>
42. Zou, Y.N.; Wu, Q.S. Huang, Y.M.; Ni, Q.D.; He, X.H. Mycorrhizal-mediated lower proline accumulation in *Poncirus trifoliata* under water deficit derives from the integration of inhibition of proline synthesis with increase of proline degradation. *PLOS ONE* **2013**, *8*, e80568. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0080568>
43. Zhang, Z.F.; Zhang, J.C.; Xu, G.P.; Zhou, L.W.; Li, Y.Q. Arbuscular mycorrhizal fungi improve the growth and drought tolerance of *Zenia insignis* seedlings under drought stress. *New For.* **2018**, 1–12. <https://doi.org/10.1007/s11056-018-9681-1>
44. Al-Arjani A.B.F.; Hashem A.; Abd-Allah E.F. Arbuscular mycorrhizal fungi modulates dynamics tolerance expression to mitigate drought stress in *Ephedra foliata* Boiss. *Saudi J Biol Sci* **2020**, *27*:380– 394. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2019.10.008>
45. Ouledali S.; Ennajeh M.; Zrig A.; Gianinazzi S.; Khemira H. (2018) Estimating the contribution of arbuscular mycorrhizal fungi to drought tolerance of potted olive trees (*Olea europaea*). *Acta Physiol Plant* **2018**, *40*, 81. <https://doi.org/10.1007/s11738-018-2656-1>
46. Hasegawa, P.M.; Bressan, R.A.; Zhu, J.K.; Bohnert, H.J. Plant cellular and molecular responses to high salinity. *Annual review of plant biology*, **2000**, *51*, 463-499. [1040-2519/00/0601-0463\\$14.00](https://doi.org/10.1146/annurev.pl.51.1.463)
47. Frosi G.; Barros V.A.; Oliveira M.T.; Santos M.; Ramos D.G.; Maia L.C.; Santos M.G. Symbiosis with AMF and leaf Pi supply increases water deficit tolerance of woody species from seasonal dry tropical forest. *J Plant Physiol* **2016**, *207*, 84–93. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2016.11.002>
48. Sheng M.; Tang M.; Zhang F.; Huang Y. Influence of arbuscular mycorrhiza on organic solutes in maize leaves under salt stress. *Mycorrhiza* **2011**, *21*, 423–430. <https://doi.org/10.1007/s00572-010-0353-z>
49. Fellbaum C.R.; Gachomo E.W.; Beesetty Y.; Choudhari S.; Strahan G.D.; Pfeffer P.E.; Bucking H. Carbon availability triggers fungal nitrogen uptake and transport in arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* **2012**, *109*, 2666–2671. <https://doi.org/10.1073/pnas.1118650109>
50. HaiRu, Jin; Jiang Xiangyan. Chromatographic Analysis of Nitrogen Utilization and Transport in Arbuscular Mycorrhizal Fungal Symbiosis. *Chromatography-the most versatile method of chemical analysis* **2012**, 231-244. <http://dx.doi.org/10.5772/48469>
51. Jin, H.; Liu, J.; Liu, J. Forms of nitrogen uptake, translocation, and transfer via arbuscular mycorrhizal fungi: A review. *Sci. China Life Sci* **2012**, *55*, 474–482. <https://doi.org/10.1007/s11427-012-4330-y>
52. Seck-Mbengue; Françoise, M. et al. Transport of nitrogen and zinc to rhodes grass by arbuscular mycorrhiza and roots as affected by different nitrogen sources (NH₄⁺-N and NO₃⁻-N). *Symbiosis* **2017**, *73*, 191-200. <https://doi.org/10.1007/s13199-017-0480-9>
53. Jarrell, W.M.; Beverly, R.B. The dilution effect in plant nutrition studies. *Advances in agronomy* **1981**, *34*, 197-224. [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(08\)60887-1](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(08)60887-1)
54. Oliveira, J.J.F.; Sousa, R.F.; Carneiro, R.F.V.; Fonseca, J.M. Crescimento inicial de plantas de leucena frente à inoculação micorrízica e adubação orgânica. *Rev. Bras. Agroecol.* **2013**, *8*, 212–220.
55. Takai, T., Kondo, M., Yano, M. et al. A Quantitative Trait Locus for Chlorophyll Content and its Association with Leaf Photosynthesis in Rice. *Rice* **2010**, *3*, 172–180. <https://doi.org/10.1007/s12284-010-9047-6>
56. Liu, X.D.; Shen, Y.G. NaCl-induced phosphorylation of light harvesting chlorophyll a/b proteins in thylakoid membranes from the halotolerant green alga, *Dunaliella salina*. *FEBS letters*, **2004**, *569*, 337-340. <https://doi.org/10.1016/j.febslet.2004.05.065>

¹ O artigo apresentado foi redigido conforme as diretrizes de submissão da revista *plants*. As normas indicadas para a redação de artigos pela revista estão disponíveis no link: <https://www.mdpi.com/journal/plants/instructions>

57. Aganchich, Badia, et al. Effect of arbuscular mycorrhizal fungi inoculation on growth and physiology performance of olive tree under regulated deficit irrigation and partial rootzone drying. *South African Journal of Botany* **2022**, 148, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2022.03.051>
58. Pedone-Bonfim, M.V.L.; Lins, M.A.; Coelho, I.R.; Santana, A.S.; Silva, F.S.B.; Maia, L.C. Mycorrhizal technology and phosphorus in the production of primary and secondary metabolites in cebil (*Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan) seedlings. *Journal of the Science of Food and Agriculture* **2013**, 93, 1479-1484. <https://doi.org/10.1002/jsfa.5919>
59. Wu, Q.S.; Lou, Y.G.; Li, Y. Plant growth and tissue sucrose metabolism in the system of trifoliolate orange and arbuscular mycorrhizal fungi. *Sci. Hortic.* **2015**, 181, 189–193. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2014.11.006>
60. Mohebi-Anabat, Mohammad, et al. Effects of arbuscular mycorrhizal inoculation on the growth, photosynthetic pigments and soluble sugar of *Crocus sativus* (saffron) in autoclaved soil. *Int. J. Agron. Agric.* **2015**, v. 6, pp. 296-304.
61. Jing Xu; Shijun Liu; Shurui Song; Hanling Guo; Jianjun Tang; Jean W.H.; Yong, Yuandan Ma; Xin Chen. Arbuscular mycorrhizal fungi influence decomposition and the associated soil microbial community under different soil phosphorus availability, *Soil Biology and Biochemistry*, **2018**, 120, 181-190, <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2018.02.010> .
62. Gutjahr, C.; Novero, M.; Guether, M.; Montanari, O.; Udvardi, M.; Bonfante, P. Presymbiotic factors released by the arbuscular mycorrhizal fungus *Gigaspora margarita* induce starch accumulation in *Lotus japonicus* roots. *New Phytologist* **2009**, 183, 53-61. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2009.02871.x>
63. Sarwat, M.; Hashem, A.; Ahanger, M.A.; Abd Allah, E.F.; Alqarawi, A.A.; Alyemeni, M.N.; Ahmad, P.; Gucel, S. Mitigation of NaCl Stress by Arbuscular Mycorrhizal Fungi through the Modulation of Osmolytes, Antioxidants and Secondary Metabolites in Mustard (*Brassica juncea* L.) Plants. *Front Plant Sci.* **2016**, 4, 869. [10.3389/fpls.2016.00869](https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00869)
64. Sheteiwy, M.S., Ali, D.F.I., Xiong, YC. et al. Physiological and biochemical responses of soybean plants inoculated with Arbuscular mycorrhizal fungi and Bradyrhizobium under drought stress. *BMC Plant Biol* **2021**, 21, 195. <https://doi.org/10.1186/s12870-021-02949-z>
65. Koppen, W. *Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra*. Fondo de cultura econômica. Mexico, **1948**, 479.
66. Clima Alter do Chão (Brasil). *Climate-data-org*, **2019**. Disponível em <https://pt.climatedata.org/america-dosul/brasil/para/alter-do-chao-317494/>
67. Amorim, S.M.C.; Paim, A.C.B.; Silva, M.G. Efeito do déficit hídrico sobre a colonização endomicorrízica em duas espécies vegetais típicas da região semi-árida do Nordeste. *Revista de Biotecnologia, Ciência e Desenvolvimento* **2004**, 33, 23-26.
68. Phillips, J.M.; Hayman, D.S. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Trans. Br. Mycol. Soc.* **1970**, 55, 158–161. [http://doi.org/10.1016/S0007-1536\(70\)80110-3](http://doi.org/10.1016/S0007-1536(70)80110-3)
69. Giovannetti, M.; Mosse, B. An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots. *New Phytol.* **1980**, 84, 489–500. <http://doi.org/10.1111/j.1469-8137.1980.tb04556.x>
70. McGonigle, Terence P., et al. "A new method which gives an objective measure of colonization of roots by vesicular–arbuscular mycorrhizal fungi." *New phytologist* **1990**, 115, 495-501. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.1990.tb00476.x>
71. Kim HK, Verpoorte R. Sample preparation for plant metabolomics. *Phytochem Anal.* **2010**, 21, 4-13. doi: [10.1002/pca.1188](https://doi.org/10.1002/pca.1188).
72. Bradford, M.M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Anal. Biochem.* **1976**, 72, 248–254. [https://doi.org/10.1016/0003-2697\(76\)90527-3](https://doi.org/10.1016/0003-2697(76)90527-3)
73. Yemm, E.W.; Cocking, E.C.; Ricketts, R.E. The determination of amino-acids with ninhydrin. *Analyst* **1955**, 80, 209–214. <https://doi.org/10.1039/AN9558000209>
74. Bates, L.S.; Waldren, R.P.; Teare, I.D. Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant Soil* **1973**, 39, 205–207. <https://doi.org/10.1007/BF00018060>

¹ O artigo apresentado foi redigido conforme as diretrizes de submissão da revista *plants*. As normas indicadas para a redação de artigos pela revista estão disponíveis no link: <https://www.mdpi.com/journal/plants/instructions>

75. Cataldo, D.A.; Maroon, M.; Schrader, L.E.; Youngs, V.L. Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic acid. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* **1975**, *6*, 71–80. <https://doi.org/10.1080/00103627509366547>
76. Weatherburn, M.W. Phenol-hypochlorite reaction for determination of ammonia. *Anal. Chem.* **1967**, *39*, 971–974. <https://doi.org/10.1021/ac60252a045>
77. Yemm, E.W.; "AJ Willis. The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrone." Department of Botany, University of Bristol **1945**.
78. Miller, G. L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Analytical Chemistry*, [S.l.], **1959**, *31*, 426-428.
79. Ferreira, D.F. SISVAR: A computer analysis system to fixed effects split plot type designs: Sisvar. *Braz. J. Biom.* **2019**, *37*, 529–535. <https://doi.org/10.28951/rbb.v37i4.450>

¹ O artigo apresentado foi redigido conforme as diretrizes de submissão da revista *plants*. As normas indicadas para a redação de artigos pela revista estão disponíveis no link: <https://www.mdpi.com/journal/plants/instructions>



UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DO PARÁ
REITORIA
SISTEMA INTEGRADO DE BIBLIOTECAS

TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA PUBLICAÇÃO DE TRABALHOS ACADÊMICOS

1. Identificação do autor

Nome completo: Ludyanne da Silva Sousa

CPF: 039.082.352-72 RG: 8036305 Telefone: (93) 99903-3826

E-mail: ludyanne.sousa93@gmail.com

Seu e-mail pode ser disponibilizado na página de rosto?

(X) Sim() Não

2. Identificação da obra

() Monografia (X) TCC () Dissertação () Tese () Artigo científico () Outros: _____

Título da obra: Fungos micorrízicos arbusculares quanto mais, melhor? Sim e não para mudas de *Handroanthus serratifolius* (Vahl) S.O. Grose

Programa/Curso de pós-graduação: Bacharelado em Ciências Biológicas

Data da conclusão: 18/01/2023.

Agência de fomento (quando houver): _____

Orientador: Túlio Silva Lara

E-mail: tulio.lara@yahoo.com

Co-orientador: Marcos Diones Ferreira Santana

Examinadores: Edgard Siza Trybusi

Élcio Meira da Fonseca Junior

3. Informação de disponibilização do documento:

O documento está sujeito a patentes? () Sim (X) Não

Restrição para publicação: () Total () Parcial (X) Sem restrição

Justificativa de restrição total*: _____

4. Termo de autorização

Autorizo a Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA) a incluir o documento de minha autoria, acima identificado, em acesso aberto, no Portal da instituição, no Repositório Institucional da Ufopa, bem como em outros sistemas de disseminação da informação e do conhecimento, permitindo a utilização, direta ou indireta, e a sua reprodução integral ou parcial, desde que citado o autor original, nos termos do artigo 29 da Lei nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, e da lei 12.527 de novembro de 2011, que trata da Lei de Acesso à Informação. Essa autorização é uma licença não exclusiva, concedida à Ufopa a título gratuito, por prazo indeterminado, válida para a obra em seu formato original.

Declaro possuir a titularidade dos direitos autorais sobre a obra e assumo total responsabilidade civil e penal quanto ao conteúdo, citações, referências e outros elementos que fazem parte da obra. Estou ciente de que todos os que de alguma forma colaboram com a elaboração das partes ou da obra como um todo tiveram seus nomes devidamente citados e/ou referenciados, e que não há nenhum impedimento, restrição ou limitação para a plena validade, vigência e eficácia da autorização concedida.

Santarém, 02/02/2023.

Assinatura do autor

5. Tramitação no curso

Secretaria / Coordenação de curso

Recebido em ____/____/____. Responsável: _____

Siape/Carimbo