

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS

**QUALIDADE DE MUDAS DE *Peltophorum dubium*
(Spreng.) Taub.: SOMBREAMENTO, EXTRATO DE
ALGAS, SILÍCIO E SILICATO DE POTÁSSIO**

VIVIANE WRUCK TROVATO

**DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL
2022**

**QUALIDADE DE MUDAS DE *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.:
SOMBREAMENTO, EXTRATO DE ALGAS, SILÍCIO E SILICATO
DE POTÁSSIO**

VIVIANE WRUCK TROVATO
Bióloga

Orientadora: Prof^a. Dr^a. SILVIA CORREA SANTOS

Tese apresentada à Universidade Federal da Grande Dourados, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Produção Vegetal, para obtenção do título de Doutora.

DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL
2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

T859q Trovato, Viviane Wruck

Qualidade de mudas de *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.: sombreamento, extrato de algas, silício e silicato de potássio [recurso eletrônico] / Viviane Wruck Trovato. -- 2023.

Arquivo em formato pdf.

Orientador: Silvia Correa Santos.

Tese (Doutorado em Agronomia)-Universidade Federal da Grande Dourados, 2022.

Disponível no Repositório Institucional da UFGD em:

<https://portal.ufgd.edu.br/setor/biblioteca/repositorio>

1. Canafistula. 2. Bioinsumos. 3. Alga marinha. 4. Silício. 5. Silicato de potássio. I. Santos, Silvia Correa. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.

**QUALIDADE DE MUDAS DE *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.:
SOMBREAMENTO, EXTRATO DE ALGAS, SILÍCIO E SILICATO DE
POTÁSSIO**

por

VIVIANE WRUCK TROVATO

Tese apresentada como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de
DOUTORA EM AGRONOMIA

Aprovada em: 18/11/2022

Documento assinado digitalmente



SILVIA CORREA SANTOS

Data: 20/01/2023 12:32:42-0300

Verifique em <https://verificador.itl.br>

Profa. Dra. Silvia Correa Santos
UFGD/FCA

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Livia Maria Chamma Davide de Carvalho'.

Profa. Dra. Livia Maria Chamma Davide de Carvalho
UFGD/FCA

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Zefa Valdivina Pereira'.

Profa. Dra. Zefa Valdivina Pereira
UFGD/FCBA

Flávia Araújo Matos

Profa. Dra. Flávia Araújo Matos
Membro Titular Externo

Cleberton C. Santos

Prof. Dr. Cleberton Correia Santos
UFGD/FCA

A minha eterna amiga de quatro patas Lua...

Dedico

AGRADECIMENTOS

À Deus pelas bênçãos recebidas e que sempre esteve presente comigo em todos os momentos.

A professora Dra. Silvia Correa Santos pela orientação, por não me deixar desanimar, pelos ensinamentos e por toda confiança em mim depositada.

Ao Dr. Cleberton Correia Santos, ao Dr. Elias Silva de Medeiros e a Dra. Elissandra Pacito Torales, pela colaboração nas análises e interpretações estatísticas.

A professora Dra. Rosilda Mara Mussury, que admiro e que me acompanha desde a graduação pela disponibilidade em ajudar em minha pesquisa e pelos seus ensinamentos.

À Universidade Federal da Grande Dourados e ao programa de pós-graduação em Agronomia por esta oportunidade.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pelo financiamento da bolsa de doutorado.

Aos meus pais Edimeia e Valdemirto, por acreditarem em mim, por me incentivarem e apoiarem incondicionalmente. A quem devo minha gratidão por tudo que sempre fizeram por mim.

Aos meus irmãos Valesca, Veruska, Vinícius e Victor, por me ouvirem, ajudarem com apoio emocional e até mesmo em minha pesquisa, ajudando na coleta de sementes e avaliações. Obrigada por me acompanharem sempre em minhas escolhas, não me deixando nunca desanimar.

Ao meu namorado Néilson Ferreira Corrêa, que conheci no mestrado e que está comigo até hoje, por acreditar em mim, por sempre me apoiar, por me amar, por toda ajuda que me deu, mas principalmente, por me ajudar a ser uma pessoa melhor.

Ao meu amigo Gilson Domingos do Mar, que tive o prazer de conhecer durante o doutorado, que foi um grande parceiro de trabalhos e que me ajudou na condução dos meus experimentos, sendo essencial para a conclusão desta pesquisa.

A Patrícia dos Santos Zomerfeld, amiga que o doutorado me presenteou e que levarei sempre em meu coração, obrigada por me ajudar e estar sempre comigo.

Aos demais amigos do curso de pós-graduação em Agronomia, com quem partilhei dúvidas e conhecimentos, pela amizade e companheirismo, em especial ao Luiz Guilherme, Bruna Neves e Gilmar Gabriel.

A todos que, direta ou indiretamente, participaram deste trabalho.

SUMÁRIO

| | |
|--|------|
| RESUMO GERAL | viii |
| ABSTRACT..... | ix |
| 1 INTRODUÇÃO GERAL..... | 1 |
| 2 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 5 |
| RESUMO..... | 9 |
| ABSTRACT..... | 10 |
| 1 INTRODUÇÃO | 11 |
| 2 MATERIAL E MÉTODOS | 13 |
| 2.1 Condições gerais | 13 |
| 2.2 Experimento I | 14 |
| 2.3 Experimento II | 15 |
| 2.4 Avaliações..... | 16 |
| 2.5 Análise estatística | 16 |
| 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 18 |
| 3.1 Sombreamento e <i>A. nodosum</i> | 18 |
| 3.1 Sombreamento e FMA..... | 21 |
| 4 CONCLUSÃO | 28 |
| 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 29 |
| RESUMO..... | 32 |
| ABSTRACT..... | 33 |
| 1 INTRODUÇÃO | 34 |
| 2 MATERIAL E MÉTODOS | 36 |
| 2.1 Condições de estudo e produção das mudas | 36 |
| 2.2 Primeiro período experimental | 36 |
| 2.3 Segundo período experimental | 37 |
| 2.4 Avaliações..... | 38 |
| 2.5 Análise estatística | 38 |
| 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 39 |
| 3.1 Primeiro período experimental - com SiO ₂ | 39 |
| 3.2 Segundo período experimental – com K ₂ SiO ₃ | 43 |
| 4 CONCLUSÃO | 51 |
| 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 52 |
| 6 CONSIDERAÇÕES GERAIS | 55 |

7 APÊNDICES 56

RESUMO GERAL

O estudo sobre produção de mudas de espécies florestais nativas tem aumentado, mas ainda faltam informações sobre a produção em condições ideais para seu crescimento inicial. *Peltophorum dubium* é uma espécie florestal nativa brasileira conhecida popularmente como canafístula e angico amarelo. Por possuir rápido crescimento e alta rusticidade, vem sendo amplamente utilizada para a recomposição de áreas degradadas e reflorestamento. Dentre os fatores que influenciam na qualidade de produção de uma muda florestal está a intensidade luminosa e disponibilidade de nutrientes que interferem diretamente no crescimento e rendimento das plantas, podendo o sucesso de sua produção ser alcançado observando seu desenvolvimento em diferentes condições de luminosidade e disponibilidade de nutrientes. Diante do exposto, o objetivo do presente trabalho foi o de avaliar os efeitos do FMA *Rhizoglosum clarum*, do extrato de algas marinhas *Ascophyllum nodosum*, do silício e K_2SiO_3 no crescimento e qualidade em mudas de *Peltophorum dubium*. Para o estudo as mudas foram submetidas a três níveis de sombreamento (0, 30 e 50%) e inoculação de FMA, doses de extrato de alga, silício (SiO_2) e silicato de potássio K_2SiO_3 . Os diferentes níveis de sombreamento foram obtidos com o auxílio de telas pretas de polietileno do tipo sombrite. O FMA utilizado foi o *Rhizoglosum clarum*, que foi inoculado no momento do transplante das mudas na profundidade de 3 cm, em contato direto com o sistema radicular. O extrato de alga marinha utilizado foi o *Ascophyllum nodosum* nas doses: 0, 2,5; 5, 7,5 e 10 mL L⁻¹ de água, aplicadas via pulverização foliar. As doses de silício foram de óxido de silício SiO_2 em pó com 92% de pureza (0,0g, 1,0g, 2,0g, 4,0g e 6,0g L⁻¹ de água) e de silicato de potássio K_2SiO_3 0,0; 5,0; 10,0; 15,0 e 20,0 mL L⁻¹ de água, também aplicadas via pulverização foliar. De maneira geral, as mudas de *P. dubium* cultivadas sem sombreamento apresentam maior potencial de sobrevivência a campo, sendo ambientes sombreados considerados estressantes. Quando se realizou a inoculação do FMA houve uma melhor aclimação das mudas em ambiente sombreado, proporcionando maiores valores de crescimento. A produção de biomassa também foi influenciada pelos sombreamentos, sendo os maiores valores observados nos ambientes sombreados de 0% e 30%. As doses do extrato de alga apresentaram pouco efeito nas mudas de canafístula sendo constatado efeito significativo apenas na dose de 2,5 mL⁻¹ para altura de plantas. A espécie também foi pouco responsiva as doses testadas de SiO_2 e K_2SiO_3 , sendo necessário novos estudos com a espécie, e adubação com esses bioestimulantes.

Palavras-chave: canafístula; bioinsumos; biofertilizante; estresse luminoso; alga marinha; Si; K_2SiO_3

ABSTRACT

The study on the production of seedlings of native forest species has increased, but information on production under ideal conditions for their initial growth is still lacking. *Peltophorum dubium* is a native Brazilian forest species popularly known as canafístula and yellow angico. Due to its fast growth and high rusticity, it has been widely used for recomposition of degraded areas and reforestation. Among the factors that influence the quality of production of a forest seedling is the light intensity and availability of nutrients that directly interfere with the growth and yield of the plants, and the success of its production can be achieved by observing its development in different conditions of luminosity and availability of nutrients. Given the above, the aim of this study was to evaluate the effects of AMF *Rhizoglo mus clarum*, seaweed extract *Ascophyllum nodosum*, silicon and K_2SiO_3 on the growth and quality of *Peltophorum dubium* seedlings. For the study, the seedlings were subjected to three levels of shading (0, 30 and 50%) and inoculation of AMF, doses of seaweed extract, silicon (SiO_2) and potassium silicate K_2SiO_3 . The different levels of shading were obtained with the aid of black polyethylene shading screens. The AMF used was *Rhizoglo mus clarum*, which was inoculated at the time of transplanting the seedlings at a depth of 3 cm, in direct contact with the root system. The seaweed extract used was *Ascophyllum nodosum* in doses: 0, 2.5; 5.0; 7.5 and 10 mL L⁻¹ of water, applied via foliar spray. The silicon doses were silicon oxide powder SiO_2 with 92% purity (0.0g, 1.0g, 2.0g, 4.0g and 6.0g L⁻¹ of water) and potassium silicate K_2SiO_3 0, 5.0; 10.0; 15.0 and 20.0 mL L⁻¹ of water, also applied via foliar spray. In general, *P. dubium* seedlings cultivated without shading have a greater potential for survival in the field, with shaded environments being considered stressful. When the AMF inoculation was carried out, there was a better acclimatization of the seedlings in a shaded environment, providing higher growth values. Biomass production was also influenced by shading, with the highest values observed in shaded environments of 0% and 30%. The doses of seaweed extract had little effect on canafístula seedlings, with a significant effect only being found at a dose of 2.5 mL⁻¹ for plant height. The species was also little responsive to the tested doses of SiO_2 and K_2SiO_3 , requiring further studies with the species, and fertilization with these biostimulants.

Keywords: canafístula; bioinputs; biofertilizers; light stress; seaweed; Si; K_2SiO_3

1 INTRODUÇÃO GERAL

Peltophorum dubium (Spreng.) Taub. é uma espécie florestal nativa brasileira conhecida popularmente como canafístula e angico amarelo (Figura 1), pertence à família Fabaceae e subfamília Caesalpinioideae (ZUFFO et al., 2021). É heliófita, decídua, classificada como secundária inicial, com características de pioneira, e apresenta ampla distribuição geográfica (SANTOS et al., 2018; MARQUES et al., 2019), sendo encontrada em florestas de classificação estacional decidual, floresta estacional semidecidual, como também em cerradão, chacos e pantanal (MENEZES et al., 2019).

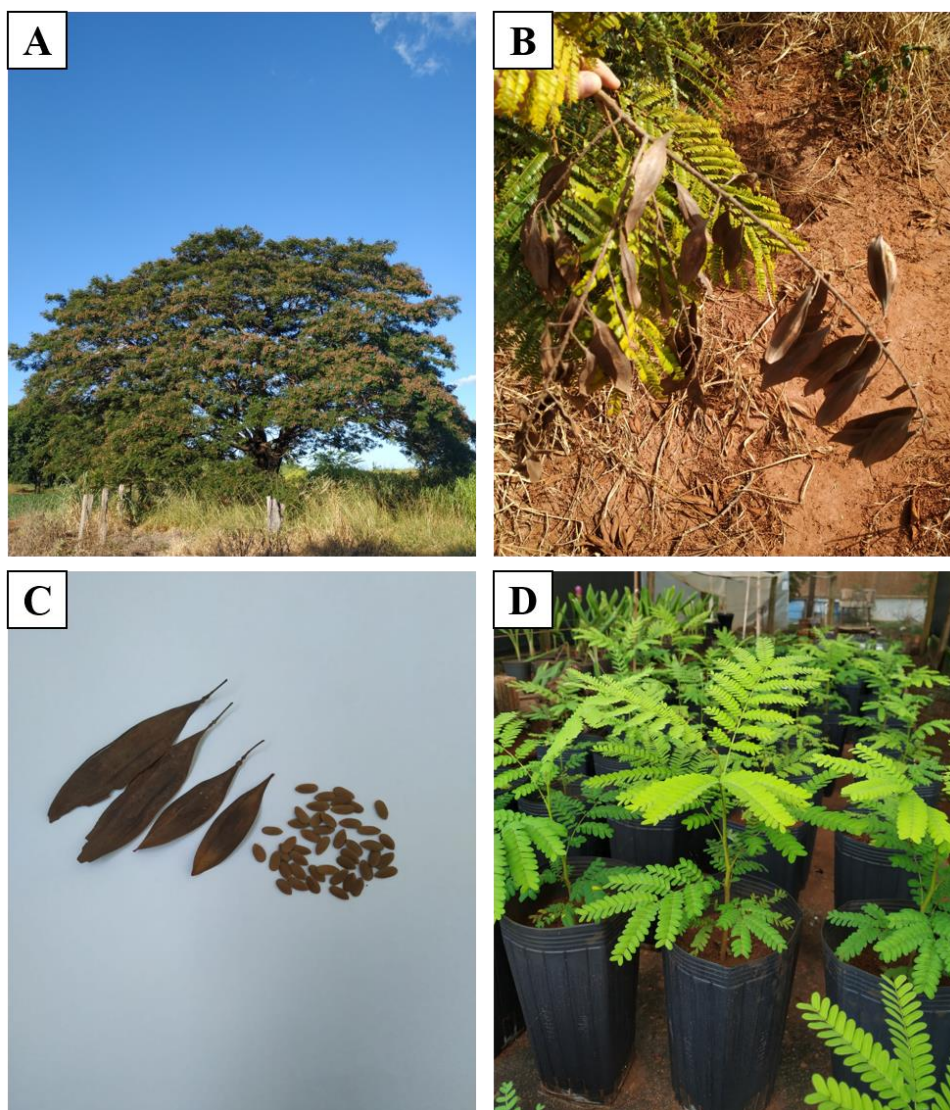


Figura 1. Planta adulta (A); Fruto seco (B); Fruto seco e sementes (C) e Mudas (D) de *Peltophorum dubium*. Fonte: Autora.

Devido à qualidade de sua madeira, possui alto potencial madeireiro, sendo bastante usada na construção civil, marcenaria, carpintaria, arborização de praças e vias públicas como planta ornamental (SANTOS et al., 2018; ZUFFO et al., 2021). Por possuir rápido crescimento e alta rusticidade, vem sendo amplamente utilizada para a recomposição de áreas degradadas e reflorestamento (SILVA et al., 2020a; LORENZI et al., 2020).

O uso de espécies arbóreas nativas em projetos de recuperação de áreas degradadas, promove maior diversidade do meio, e gera maior equilíbrio e interação das comunidades (SANTOS et al., 2019). Nesse sentido, estudos sobre produção de mudas de espécies florestais nativas tem aumentado, mas ainda faltam informações sobre a produção em condições ideais para seu crescimento inicial (SILVA et al., 2020b).

Um programa de restauração florestal de uma área degradada passa por várias etapas para garantir o sucesso do seu estabelecimento, tornando esses projetos mais complexos (GROSSNICKLE e MACDONALD 2018). A produtividade e o sucesso dessas áreas estão relacionados com a qualidade das mudas produzidas em período de viveiro, cujo os manejos aplicados influenciam diretamente nessa qualidade (SPADA et al., 2019). Ainda em condição de viveiro, a avaliação da qualidade das mudas possibilitará a escolha de mudas mais vigorosas para compor os projetos florestais (HAASE e DAVIS, 2017), aumentando o potencial de sobrevivência das mudas a campo (SILVA et al., 2020a). Assim, a qualidade das mudas é um componente importante para garantir o sucesso do programa de restauração florestal de áreas degradadas (GROSSNICKLE e MACDONALD, 2018).

Dentre os fatores que influenciam na qualidade de produção de mudas florestais está a intensidade luminosa e disponibilidade de nutrientes que interferem diretamente no crescimento e rendimento das plantas, podendo o sucesso de sua produção ser alcançado observando seu desenvolvimento em diferentes condições de luminosidade e disponibilidade de nutrientes (BUDIASTUTI et al., 2020).

As plantas são geralmente classificadas como de ambientes de pleno sol, de sombreamento moderado ou intenso (PAULA e PAULINO, 2020), o que pode promover em ambiente com alta ou baixa luminosidade alterações na produção de fotoassimilados (PETROVA et al., 2020). Com o uso de sombreamento artificial como o de telas, é possível verificar a tolerância e a adaptabilidade das espécies à quantidade de luz disponível. Os diferentes níveis de sombreamentos em mudas de arbóreas, quando em disponibilidade adequada, ajudam a regular o fluxo de energia dentro de um ecossistema

florestal e constituem um dos fatores determinantes no desenvolvimento fisiológico e morfológico dos vegetais quando em crescimento inicial (LIMA et al., 2021).

A capacidade que certas espécies de plantas têm de crescerem rapidamente em ambientes sombreados vem de uma importante estratégia adaptativa, pois uma altura maior fornece uma vantagem competitiva para o acesso a luz em um ambiente com vegetação concorrente (GROSSNICKLE e MACDONALD, 2018; BUENO et al., 2021). Estudos com espécies florestais tem mostrado comportamentos distintos em relação as diferentes disponibilidades luminosas em arbóreas nativas (SANTOS et al., 2019; GOMES et al.; 2019; BUTZKE et al., 2018). De acordo com a espécie, o sombreamento pode amenizar a temperatura na planta, favorecer seu crescimento, fotossíntese, transpiração e síntese de clorofila (CREMON et al., 2020; BARBOSA et al., 2021), como também pode tornar o ambiente estressante (SOUZA et al., 2018). Por isso é importante conhecer o comportamento ecofisiológico das mudas em estágio inicial e, assim, produzir mudas de qualidade (FIRMINO et al., 2021).

Na literatura tem-se verificado a utilização de novos insumos com o objetivo de melhorar o desenvolvimento e qualidade de mudas florestais nativas, como é o caso do uso de bioestimulantes como o de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) (BASSAN et al., 2020; CARVALHO et al., 2022), extrato de algas marinhas (VAN OOSTEN et al., 2017; GALINDO et al., 2019; BERNARDES et al.; 2023) e silício (Si) (ARAS et al., 2020). Esses bioestimulantes atuam nos processos fisiológicos das plantas melhorando suas características morfológicas, permitindo melhor desenvolvimento e produção de mudas com maior qualidade (ROSETO et al., 2017).

Diante da importância da utilização desses bioestimulantes, no estado de Mato Grosso do Sul, foi aprovada a lei que regulamenta o uso de bioinsumos o Programa Estadual de Bioinsumos. O programa foi criado com a finalidade de ampliar o uso e produção de bioinsumos na agropecuária promovendo a produção sustentável (SEMAGRO, 2022). De acordo com essa lei são considerados bioinsumos todo produto, processo ou tecnologia de origem animal, vegetal e microbiana, usados para produção, armazenamento ou beneficiamento de produtos agropecuários.

Os FMAs possuem amplo potencial de aplicação na recuperação de áreas degradadas (CHEN et al, 2018) por produzirem glomalina, uma substância que auxilia na agregação do solo (PRATES JÚNIOR et al., 2021) e por serem altamente eficientes na absorção de água e nutrientes (BRUNDRETT e TEDERSO, 2018) favorecendo o crescimento das plantas (CARVALHO et al., 2022). Eles auxiliam na absorção de P, N,

Zn e outros elementos bem como na proteção contra patógenos e aumento na tolerância a estresse abiótico (VERGARA et al, 2019). No entanto, seu efeito pode variar conforme a interação entre a espécie de FMA e espécie do vegetal e do ambiente (PRATES JÚNIOR et al., 2019). Assim, esses inoculantes possuem grande importância no estabelecimento de mudas contribuindo para o desenvolvimento de produção de mudas de alta qualidade (TIEPO et al., 2020).

Outros bioestimulantes difundidos em pesquisas são baseados em extrato de algas marinhas, como o de *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jolis. Ele contribui para o crescimento das plantas e melhora o sistema de defesa antioxidante por meio de regulação de processos fisiológicos, nutricionais, bioquímicos e moleculares (FRIONI et al., 2019; SHUKLA et al., 2019). Resultados positivos foram encontrados na literatura com uso em mudas de marmelo do Cerrado (*Alibertia edulis* (Rich) A. Rich.) (RODRIGUES et al., 2023) e eucalipto (*Eucalyptus urophylla*) (LEONE, 2019).

O uso de silício na produção de mudas tem sido encontrado também na literatura. Ele contribui positivamente na tolerância das plantas às condições adversas tanto por estresses abióticos quanto bióticos (HASHEMI et al., 2010; CONCEIÇÃO et al., 2019; ARAS et al., 2020). Sua aplicação tem ação bioestimulante, uma vez que ameniza as condições estressantes como salinidade, altas e baixas temperaturas, excesso ou escassez de água, pressão de doenças e pragas (GOMA et al., 2021) e estresse luminoso.

Em função do crescente aumento na demanda por mudas de espécies nativas florestais, a canafístula (*Peltophorum dubium*) tem importante papel em programas de restauração ambiental, e informações sobre o processo de produção de mudas com qualidade, em diferentes condições, são necessárias para a elucidação de algumas respostas para um protocolo de produção de mudas da espécie.

Assim, considerando o fato de que a canafístula é caracterizada como secundária inicial (SANTOS et al., 2018), hipotetizamos que tanto a baixa quanto alta disponibilidade luminosa pode influenciar no crescimento e qualidade das mudas, entretanto, o uso dos FMAs, extrato de algas, SiO₂ e K₂SiO₃, podem atenuar os possíveis efeitos deletérios, aumentando a capacidade de aclimatização às condições ambientais adversas, podendo se tornar prática silvicultural na fase de produção de mudas. Diante do exposto, o objetivo do presente trabalho foi o de avaliar os efeitos do FMA *Rhizoglosum clarum*, do extrato de algas marinhas *Ascophyllum nodosum*, do SiO₂ e K₂SiO₃ submetidas a diferentes sombreamentos, no crescimento e qualidade em mudas de *Peltophorum dubium*.

2 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAS, D.; KELES, H.; EŞITKEN, A. Silicon nutrition counteracts salt-induced damage associated with changes in biochemical responses in apple. *Bragantia*, v. 79, n. 1, p. 1-7, 2020.

BARBOSA, L. O.; DRESCH, D. M.; SCALON, L. Q.; SCALON, S. P. Q. Ecophysiological Strategies of *Cedrela fissilis* Vell. Seedlings under Conditions of Flooding and Light Availability. *Journal of Sustainable Forestry*, p. 1-16, 2021.

BASSAN, D. A. Z.; SANTOS, S. C.; LOURENTE, E. R. P.; DAVIDE, L. M. C.; MEDEIROS, E. S.; CARVALHO, L. G. V.; RUI, R. F.; SOUZA, G. G. Mudanças de canafístula (*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.) com fungos micorrízicos arbusculares. In: SANTOS, C. C.; SCALON, S. P. Q. **Ecofisiologia e Nutrição de Espécies Frutíferas e Arbóreas**. Nova Xavantina: Pantanal. 2020. p. 126-148.

BERNARDES, R. S.; SANTOS, S. C.; SANTOS, C. S.; HEID, D. M.; VIEIRA, M. C.; TORALES, E. P. *Ascophyllum nodosum* seaweed extract and mineral nitrogen in *Alibertia edulis* seedlings. *Brazilian Journal of Agricultural and Environmental Engineering*, v. 27, n. 3, p. 173-180, 2023.

BRUNDRETT, M. C.; TEDERSOO, L. Evolutionary history of mycorrhizal symbioses and global host plant diversity. *New Phytologist*, v. 220, p. 1108–1115, 2018.

BUDIASTUTI, M. T. S.; PURNOMO, D.; SUPRIYONO, S.; PUJIASMANTO, B.; SETYANINGRUM, D. Effects of light intensity and co-inoculation of arbuscular mycorrhizal fungi and rhizobium on root growth and nodulation of *Indigofera tinctoria*. *Journal of Soil Science and Agroclimatology*, v. 17, n. 2, p. 94-99, 2020.

BUENO, M. M.; LELES, P. S. S.; PINTO, M. F.; RESENDE, A. S. D.; COUTO, B. R. M.; CARVALHO, D. F. D. Water use in the growth of atlantic forest tree species seedlings under different shading levels. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 45, p. 1-14, 2021.

BUTZKE, A. G.; MIRANDA, E. M.; ANDRADE NETO, R. D. C.; BIANCHINI, F.; FIUZA, S. D. S. Produção de mudas de paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke) em diferentes tipos de substratos, recipientes e níveis de sombreamento em Rio Branco, Acre. *Centro Científico Conhecer*, v. 15, n. 27, p. 254, 2018.

CARVALHO, L. G. V. D.; SANTOS, S. C.; LOURENTE, E. R. P.; TROVATO, V. W.; SANTO S, C. C.; RUI, R. F. D. Jatobazeiro seedlings associated with arbuscular mycorrhizal fungi. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 44, n. 2, 2022.

CHEN, M.; ARATO, M.; BORGHI, L.; NOURI, E.; REINHARDT, D. Beneficial services of arbuscular mycorrhizal fungi – from ecology to application. *Frontiers in Plant Science*, v. 9, n. 1270, p. 1–14 2018.

CONCEIÇÃO, S. S.; OLIVEIRA NETO, C. F. D.; MARQUES, E. C.; BARBOSA, A. V. C.; GALVÃO, J. R.; OLIVEIRA, T. B. D.; OKUMURA, R. S.; MARTINS, J. T. S.; COSTA, T. C.; AND GOMES-FILHO, E. Silicon modulates the activity of antioxidant enzymes and nitrogen compounds in sunflower plants under salt stress. *Archives of Agronomy and Soil Science*, v. 65, p. 1237-1247, 2019.

CREMON, T.; SCALON, S. P. Q.; ROSA, D. B. C. J.; DRESCH, D. M. How does *Copaifera langsdorffii* respond to flooding under different irradiance levels? *Plant Biosystems - An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology*, p.1-11, 2020.

FIRMINO, T.P.; SOUZA, L.A.; BARBEIRO, C.; MARCÍLIO, T.; ROMAGNOLO, M. B.; PASTORINI, L. H. Influence of the light on the morphophysiological responses of native trees species of the semideciduous seasonal forest. *Brazilian Journal of Botany*, v. 44 p. 1-14, 2021.

GALINDO, F. S.; TEIXEIRA-FILHO, M. C. M.; BUZETTI, S.; ALVES, C. J.; GARCIA, C. M. M. P.; NOGUEIRA, L. M. Extrato de algas como bioestimulante na nutrição e produtividade do trigo irrigado na região de Cerrado. *Colloquium Agrariae*, v. 15, n. 1, p. 130-140, 2019.

GOMES, A. D. V.; FREIRE, A. L. O. Crescimento e qualidade de mudas de cedro (*Cedrela fissilis* L.) em função do substrato e sombreamento. *Scientia Plena*, v. 15, n. 11, p. 110-203, 2019.

GROSSNICKLE, S. C.; MACDONADL, J. E. Seedling Quality: history, application, and plant attributes. *Forests*, v. 9, p. 283, 2018.

HAASE, D. L.; DAVIS, A. S. Developing and supporting quality nursery facilities and staff are necessary to meet global forest and landscape restoration needs. *Reforesta*, v. 4, p. 69-93, 2017.

HASHEMI, A.; ABDOLZADEH, A.; SADEGHIPOUR, H. R. Beneficial effects of silicon nutrition in alleviating salinity stress in hydroponically grown canola, *Brassica napus* L., plants. *Soil Science and Plant Nutrition*, v. 56, p. 244–253, 2010.

LEONE, G. F. 2019. 50 f. **Otimização da produção de mudas clonais de eucalipto com o uso de bioestimulantes**. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias) – Universidade de São Paulo, Piracicaba-SP.

LIMA, M. S.; ARAUJO, M. M.; AIMI, S. C.; OLIVEIRA, V. V.; BERGHETTI, Á. L.; NASCIMENTO, N. F.; TAROUÇO, C. P. Use of physiological attributes to select native forest species for forest restoration in the southern Atlantic forest biome, Brazil. *Forest Ecology and Management*, v. 501, p. 119659, 2021.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 8.ed. Nova Odessa: Plantarum, 2020. 384p.

MARQUES, D.M.; SILVA, A. B.; MANTOVANI, J. R.; MAGALHÃES, P. C.; SOUZA, T. C. Root morphology and leaf gas exchange in *Peltophorum dubium*

(Spreng.) Taub. (Caesalpinioideae) exposed to copper-induced toxicity. *South African Journal of Botany*, v. 121, p. 186-192, 2019.

MENEZES, E. S.; SANTOS, A. R.; MASSAD, M. D.; DUTRA, T. R.; AGUILAR, M. V. V.; MUCIDA, D. P. Crescimento de mudas de *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub. sob interferência de plantas espontâneas e forrageiras. *Biofix Scientific Journal*, v. 4, n. 2, p. 153-159, 2019.

MONTIBELLER, B.; KMOCH, A.; VIRRO, H.; MANDER, Ü.; UUEMAA, E. Increasing fragmentation of forest cover in Brazil's Legal Amazon from 2001 to 2017. *Scientificreports*, v. 10, n. 1, p. 1-13, 2020.

MUWANJE, S. Quality of tree seedlings produced in nurseries in Malawi: an assessment of morphological attributes. *Forests, Trees and Live lihoods*, v. 27, p. 103-117, 2018.

NYOKA, B. I.; KAMANGA, R.; NJOLOMA, J.; JAMNADASS, R.; MNG'OMBA, S.; OLIVEIRA, C. D. C.; GONZAGA, L. M.; CARVALHO, J. S.; MELO, L. A.; DAVIDE, A. C.; BOTELHO, S. A. Riqueza de mudas de espécies florestais nativas potencialmente produzidas na Bacia do Rio Grande, MG. *Pesquisa Florestal Brasileira*, v. 37, n. 90, p. 159-170, 2017.

PAULA, E. H. L.; PAULINO, L. R. **Estresse luminoso e silício em *Alibertia edulis*: processos fotoquímicos e crescimento de mudas**. 2020. 32 f. Graduação (Agronomia) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados-MS.

PETROVA, M. N.; PAUNOV, S.; STOICHEV, S.; TODINOVA, S. G.; TANEVA, V.; GOLTSEV, S.; KRUMOVA, S. Thylakoid membrane reorganization, induced by growth light intensity, affects the plants susceptibility to drought stress. *Photosynthetica*, v. 58, n. suplemento especial, p. 369-378, 2020.

PRATES JÚNIOR, P.; MOREIRIA, B. C.; SILVA, M. C. S.; VELOSO, T. G. R.; STURNER, S. L.; FERNANDES, R. B. A.; MENDONÇA, E. S.; KASUYA, M. C. M. Agroecological coffee management increases arbuscular mycorrhizal fungi diversity. *Plos One*, v. 14, n. 1, p. 1–9, 2019.

PRATES JÚNIOR, P.; SILVA, M. C. S.; PRADO, I. G. O.; LIMA, H. S.; SILVA, C. C.; KASUYA, M. C. M. Como os microrganismos auxiliam na revegetação de áreas afetadas pelo desastre de mariana? In: VICENTE, N. M. F.; SPERBER, C. F.; CARNEIRO, M. A. C. **Dia D do Rio Doce**. Lavras: UFLA, 2021. p. 103-119.

ROSETO, S.; ERAZO, N.; GUALLPA, M.; USIGNA, M. Evaluación de cuatro bioestimulantes y tres sustratos en la propagación de *Vallea stipularis* L.f. *Enfoque*. v.8, n.3, p.28–40, 2017.

SANTOS, A. R.; AGUILAR, M. V. M.; MENEZES, E. S.; SANTOS, T. A. Análise do teor de água e curva de embebição de sementes de canafístula (*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.). *Informativo Abrates*, v. 28, n. 1, 2018.

SANTOS, L. M.; SOUZA, R. M.; FONSECA, E. F.; PEREIRA, P. G.; SOUZA, P.B. níveis de sombreamento na emergência e desenvolvimento inicial de mudas de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong. *Scientia Agraria Paranaensis*, v. 18, n. 2, p. 139-145, 2019.

SHUKLA, P. S.; MANTIN, E. G.; ADIL, M.; BAJPAI, S.; CRITCHLEY, A. T.; PRITHIVIRAJ, B. *Ascophyllum nodosum*-based biostimulants: Sustainable applications in agriculture for the stimulation of plant growth, stress tolerance, and disease management. *Frontiers in Plant Science*, v. 10, n. 655, p. 1-22, 2019.

SEMAGRO. Mato Grosso do Sul cria a Lei que institui o Programa Estadual de Bioinsumos. Disponível em: <<https://www.semagro.ms.gov.br/ms-cria-a-lei-que-institui-o-programa-estadual-de-bioinsumos/>>. Acesso em: 7 nov. 2022.

SILVA, L. O. C.; FONSECA, A. C.; SIVISACA, D, C, L.; SILVA, M. R.; BOAS, R. L. V.; GUERRINI, T. A. Sewage sludge compost associated to frequency of irrigation for *Peltophorum dubium* (Sprengel) Taub. seedlings production. *Floresta*, v. 50, n. 2, p. 1389 - 1398, 2020a.

SILVA, R. F. D.; MARCO, R. D.; WELTER, P. D.; VIEL, P.; ROS, C. O. D. Substrates and container size on quality of *Peltophorum dubium* seedlings. *Floresta e Ambiente*, v. 27, n. 3, 2020b.

SOUZA, R. R.; FREIRE, A. L. O. Relação entre o sombreamento, o crescimento e a qualidade de mudas de craibeira. *Scientia Agraria Paranaensis*, v. 17, n. 2, p. 220-225, 2018.

SPADA, G.; UESUGI, G.; SILVA, R. B.; SILVA, M. R. Qualidade de mudas de Pau-d'álho sob diferentes doses e frequências de aplicação de nutrientes. *Colloquium Agrariae*, v. 15, n.2, p. 121-132, 2019.

VAN OOSTEN, M. J.; PEPE, O.; DE PASCALE, S.; SILLETTI, S.; MAGGIO, A. The role of biostimulants and bioeffectors as alleviators of abiotic stress in crop plants. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, v. 4, n.1, p. 1-12, 2017.

VERGARA, C.; ARAÚJO, K. E. C.; SOUZA, S. R.; SCHULTZ, N.; SAGGIN JÚNIOR, O. J.; SPERANDIO, M. V. L.; ZILLI, J. E. Plant-mycorrhizal fungi interaction and response to inoculation with different growth-promoting fungi. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 54, 2019.

ZUFFO, A. M.; STEINER, F.; BUSCH, A.; AGUILERA, J. G.; ALVAREZ, R. C. F. Limestone and topdress nitrogen application improves the quality of *Peltophorum dubium* (Sprengel) Taub. (Fabaceae – Caesalpinioideae) seedlings. *Ciência Florestal*, v. 31, n. 3, p. 1306-1322, 2021.

CAPÍTULO I - SOMBREAMENTO, EXTRATO DE ALGAS E FUNGO MICORRÍZICO ARBUSCULAR EM MUDAS DE *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.

RESUMO

Objetivou-se com esse trabalho avaliar a influência do sombreamento, bem como o uso do FMA *Rhizoglo mus clarum* e do extrato de algas marinhas *Ascophyllum nodosum* no crescimento e qualidade de mudas de canafístula. Foram conduzidos simultaneamente dois experimentos independentes com as mesmas condições e análises, sendo o i) testando de alga marinha e sombreamento (*Ascophyllum nodosum* (Ean) e outro com sombreamento e FMA *Rhizoglo mus clarum*. Para o primeiro experimento, com Ean, o delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado (DIC), com os tratamentos arranjados em esquema fatorial 3 x 5, sendo três níveis de sombreamento e cinco doses de Ean, com cinco repetições. Para o segundo experimento, com FMA, o delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC) com esquema fatorial 3 x 2, sendo três níveis de sombreamento e um inóculo com cinco repetições. Os níveis de sombreamento foram 0 % (pleno sol), 30 % e 50 %, obtidos com o auxílio de telas pretas de polietileno do tipo sombrite. As doses de EAn utilizadas foram: 0, 2,5; 5, 7,5 e 10 mL L⁻¹ de água. As mudas de canafístula foram pouco influenciadas pelos extratos de alga à base de *A.nodosum*, sendo constatado efeito significativo apenas na dose de 2,5 mL. A inoculação do FMA *R. clarum* proporcionou nas mudas de canafístula maiores valores de crescimento e de produção de biomassa quando cultivadas em 30% e 50% de sombreamento.

Palavras-chave: bioestimulantes; *Ascophyllum nodosum*; *Rhizoglo mus clarum*; qualidade de mudas.

**SHADING, ARBUSCULAR MYCORRHIZAL FUNGUS AND ALGAE
EXTRACT IN SEEDLINGS OF *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.**

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the influence of shading, as well as the use of AMF *Rhizogloium clarum* and seaweed extract *Ascophyllum nodosum* on the growth and quality of canafístula seedlings. Two independent experiments were conducted simultaneously with the same conditions and analyses, i) testing seaweed and shading (*Ascophyllum nodosum* (Ean) and the other with shading and AMF *Rhizogloium clarum*. For the first experiment, with Ean, the experimental design adopted was the completely randomized (DIC), with the treatments arranged in a 3 x 5 factorial scheme, with three levels of shading and five Ean doses, with five replications. For the second experiment, with FMA, the experimental design used was the completely randomized one (DIC) with a 3 x 2 factorial scheme, with three levels of shading and an inoculum with five replications. The shading levels were 0% (full sun), 30% and 50%, obtained with the aid of black polyethylene screens of the type shade. The EAn doses used were: 0, 2.5, 5, 7.5 and 10 mL L⁻¹ of water. significant effect only at the 2.5 mL dose. The inoculation of AMF *R. clarum* provided higher values of growth and biomass production in canafístula seedlings when cultivated in 30% and 50% of shading.

Key words: biostimulants; *Ascophyllum nodosum*; *Rhizogloium clarum*.

1 INTRODUÇÃO

Peltophorum dubium (Spreng.) Taub. popularmente conhecida como canafístula, é uma espécie arbórea que pertence à família Fabaceae de ocorrência natural nos estados da Bahia, Minas Gerais, Paraná e Mato Grosso do Sul (LORENZI et al., 2020; DUARTE et al., 2021; SILVA et al., 2022). Por ser caracterizada como uma planta rústica e de rápido crescimento tem sido amplamente utilizada em projetos de recomposição de áreas degradadas, reflorestamento (LORENZI et al., 2020), bem como em sistemas agroflorestais - SAFs (MELOTTO et al., 2019).

Em formações de povoamentos florestais, mudas com qualidade constitui um dos principais fatores para sobrevivência das mudas a campo (SILVA et al., 2020). Dentre os fatores que influenciam na qualidade de produção de uma muda florestal está a luminosidade que interfere diretamente na produção de mudas, no seu desenvolvimento e na sua qualidade final (GARCIA et al, 2021).

Por meio do uso de sombreamento artificial, como o de telas, é possível verificar a tolerância das espécies à quantidade de luz disponível. Os diferentes níveis de sombreamentos em mudas de arbóreas, quando em disponibilidade adequada, ajudam a regular o fluxo de energia dentro de um ecossistema florestal e constituem um dos fatores determinantes no desenvolvimento fisiológico e morfológico dos vegetais quando em crescimento inicial (LIMA et al., 2021).

Com o objetivo de melhorar o desenvolvimento e qualidade das mudas, novos bioinsumos vêm sendo utilizados na agricultura, com destaque para a utilização de bioestimulantes a base de extrato de algas marinhas (GALINDO et al., 2019; BERNARDES et al., 2023) e fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) (BASSAN et al., 2020; CARVALHO et al., 2022). Eles atuam nos processos fisiológicos das plantas melhorando suas características morfológicas, com melhor desenvolvimento e produção de mudas com maior qualidade (ROSETO et al., 2017).

Nesse contexto, pretende-se conhecer a capacidade das mudas de canafístula a aclimatar-se ao efeito do sombreamento, bem como ao uso de organismos como fonte de fertilização para a produção de mudas de melhor qualidade. Dessa forma, objetivou-se com esse trabalho avaliar a influência do sombreamento, do extrato de alga marinha *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jolis e do FMA - *Rhizoglosum clarum* (T.H. Nicolson &

N.C. Schenck) Sieverd., G.A. Silva & Oehl, no crescimento e qualidade de mudas de canafístula.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Condições gerais

O experimento foi conduzido no período de dezembro de 2020 a abril de 2021, no viveiro de mudas da Universidade Federal da Grande Dourados (22°11'53.2"S e 54°56'02.3"W, 400 m) em Dourados, Mato Grosso do Sul. O clima da região conforme classificação de Köppen, é o Cwa com verões quentes com estação chuvosa e invernos com temperaturas moderadas e seco (FIETZ et al., 2017).

Foram conduzidos nesse período dois experimentos independentes com as mesmas condições, sendo um com sombreamento e extrato de alga marinha (*Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jolis), e outro com sombreamento e FMA - *Rhizoglyphus clarum* (T.H. Nicolson & N.C. Schenck) Sieverd., G.A. Silva & Oehl.

Para obtenção das mudas, as sementes canafístula (*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub. foram coletadas aleatoriamente de matrizes localizada na cidade de Nova Andradina - MS.

Para os dois experimentos foram realizados os seguintes procedimentos:

As sementes foram submetidas à escarificação térmica por imersão em água quente a 80° C, por 24 horas, para a superação da dormência (DAVIDE e SILVA, 2008). Em seguida, as sementes foram semeadas em tubetes de polietileno com capacidade de 120 cm³ preenchidos com substrato Bioplant[®], onde permaneceram até a data do transplântio (50 dias após a semeadura), foram transplantadas para vasos com capacidade de 7 litros, preenchidos por um composto de um Latossolo Vermelho Distroférico (SANTOS et al., 2018) e areia grossa na proporção de 2:1 (v/v), respectivamente, e levadas para casa de vegetação. Os atributos químicos do solo utilizado antes e após aplicação do extrato de alga e inoculação de FMA são apresentados na Quadro 1 e Apêndice A, respectivamente.

QUADRO 1. Atributos químicos do solo antes da aplicação das doses de extrato de *Ascophyllum nodosum* (0, 2,5, 5, 7,5 e 10 ml L⁻¹) e inoculação de FMA, UFGD, Dourados – MS. 2021.

| P(mehl) | Ca | Mg | K | Al | Al+H | M.O | pH | V |
|-------------------|---------------------------------|------|------|------|------|-------------------|-------------------|-------|
| g/dm ³ | -----cmol/dm ³ ----- | | | | | g/dm ³ | CaCl ₂ | % |
| | | | | | | | | |
| 18,57 | 10,34 | 2,70 | 1,21 | 0,00 | 3,69 | 36,27 | 4,92 | 79,44 |

2.2 Experimento I

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado (DIC), com os tratamentos arranjados em esquema fatorial 3 x 5, sendo três níveis de sombreamento [0 % (pleno sol), 30 % e 50 %] e cinco doses de extrato de alga: 0, 2,5; 5, 7,5 e 10 mL L⁻¹ de água., com cinco repetições. Foram realizadas avaliações ao longo do experimento, caracterizando parcelas subdividas no tempo.

As doses do extrato de alga *Ascophyllum nodosum* L. (EAn) utilizadas foram: 0, 2,5; 5, 7,5 e 10 mL L⁻¹ de água. O produto utilizado com o EAn foi o Acadian[®], cuja especificações físicas e químicas encontram-se no Quadro 2, conforme descrição do fabricante.

QUADRO 2. Especificações físicas e químicas do extrato líquido comercial Acadian[®]

| Dados físicos | Descrição |
|---|--------------------------------------|
| Aparência | Líquido viscoso marrom-escuro |
| Odor | Odor marinho |
| Solubilidade em água | 100% |
| pH | 7,4 – 8,2 |
| Análises discriminatórias | Quantidade |
| Matéria orgânica | 13 – 16% |
| Nitrogênio total (N) | 0,30 – 0,60% |
| Fosfato disponível (P ₂ O ₅) | < 0,1% |
| Potássio solúvel (K ₂ O) | 5,00 – 7,00% |
| Enxofre (S) | 0,30 – 0,60% |
| Magnésio (G) | 0,05 – 0,10% |
| Cálcio (Ca) | 0,10 – 0,20% |
| Ferro (Fe) | 30 – 80 ppm |
| Cobre (Cu) | 01 – 05 ppm |
| Zinco (Zn) | 05 – 15 ppm |
| Manganês (Mn) | 01 – 05 ppm |
| Boro (B) | 20 – 50 ppm |
| Carboidratos | Ácido algínico, manitol e fucoidinas |
| Aminoácidos | 1,01% |

Fonte: Acadian Seaplants Limited (2021).

A aplicação do EAn foi feita via pulverização foliar na face adaxial, com o auxílio de um borrifador manual, no período matutino até o ponto de gotejamento (10 mL por planta). Foram realizadas duas aplicações, sendo a primeira realizada 10 dias após o transplântio (DAT) das mudas, e a segunda aos 60 dias após a primeira aplicação.

2.3 Experimento II

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC) com esquema fatorial 3 x 2, sendo três níveis de sombreamento [0 % (pleno sol), 30 % e 50 %] todos associados ou não a inoculação do fungo micorrízico arbuscular *Rhizoglyphus clarum*, com cinco repetições. Foram realizadas avaliações ao longo do experimento, caracterizando parcelas subdividas no tempo. Cada unidade experimental foi constituída por um vaso plástico com uma planta. Os níveis de foram 0 % (pleno sol), 30 % e 50 % de sombreamento, obtidos com o auxílio de telas pretas de polietileno do tipo sombrite.

O substrato utilizado foi esterilizado em autoclave, a uma temperatura de 121° C por uma hora. A inoculação com os fungos micorrízicos foi realizada no momento do transplântio das mudas. Os tratamentos contendo os fungos micorrízicos foram inoculados no substrato a partir da mistura de solo e raízes colonizados (50 cm³ vaso⁻¹ de inóculo), sendo que a inoculação foi realizada a uma profundidade aproximada de 3 cm, em contato direto com o sistema radicular das mudas (Figura 1A e B).



Figura 1. Inoculação do FMA no momento do transplântio de mudas de *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub. (A) mudas estabelecidas no vaso após inoculação (B).

2.4 Avaliações

As avaliações de crescimento ocorreram aos 30, 60, 90 e 120 dias após a aplicação (DAA) do EAn (extrato de algas marinhas). Para o experimento com inoculação do inóculo de FMA as avaliações ocorreram aos 30, 60, 90 e 120 dias após o transplante (DAT) das mudas. Durante o ciclo de cultivo, foram realizadas irrigações periódicas conforme a necessidade das mudas para manter 75% da capacidade de retenção de água no solo. Houve ocorrência de mosca branca (*Bemisia tabaci* Genn.) aos 90 DAT, e realizou-se o controle por meio da aplicação de 5,0 mL L⁻¹ de inseticida a base de Teflubenzuom.

Foram avaliadas para ambos experimentos: altura de planta -AP (cm), medida pela distância entre o coleto até a inflexão da folha mais alta, utilizando regra graduada em centímetros; diâmetro do caule - DC (mm), medido com paquímetro digital colocado a 1 cm acima do nível do substrato; relação entre altura e diâmetro do coleto - RAD, calculado através da fórmula: $RAD = (AP/DC)$.

Aos 120 DAA e DAT, as mudas foram retiradas dos vasos, separando-as em parte aérea (folhas + caule) e sistema radicular. A parte aérea e as raízes foram pesadas em balança analítica de precisão (0,001g) para determinação da massa fresca da parte aérea (MFPA) e massa fresca da raiz (MFR). Posteriormente, foram acondicionadas separadamente em sacos de papel Kraft e submetidos à secagem em estufa de circulação forçada de ar a 60° ± 5, por 72 horas, para obtenção da massa seca de parte aérea (MSPA) e massa seca da raiz (MSR) e massa seca total das plantas (MST). A variável relação parte aérea e raiz (RPAR) foi calculado através da fórmula: $RPAR = (MSPA/MSR)$.

O Índice de Qualidade de Dickson (IQD), foi obtido a partir dos dados de relação altura/diâmetro (RAD), relação parte aérea/raiz (RPAR) e massa seca total (MST) por meio da fórmula (DICKSON et al., 1960):

$$IQD = \frac{MST}{(RAD+RPAR)} \quad (1)$$

2.5 Análise estatística

Os dados dos dois experimentos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e quando houve significância pelo teste F ($p < 0,05$), para o exp. I as médias dos níveis de sombreamento foram comparadas pelo teste de Tukey e as doses de extrato de alga por regressão utilizando modelo de regressão linear e quadrática, e para o exp. II, para inoculação de *R. clarum* (FMA) e pelo teste de Tukey para disponibilidade luminosa,

e realizou-se a análise de regressão, testando os modelos matemáticos linear e quadrático para doses de extrato de alga e a interação entre os fatores ($p < 0,05$). As análises foram feitas utilizando o *software* SISVAR (FERREIRA, 2019).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Sombreamento e *A. nodosum*

A altura (AP) das mudas de canafístula foram influenciadas significativamente pela interação do sombreamento e doses de extrato de algas de *A. nodosum* (EAn) (Apêndice D). Das cinco doses testadas a que apresentou maior efeito significativo entre os três níveis de sombreamentos (0%, 30% e 50%) foi a dose de 5,0; 4,81 e x mL de ANE, proporcionando melhor incremento nas mudas cultivadas em 50% de sombreamento, no entanto, não diferiu dos 30% de sombreamento (Figura 1A). Não foi observado efeito estatístico significativo das outras doses (controle, 5,0 mL, 7,5 mL e 10 mL) em função dos diferentes níveis de sombreamento. Silva et al. (2016) observaram em mudas de *Annona glabra*, que doses maiores que 2,0 mL⁻¹ causaram redução na expressão das características fitotécnicas das mudas, e os autores associaram essa redução à condição de estresse salino causada pelas doses superiores.

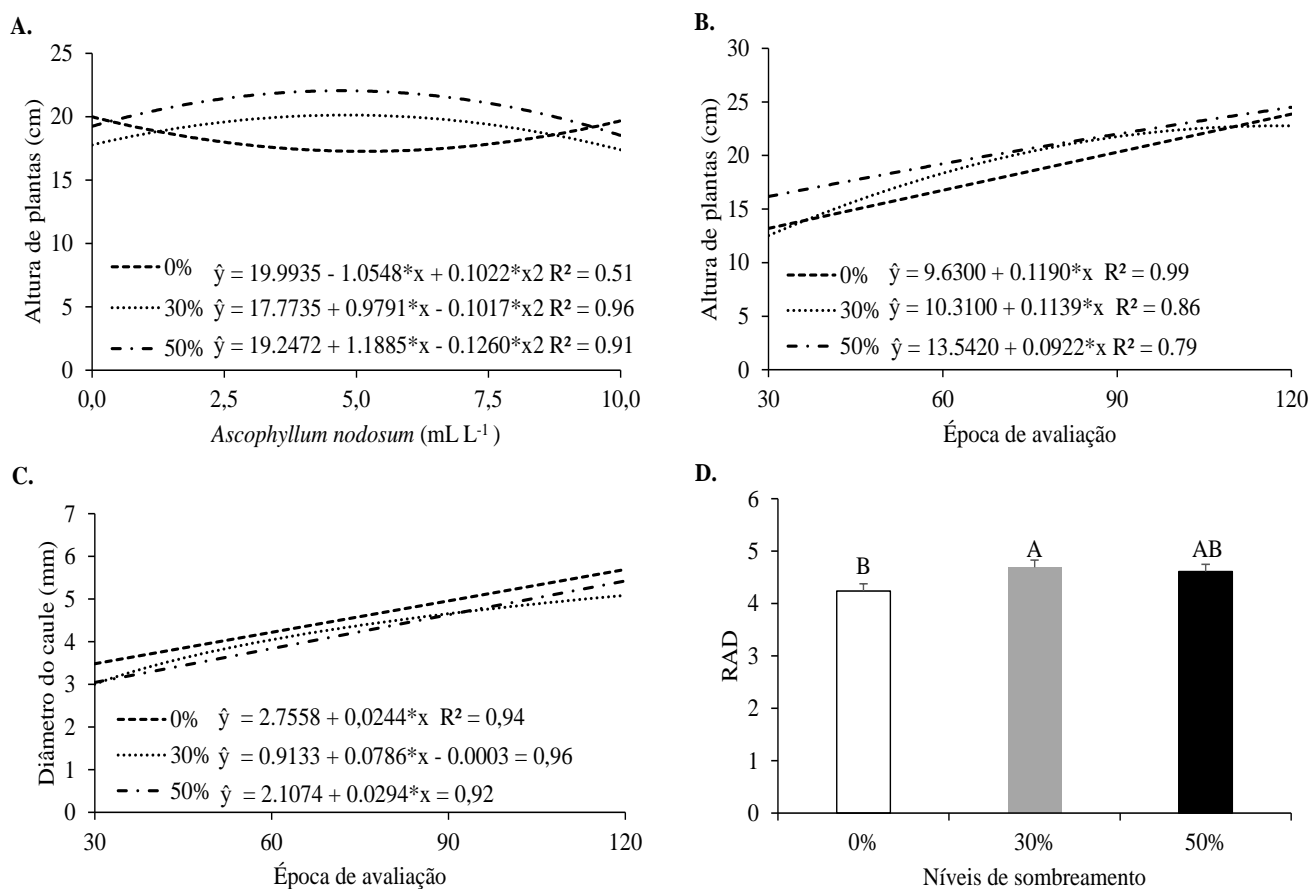


Figura 1. Altura de planta (A, B); Diâmetro do caule (C) e relação parte altura/diâmetro (D) em mudas de *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub., cultivadas sob diferentes disponibilidades luminosas e doses de EAn. Letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Dourados-MS, UFGD, 2021.

O efeito positivo do bioestimulante em proporcionar maior altura das mudas está relacionado ao fato que os extratos de algas fornecem citocininas (GALINDO et al., 2019), e por pressuposto pode ter estimulado o crescimento em altura das mudas de canafístula, uma vez que contribuem no processo de divisão celular, crescimento apical, formação de raízes e, ainda estimulam o desenvolvimento de tecidos meristemáticos e atividade fotossintética das plantas (HARTMANN et al., 2017; CRUVINEL et al., 2019).

A interação sombreamento e época de avaliação também tiveram efeito positivo em AP. Ao final dos 120 DAA a maior altura de planta observada foi no nível de 50% de sombreamento, no entanto, não diferiu do pleno sol (Figura 1B). Resultado semelhante foi encontrado por Souza et al. (2018) que verificaram em mudas de *Tabebuia aurea*, que o crescimento em altura das plantas foi favorecido em condições de 50% de sombreamento.

A altura é um dos parâmetros utilizados para seleção de mudas para comercialização florestal. Exemplificando, as mudas de espécies arbóreas com a altura entre 15 e 30 cm são consideradas como as mais promissoras ao plantio no campo (GOMES e PAIVA, 2011). Ao final dos 120 dias após a aplicação (DAA), a menor altura de plantas de canafístula foi 16 cm e a maior 34 cm, isto é, mudas com indicativo de expedição para o campo.

Não foi verificada influência das algas como bioestimuladoras para DC, o que contraria muitos dos resultados encontrados na literatura para outras espécies arbóreas, em que os autores relatam efeito positivo na utilização do extrato de algas no aumento de DC em várias espécies cultivadas.

Para DC houve efeito significativo apenas da época de avaliação e sombreamento (Apêndice D). Ao final dos 120 DAA, mudas cultivadas em pleno sol e em 50% de sombreamento foram as que tiveram maior valor de diâmetro do caule 5,86 mm e 5,49 mm, respectivamente, no entanto, ambos níveis não diferiram significativamente entre si (Figura 1C). Os valores médios encontrados aos 120 DAA para DC encontram-se dentro dos valores descritos por Gonçalves et al. (2000) de 5 e 10 mm, que são valores utilizados como padrão para caracterizar mudas de espécies nativas de qualidade. O diâmetro do caule é um dos importantes parâmetros utilizados para

avaliar o potencial de sobrevivência de mudas após o transplante em campo (GONÇALVES et al., 2019).

Para a relação altura/diâmetro do caule (RAD), houve efeito apenas do sombreamento, com os maiores valores foram obtidos em 30% de sombreamento, no entanto, não diferindo do sombreamento de 50% (Figura 1D).

Para a produção de biomassa e qualidade de mudas houve efeito positivo do sombreamento isolado nas variáveis MFPA, MFR, MSPA, MST e IQD (Apêndice E). As mudas cultivadas em pleno sol, apresentaram maiores valores médios para essas variáveis, quando comparada a ambientes com sombra (Figuras 2 e 3). Assim, mudas produzidas sem sombreamento tiveram maiores médias de produção de biomassa e de qualidade. A massa seca da raiz (MSR) não foi influenciada por nenhum dos fatores em estudo.

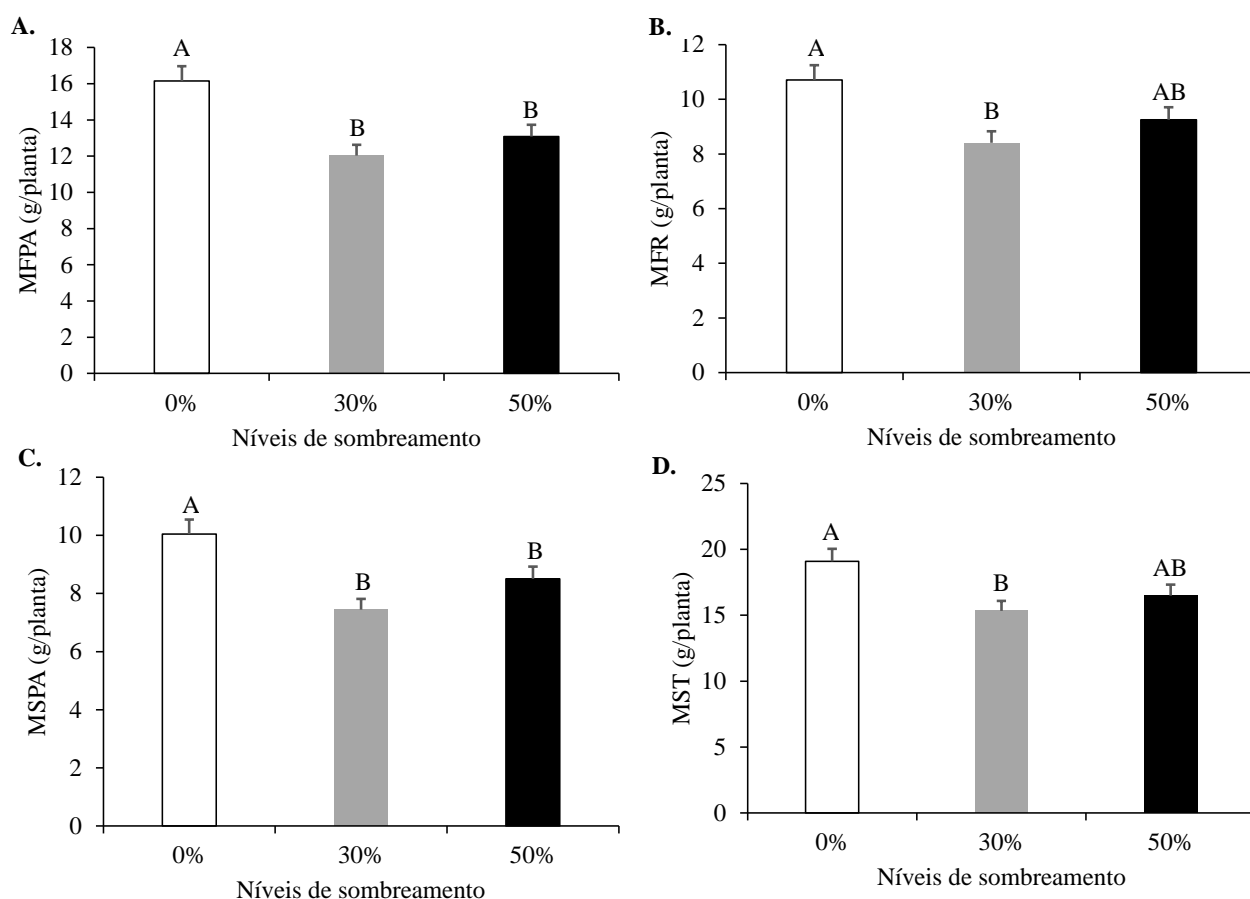


Figura 2. Massa fresca da parte aérea - MSFA (A); massa fresca da raiz – MFR (B); massa seca da parte aérea – MSPA (C) e massa seca total – MSR (D) em mudas de *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub., submetidas a diferentes disponibilidades

luminosas. Letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Dourados-MS, UFGD, 2021.

Ao analisar a relação parte aérea/raiz (RPAR) verificou-se que as plantas submetidas a 50% de sombreamento foram as que apresentaram maior valor, no entanto, não diferiram das plantas cultivadas a pleno sol. (Figura 3A).

Em relação ao Índice de Qualidade de Dickson (IQD) o maior valor médio foi obtido nas mudas cultivadas em pleno sol (0%) no valor de 3,70 (Figura 3B). Santos et al., (2020) também observaram IQD maior em ambiente de pleno sol em mudas de *Anadenanthera peregrina*. O IQD é um indicador para avaliação da qualidade de mudas florestais, e no seu cálculo considera-se o equilíbrio de distribuição da fitomassa, incluindo as características altura, diâmetro e biomassas (MEDEIROS et al. 2018).

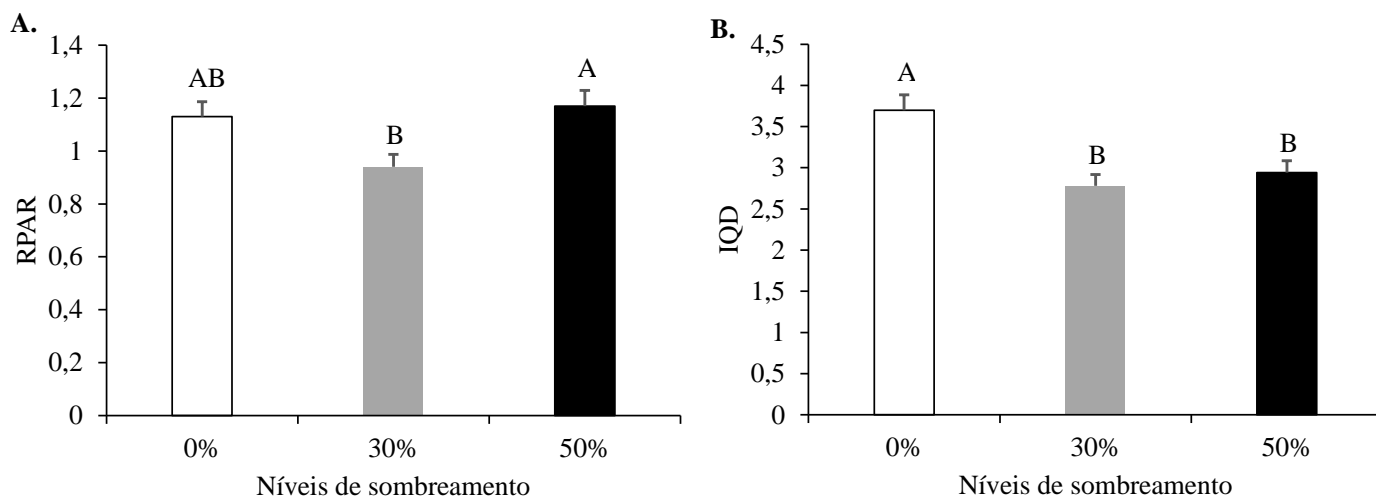


Figura 3. Relação parte aérea/raiz - RPAR (A) e Índice de qualidade – IQD (B) em mudas de *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub., cultivadas sob diferentes disponibilidades luminosas. Letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Dourados-MS, UFGD, 2021.

3. 1 Sombreamento e FMA

O diâmetro do caule (DC) e altura de plantas (AP) das mudas de canafístula foram influenciadas significativamente pela interação do sombreamento e inoculação de FMA - *R. clarum* (Apêndice B). Nas figuras 4A e 4B é possível observar que tanto para DC e AP, a inoculação do FMA proporcionou maiores valores de crescimento para as mudas cultivadas em ambiente sombreado. Para as mudas cultivadas sem o FMA os maiores valores de DC e AP foram observados em 0% de sombreamento e os menores

em 30% e 50%. Santos et al. (2019) também observaram que em mudas de *Enterolobium contortisiliquum* produzidas em ambiente a pleno sol maior desenvolvimento do caule, quando comparada a ambientes sombreados. Fica evidente que o FMA ajudou na melhor aclimatização das mudas em ambiente sombreado, proporcionando maiores valores em DC e AP.

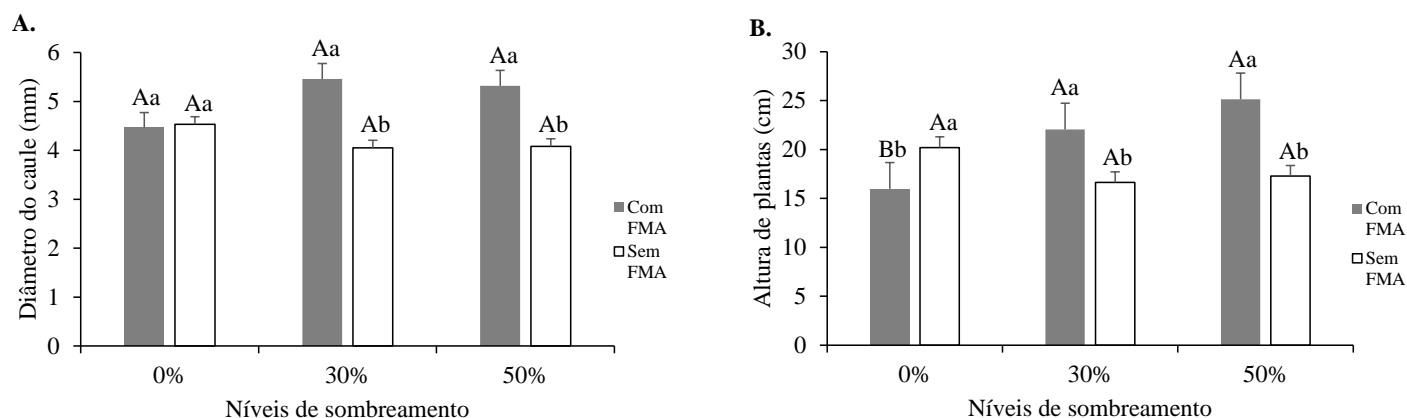


Figura 4. Diâmetro do caule (A) e Altura de plantas (B) em mudas de *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub., cultivadas em diferentes níveis de sombreamento, com ou sem inoculação do FMA. Letra maiúsculas distintas indicam diferenças dos sombreamentos dentro de cada nível de FMA e letras minúsculas distintas indicam diferenças do FMA dentro de cada nível de sombreamento, pelo teste Tukey ($p < 0,05$). Dourados-MS, UFGD, 2021.

Houve interação em incremento para DC e AP para as mudas cultivadas na presença do FMA nas diferentes épocas de avaliação (Figura 5A e B). As mudas produzidas com apresentaram maiores valores médios a partir dos 60 (DAT), e aos 90 com maior valor aos 120 (DAT). Efeito contrário foi observado por Bassan et al. (2020) em mudas de *Peltophorum dubium*, cultivadas com *G. clarum* = (*R. clarum*), e os autores não observaram efeito da inoculação do FMA para o crescimento das mudas. Um fator que indica maior capacidade de sobrevivência das mudas ao campo após o plantio é o diâmetro do caule. Scalon et al. (2011) afirmam que quanto maior o diâmetro do caule de uma muda, maior será a partição de fotoassimilados na parte aérea dessas plantas, conferindo-lhes assim maiores chances de sobrevivência a campo. Já para altura, Carvalho et al. (2022) observaram que mudas de *Hymenaea courbaril*, tiveram maior valor em altura quando inoculadas com o FMA.

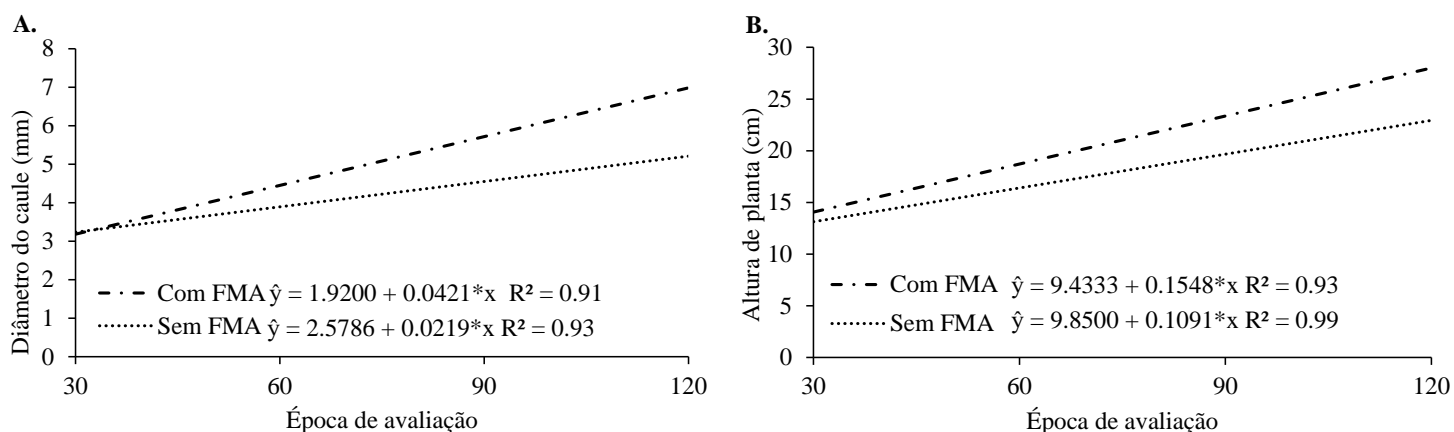


Figura 5. Diâmetro do caule (A) e Altura de plantas (B) em mudas de *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub., cultivadas com ou sem inoculação de FMA nas diferentes épocas de avaliação. Dourados-MS, UFGD, 2021.

Quanto as épocas de avaliação em cada nível de sombreamento, para DC não houve diferença estatística entre os três níveis de sombreamento (pleno sol, 30% e 50%), em nenhuma das quatro épocas de avaliações, com maiores valores aos 120 DAT (Figura 6A).

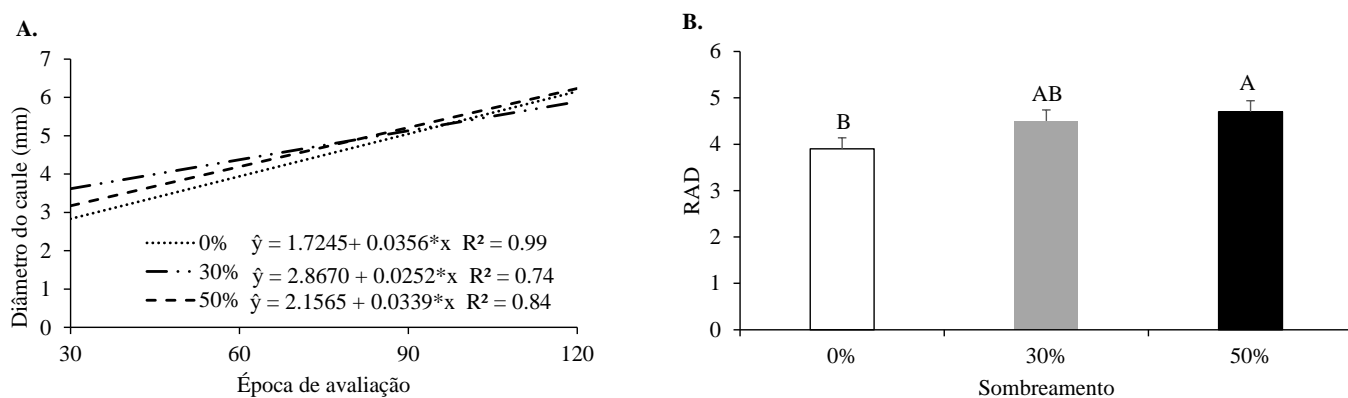


Figura 6. Diâmetro do caule (A) e relação altura/diâmetro – RAD (B) em mudas de *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub., cultivadas sob diferentes disponibilidades luminosas. Letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Dourados-MS, UFGD, 2021.

Para a relação altura/diâmetro do caule (RAD), houve efeito apenas para o sombreamento isolado, onde os maiores valores foram obtidos no tratamento sombreado

com 50%, diferindo do tratamento a pleno sol (Figura 6B). O mesmo resultado foi encontrado por Santos et al. (2019) em mudas de *Enterolobium contortisiliquum*, que observaram maiores valores nesta relação em mudas cultivadas em ambientes sombreados, quando comparados ao pleno sol.

A RAD é um importante parâmetro que pode ser utilizado para verificar a qualidade de uma muda, pois quanto menor o diâmetro maior será a dificuldade de se manter ereta após o transplântio (SANTOS et al., 2019). Dessa forma, mudas com maiores valores de RAD apresentam menor estabilidade em seu crescimento, sendo menos robustas, devendo estas ficarem mais tempo em viveiro para reduzir o desequilíbrio entre altura e diâmetro, com a devida rustificação, para garantir maior sucesso de transplântio a campo (PADILHA et al., 2018).

Ao analisar a relação parte aérea/raiz (RPAR), verificou-se que as plantas submetidas a 50% de sombreamento foram as que se destacaram em relação aos outros níveis de sombreamento (Figura 7A), sugerindo que nessa condição luminosa a espécie tende a investir mais em biomassa na parte aérea em virtude de maior área foliar como mecanismo de compensação luminosa. Resultado semelhante foi encontrado por Santos et al. (2019) em mudas de *Enterolobium contortisiliquum*, sendo o maior valor de RPAR foi obtido nos maiores níveis de ambiente sombreado (50% e 70%). Quanto a presença e ausência do FMA o sombreamento de 50% também foi o que obteve os melhores para RPAR, sendo o maior valor médio para as mudas cultivadas sem a presença do inóculo (Figura 7B).

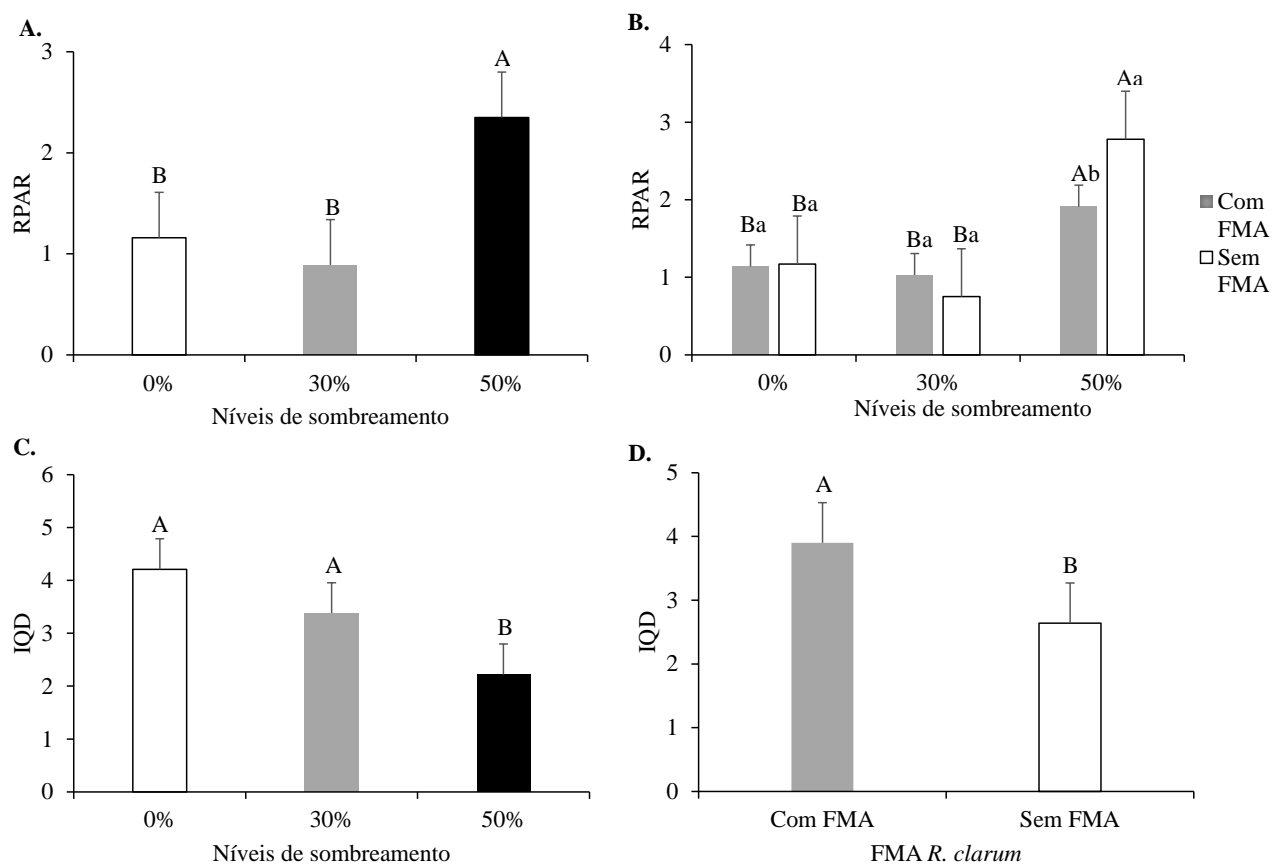


Figura 7. Relação parte aérea/raiz - RPAR (A, B) e Índice de qualidade – IQD (C, D) em mudas de *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub., cultivadas sob diferentes disponibilidades luminosas. Letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Dourados-MS, UFGD, 2021.

Em relação ao Índice de Qualidade de Dickson (IQD), o maior valor médio foi obtido nas mudas cultivadas em pleno sol (0%), no valor de 4,21 e o menor foi no nível de 50%, de 2,22 (Figura 7C). Ainda na presença do FMA, o IQD apresentou valor médio superior ao tratamento sem o inóculo de 3,90 e 2,64, respectivamente (Figura 7D).

O IQD ou também conhecido como índice de qualidade das mudas é utilizado como um indicador e/ou balizador para avaliação da qualidade de mudas florestais, e para seu cálculo considera-se o equilíbrio da distribuição da fitomassa, sendo ponderados parâmetros como altura, diâmetro e biomassas (MEDEIROS et al. 2018).

A produção de biomassa foi influenciada significativamente pela inoculação do FMA e pelos sombreamentos (Apêndice C). As mudas de canafístula produzidas na

presença do FMA apresentaram os maiores valores médios para produção de biomassa fresca e seca quando cultivadas em 30% e 50% de sombreamento para as variáveis MFPA, MFR, MSPA, MSR, MST (Figura 8A, B, C, D e E). Quando as mudas foram produzidas sem o inóculo, os maiores valores foram obtidos a pleno sol e os menos nos ambientes sombreados (30% e 50%). Esses resultados diferem dos encontrados por Santos et al. (2019) que verificaram que a maior produção de biomassa foi observada em ambientes sombreados para *Enterolobium contortisiliquum*. Ao avaliar a produção de mudas de espécies nativas associadas a diferentes FMA, resultados diferentes podem ser encontrados, uma vez que, o benefício proporcionado pela simbiose dependerá da interação dos microrganismos com os hospedeiros, bem como das condições ambientais do estudo (SOUZA et al., 2017).

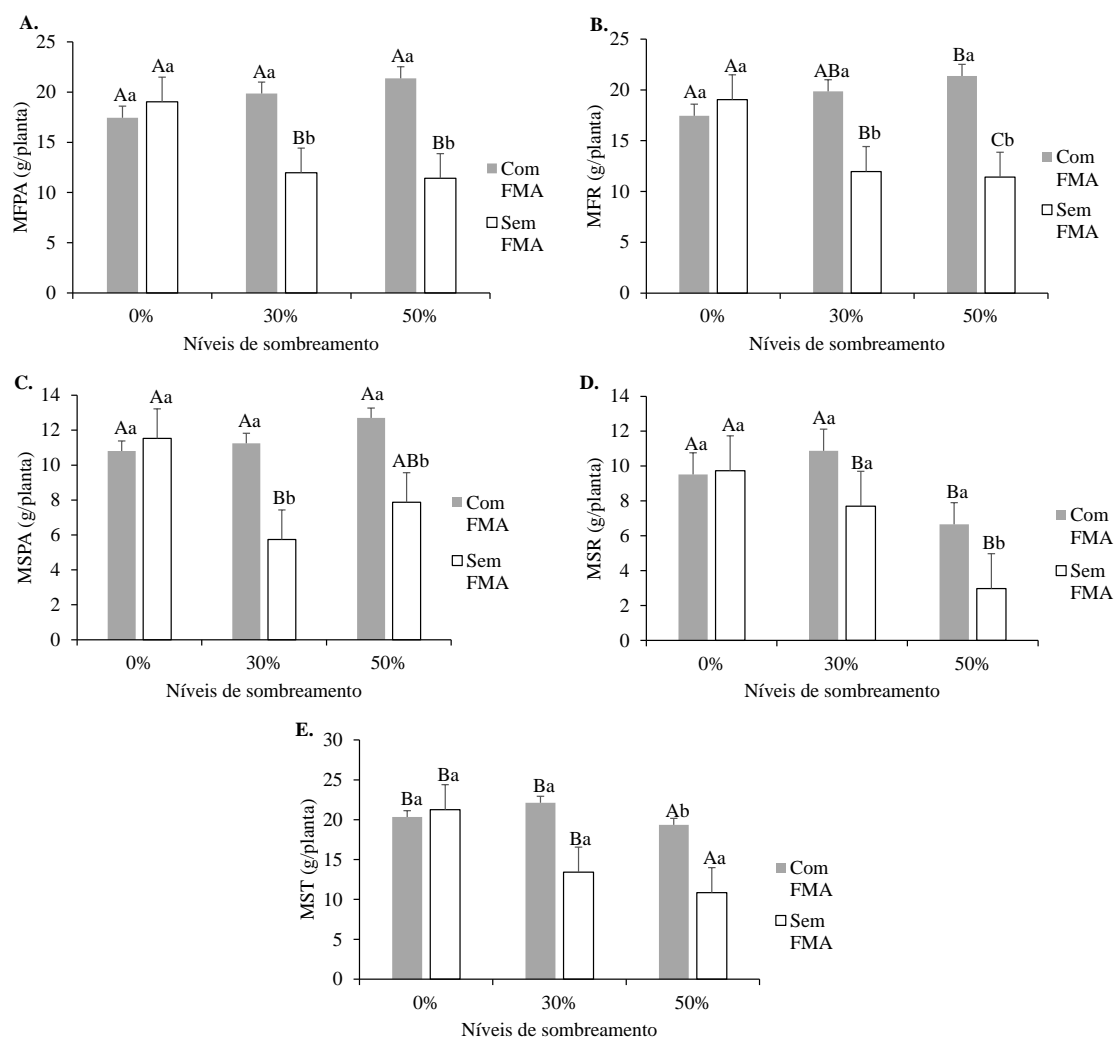


Figura 8. Massa fresca da parte aérea - MFPA (A); massa fresca da raiz – MFR (B); massa seca da parte aérea – MSPA (C); massa seca da raiz – MSR (D) e massa seca total – MST (E) das mudas de *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub., submetidas a diferentes disponibilidades luminosas. Letra maiúsculas distintas indicam diferenças dos sombreamentos dentro de cada nível de FMA e letras minúsculas distintas indicam diferenças do FMA dentro de cada nível de sombreamento, pelo teste Tukey ($p < 0,05$). Dourados-MS, UFGD, 2021.

Observa-se que a inoculação do FMA ajudou no desenvolvimento das mudas de canafístula em ambientes com menor intensidade luminosa e contribuiu para maior produção de biomassa das plantas. Bassan et al. (2020), avaliando diferentes FMAs no desenvolvimento de mudas de *Peltophorum dubium* (canafístula) não constataram o efeito positivo do inoculante *G. clarum* em contribuir no aumento da produção de biomassa das plantas, e sim uma desvantagem na inoculação nas condições do experimento.

4 CONCLUSÃO

1. A inoculação do FMA *Rhizoglosum clarum* contribuiu em incremento nas características de crescimento e produção de biomassa de mudas de canafístula.
2. As mudas de canafístula cultivadas em 30% e 50% de sombreamento foram beneficiadas com a inoculação do FMA.
3. A espécie mostrou-se pouco responsiva as doses testadas de *A. nodosum* indicando a necessidade de novos estudos com diferentes dosagens, número de aplicações e tempo de viveiro.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BASSAN, D. A. Z.; SANTOS, S. C.; LOURENTE, E. R. P.; DAVIDE, L. M. C.; MEDEIROS, E. S.; CARVALHO, L. G. V.; RUI, R. F.; SOUZA, G. G. Mudanças de canafístula (*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.) com fungos micorrízicos arbusculares. In: Santos, C. C.; Scaloni, S. P. Q. **Ecofisiologia e Nutrição de Espécies Frutíferas e Arbóreas**, Nova Xavantina: Pantanal. 2020. p. 126-148.
- CARVALHO, L. G. V. D.; SANTOS, S. C.; LOURENTE, E. R. P.; TROVATO, V. W.; SANTOS, C. C.; RUI, R. F. D. Jatobazeiro seedlings associated with arbuscular mycorrhizal fungi. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 44, n. 2, 2022.
- CRUVINEL, F. F.; VASCONCELLOS, M. A. D. S.; MARTELLETO, L. A. P. Efeitos da citocinina benzilaminopurina na estaquia da pitáia. *Nativa*, v. 7, n. 1, p. 43-49, 2019.
- DAVIDE, A. C.; SILVA, E. A. **Produção de sementes e mudas de espécies florestais**. 1.ed. Lavras: UFLA, 2008.
- DICKSON, A.; LEAF, A. L.; HOSNER, J. F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. *The Forestry Chronicle*, v.36, n.1, p.10-13, 1960.
- DUARTE, F. D.; FELIPE, B. G.; SIMONE, Y. F.; SOUZA, B. O.; MORAIS, G. A. Biometria e potencial germinativo em sementes de *Peltophorum dubium* (Sprengel) Taub. – Fabaceae. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 13, 2021.
- GALINDO, F. S.; TEIXEIRA-FILHO, M. C. M.; BUZETTI, S.; ALVES, C. J.; GARCIA, C. M. M. P.; NOGUEIRA, L. M. Extrato de algas como bioestimulante na nutrição e produtividade do trigo irrigado na região de Cerrado. *Colloquium Agrariae*, v. 15, n. 1, p. 130-140, 2019.
- FERREIRA, D. F. SISVAR: A COMPUTER ANALYSIS SYSTEM TO FIXED EFFECTS SPLIT PLOT TYPE DESIGNS: Sisvar. *Brazilian Journal of Biometrics*, [S. l.], v. 37, n. 4, p. 529–535, 2019.
- FIETZ, C. R.; FISCH, G. F.; COMUNELLO, E.; FLUMIGNAN, D. F. **Documentos 138: o clima da região de Dourados, MS**. 3.ed. Dourados: Embrapa Agropecuário Oeste, 2017.
- GARCIA, D. O.; SEIFERT, K.; CHASSOT, T. Sombreamento e recipiente no desenvolvimento inicial de mudas de pata de vaca e canafístula. In: OLIVEIRA, R. J. **Silvicultura e manejo florestal: técnicas de utilização e conservação da natureza**. São Paulo: Editora Científica Digital, 2021. p.401-413.
- GOMES, A. D. V.; FREIRE, A. L. O. Crescimento e qualidade de mudas de cedro (*Cedrela fissilis* L.) em função do substrato e sombreamento. *Scientia Plena*, v. 15, n. 11, p. 110-203, 2019.
- GOMES, J. M.; PAIVA, H. N. **Viveiros florestais: propagação sexuada**. 1.ed. Série didática: Editora UFV, 2011.

GONÇALVES, J. L. M.; SANTARELLI, E. G.; MORAES NETO, S. P. Produção de mudas de espécies nativas: substrato, nutrição, sombreamento e fertilização. In: Gonçalves, J. L. M.; Benedetti, V. **Nutrição e fertilização florestal**. Instituto de Pesquisas Florestais, 2000. p. 310-350.

GONÇALVES, M. P. M.; SILVA, M. I. O.; GRUGIKI, M. A.; FELICIANO, A. L. P.; SILVA, L. B. Substratos alternativos na produção de mudas de *Harpalyce brasiliana* Benth. *Oecologia Australis*, v. 23, n. 3, p. 464-472, 2019.

HARTMANN, H. T.; KESTER, D. E.; DAVIES JUNIOR, F. T.; GENEVE, R. L. **Plant propagation: principles and practices**. 9.ed. New Jersey: Prentice Hall, 2017.

LIMA, M. S.; ARAUJO, M. M.; AIMI, S. C.; OLIVEIRA, V. V.; BERGHETTI, Á. L.; NASCIMENTO, N. F.; TAROUÇO, C. P. Use of physiological attributes to select native forest species for forest restoration in the southern Atlantic forest biome, Brazil. *Forest Ecology and Management*, v. 501, p. 119659, 2021.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 8.ed. Nova Odessa: Plantarum, 2020. 384p.

MEDEIROS, M. D. B. C. L.; JESUS, H. I.; SANTOS, N. F. A.; MELO, M. R. S.; SOUZA, V. Q.; BORGES, L. S.; GUERREIRO, A. C.; FREITAS, L. S. Índice de qualidade de Dickson e característica morfológica de mudas de pepino, produzidas em diferentes substratos alternativos. *Revista Agroecossistemas*, v. 10, n. 1, p. 159-173, 2018.

MELOTTO, A. M.; LAURA, V. A.; BUNGENSTAB, D. J.; FERREIRA, A. D. Espécies florestais em sistemas de produção em integração. In: BUNGENSTAB, D. J.; ALMEIDA, R. G.; LAURA, V. A.; BALBINO, L. C.; FERREIRA, A. D. **ILPF: inovação com integração de lavoura, pecuária e floresta**. Brasília: Embrapa, 2019. p. 429-454.

OKOLIE, C. L.; MASON, B.; CRITCHLEY, A. T. “**Seaweeds as a source of proteins for use in pharmaceuticals and high-value applications**,”. Proteins for food, pharmaceuticals, and agriculture: sources, applications, and advances. ed. M. Hayes (Hoboken, NJ: Wiley), 2018. 217p.

PADILHA, M. S.; BARETTA, C. R. D. M.; SOBRAL, L. S.; KRAFT, E.; OGLIARI, A. J. Crescimento de mudas de canafístula com o uso de adubação Biológica e bioestimulante em diferentes substratos. *Centro Científico Conhecer*, v. 15, n. 27, p. 95, 2018.

BERNARDES, R. S.; SANTOS, S. C.; SANTOS, C. S.; HEID, D. M.; VIEIRA, M. C.; TORALES, E. P. *Ascophyllum nodosum* seaweed extract and mineral nitrogen in *Alibertia edulis* seedlings. *Brazilian Journal of Agricultural and Environmental Engineering*, v. 27, n. 3, p. 173-180, 2023.

ROSETO, S.; ERAZO, N.; GUALLPA, M.; USIGNA, M. Evaluación de cuatro bioestimulantes y tres sustratos en la propagación de *Vallea stipularis* L.f. *Enfoque*. v. 8, n. 3, p. 28-40, 2017.

SANTOS, L. M.; SOUSA, R. M.; FONSECA, E. F.; PEREIRA, P. G.; SOUZA, P. B. Níveis de sombreamento na emergência e desenvolvimento inicial de mudas de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong. *Scientia Agraria Paranaensis*, v. 18, n. 2, p. 139-145, 2019.

SCALON, S. D. P. Q.; TEODÓSIO, T. K. C.; NOVELINO, J. O.; KISSMANN, C.; MOTA, L. H. D. S. Germinação e crescimento de *Caesalpinia ferrea* mart. Ex tul. em diferentes substratos. *Revista Árvore*, v. 35, n. 3, p. 633-639, 2011.

SILVA, C. C.; ARRAIS, I. G.; ALMEIDA, J. P. N.; DANTAS, L. L. G. R.; FRANCISCO, S. O.; MENDONÇA, V. Extrato da alga *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jolis na produção de porta-enxertos de *Annona glabra* L. *Revista de Ciências Agrárias*, v. 39, n. 2, p. 234-241, 2016.

SILVA, R. F. D., MARCO, R. D., WELTER, P. D., VIEL, P.; ROS, C. O. D. Substrates and container size on quality *Peltophorum dubium* Seedlings. *Floresta e Ambiente*, 2020, v. 27, n. 3, 2020.

SILVA, K. M. R.; MELO, B. M.; CARDOSO, J. L. M. S.; CUNHA, J. N. B.; CORDEIRO, T. O.; CAMPESATTO, E. A.; ANDRADE, A. P. O.; NUNES, G. F.; SILVA, A. M.; FERREIRA, A. M. C. Evaluation of the antimicrobial activity of essential oil and parts factions obtained from the species *Peltophorum dubium* and *Combretum leprosum*. *Research, Society and Development*, v. 11, n. 10, p. e36111023450, 2022.

SOUZA, F. A.; SCHLEMPER, T. R.; STÜRMER, S. L. A importância da tecnologia de inoculação de fungos micorrízicos para a sustentabilidade na olericultura. In: LOPES, C. A.; PEDROSO, M. T. M. **Sustentabilidade e horticultura no Brasil: da retórica à prática**. Brasília: Área de Informação da Sede-Texto para Discussão (ALICE), 2017. p. 223-251.

SOUZA, R. R.; FREIRE, A. L. O. Relação entre o sombreamento, o crescimento e a qualidade de mudas de craibeira. *Scientia Agraria Paranaensis*, v. 17, n. 2, p. 220-225, 2018.

CAPÍTULO II – DISPONIBILIDADES LUMINOSAS, SILÍCIO E SILICATO DE POTÁSSIO EM MUDAS DE *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.

RESUMO

Objetivou-se com esse trabalho avaliar os efeitos do silício (SiO_2) e silicato de potássio (K_2SiO_3) em mudas sombreadas nas respostas de crescimento e qualidade de mudas de *Peltophorum dubium*. Foram conduzidos dois períodos experimentais em diferentes épocas, sendo o primeiro período experimental conduzido de janeiro a maio de 2021 e o segundo período experimental de junho a outubro de 2021, no viveiro de mudas da Universidade Federal da Grande Dourados. No primeiro experimento o delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial 3x5 com 6 repetições, sendo três sombreamentos e cinco doses de óxido de silício SiO_2 em pó com 92% de pureza (0,0g, 1,0g, 2,0g, 4,0g e 6,0g L^{-1} de água), que foi aplicado via pulverização foliar. Para o segundo período experimental O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial 3x5, com 6 repetições, sendo três sombreamento e cinco doses de silicato de potássio K_2SiO_3 0,0; 5,0; 10,0; 15,0 e 20,0 mL L^{-1} de água, que também foram aplicadas via pulverização foliar. Os níveis de sombreamento foram 0 % (pleno sol), 30 % e 50 %, obtidos com o auxílio de telas pretas de polietileno do tipo sombrite. De maneira geral, as mudas de *P. dubium* cultivadas sem sombreamento apresentam maior potencial de sobrevivência a campo, sendo ambientes sombreados considerados estressantes. A espécie também foi pouco responsiva as doses testadas de SiO_2 e K_2SiO_3 , sendo necessário novos estudos com a espécie.

Palavras-chaves: canafístula; Si; sombreamento; qualidade de mudas.

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the effects of silicon (SiO_2) and potassium silicate (K_2SiO_3) in shaded seedlings on growth responses and quality of *Peltophorum dubium* seedlings. Two experimental periods were conducted at different times, the first experimental period being conducted from January to May 2021 and the second experimental period from June to October 2021, in the seedling nursery of the Federal University of Grande Dourados. In the first experiment, a completely randomized design was used in a 3 x 5 factorial scheme with 6 replications, with three shadings and five doses of SiO_2 silicon oxide powder with 92% purity (0.0g, 1.0g, 2.0g, 4.0g and 6.0g L^{-1} of water), which was applied via foliar spray. For the second experimental period, the design used was completely randomized (DIC) in a 3 x 5 factorial scheme, with 6 replications, with three shading and five doses of potassium silicate K_2SiO_3 0.0; 5.0; 10.0; 15.0 and 20.0 mL L^{-1} of water, which were also applied via foliar spray. The shading levels were 0% (full sun), 30% and 50%, obtained with the aid of black polyethylene shade screens. In general, *P. dubium* seedlings cultivated without shading have a greater potential for survival in the field, with shaded environments being considered stressful. The species was also little responsive to the SiO_2 and K_2SiO_3 doses tested, requiring further studies with the species.

Key words: canafistula; Si; shading; seedling quality.

1 INTRODUÇÃO

Em decorrência aos impactos ambientais negativos causados pelo desmatamento (MONTIBELLER et al., 2020), a demanda por mudas de espécies arbóreas nativas tem aumentado, exigindo também maior qualidade das mudas produzidas. Em geral, as áreas destinadas ao cultivo de espécies florestais apresentam baixa fertilidade e pouca prática de manejo do solo, o que afeta a expressão do potencial produtivo dessas espécies (ARAÚJO et al., 2020), tornando-se um fator limitante na sua produção e qualidade.

Entre os diversos fatores que influenciam na qualidade da produção de mudas de arbóreas florestais está a luminosidade, que interfere diretamente na produtividade do povoamento florestal, no seu desenvolvimento e na sua qualidade final (GARCIA et al., 2021). A luminosidade constitui um dos fatores determinantes para sobrevivência das mudas em atividades silviculturais (CAMPOS e UCHIDA, 2002), podendo o sucesso de sua produção ser alcançado analisando-se fatores como o seu crescimento em diferentes condições de luminosidade, disponibilidade de nutrientes (BUDIASTUTI et al., 2020).

Uma espécie arbórea nativa que tem sido amplamente utilizada para fins silviculturais (MELOTTO et al., 2019) é a *Peltophorum dubium* conhecida popularmente como canafístula. Pertencente à família Fabaceae, ocorre naturalmente em estados como da Bahia, Minas Gerais, Paraná e Mato Grosso do Sul (LORENZI et al., 2020; DUARTE et al., 2021; SILVA et al., 2022). É uma espécie secundária inicial, com característica de pioneira (OLIVEIRA et al., 2018), que apresenta alta rusticidade e rápido crescimento (LORENZI et al., 2020). Com características favoráveis, é amplamente utilizada em programas de recuperação de áreas degradadas, no entanto, informações aprofundadas sobre a aclimação e o crescimento em ambientes adversos ou estressantes são escassas.

As plantas são geralmente classificadas como de ambientes de pleno sol, de sombreamento moderado ou intenso (PAULA e PAULINO, 2020), o que pode promover em ambiente com alta ou baixa luminosidade alterações na produção de fotoassimilados (PETROVA et al., 2020), levando a uma diminuição da sua produtividade e qualidade.

Visando aumentar a qualidade na produção de mudas, insumos como o silício (Si) vêm sendo estudados na agricultura como um elemento benéfico para o cultivo de plantas, uma vez que auxiliam na nutrição, bem como no aumento a tolerância às diferentes condições de estresses (CAVALCANTE FILHO, 2017; VERMA et al., 2020). Na literatura é possível verificar resultados positivos do uso de K_2SiO_3 em aclimatar mudas em condições de estresse luminoso, no entanto, ainda são poucos e incipientes os trabalhos. Paula e Paulino

(2020) constataram que mudas de *Alibertia edulis*, quando cultivadas com adição de K_2SiO_3 , tiveram os efeitos negativos do estresse luminoso em mudas cultivadas a pleno sol mitigados, resultando em mudas com elevada qualidade em ambientes com alta e moderada disponibilidade luminosa.

Diante do exposto, pela importância dessa espécie nativa e escassez de trabalhos associando sombreamento e o elemento Si em condições de viveiro, objetivou-se com esse trabalho avaliar os efeitos do silício (SiO_2) e silicato de potássio (K_2SiO_3) em mudas sombreadas nas respostas de crescimento e qualidade de mudas de *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Condições de estudo e produção das mudas

Foram conduzidos dois períodos experimentais em diferentes épocas, sendo o primeiro período experimental conduzido de janeiro a maio de 2021 e o segundo período experimental de junho a outubro de 2021, no viveiro de mudas da Universidade Federal da Grande Dourados (22°11'53.2"S;54°56'02.3"W). O clima da região conforme classificação de Köppen, é o CWa com verões quentes com estação chuvosa e invernos com temperaturas moderadas e seco (FIETZ et al., 2017).

Os experimentos foram conduzidos a partir de mudas de *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub. produzidas de sementes coletadas de matrizes aleatórias na cidade de Nova Andradina - MS. Para a superação da dormência as sementes foram submetidas à escarificação térmica e embebidas em água quente a 80° C, onde permaneceram por 24 horas (DAVIDE e SILVA 2008). A semeadura foi realizada em tubetes de polietileno com capacidade de 120 cm³ preenchidos com substrato Bioplant[®]. Aos 50 dias após a semeadura as mudas foram transplantadas para vasos com capacidade de 7 litros, preenchidos por um composto de um Latossolo Vermelho Distroférico e areia grossa na proporção de 2:1, respectivamente, e acondicionadas nos viveiros onde ficaram 10 dias em aclimatização, antes da primeira aplicação dos tratamentos.

2.2 Primeiro período experimental

O primeiro período experimental foi conduzido em viveiro disposto sob três disponibilidade luminosa 0% (pleno sol) com cobertura de plástico de polietileno transparente de baixa densidade (PEBD) com 150 micras de espessura, 30% e 50% de sombreamento, utilizando tela de nylon preta do tipo sombrite. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial 3x5 com 6 repetições, sendo três sombreamentos e cinco doses de óxido de silício SiO₂ em pó com 92% de pureza (0,0g, 1,0g, 2,0g,4,0g e 6,0g L⁻¹ de água), que foi aplicado via pulverização foliar com o auxílio de um borrifador manual, no período matutino até o ponto de gotejamento.

Foram realizadas duas aplicações, sendo primeira realizada 10 dias após o transplântio (DAT) das mudas, e a segunda 60 dias após a primeira aplicação. As

avaliações de crescimento ocorreram aos 30, 60, 90 e 120 dias após a aplicação (DAA) do óxido de silício SiO_2 .

Os atributos químicos do solo utilizado antes e após aplicação do óxido de silício são apresentados na Quadro 1 e Apêndice F, respectivamente.

QUADRO 1. Atributos químicos do solo antes da aplicação das doses óxido de silício SiO_2 (0, 1, 2, 4 e 6 g L^{-1}) UFGD, Dourados – MS. 2021.

| P(mehl) | Ca | Mg | K | Al | Al+H | M.O | pH | V |
|-------------------|---------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------------|-------------------|--------------|
| g/dm ³ | -----cmol/dm ³ ----- | | | | | g/dm ³ | CaCl ₂ | % |
| 18,57 | 10,34 | 2,70 | 1,21 | 0,00 | 3,69 | 36,27 | 4,92 | 79,44 |

2.3 Segundo período experimental

O segundo período experimental foi conduzido em casa de vegetação com cobertura de plástico de polietileno transparente de baixa densidade (PEBD) com 150 micras de espessura, cercada lateralmente por tela de nylon preta com 75% de sombreamento. No interior do ambiente as mudas foram colocadas em mini estufas/telas com dimensões de 2,00 x 1,20 metros, sob 0% (pleno sol) 30%, 50% de sombreamento. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial 3x5, com 6 repetições, sendo três sombreamento e cinco doses de silicato de potássio K_2SiO_3 : 0,0; 5,0; 10,0; 15,0 e 20,0 mL L^{-1} de água destilada, que foram aplicadas via pulverização foliar, com o auxílio de um borrifador manual, no período matutino até o ponto de gotejamento. Foram realizadas duas aplicações, sendo primeira realizada 10 dias após o transplântio (DAT) das mudas, e a segunda 60 dias após a primeira aplicação. As avaliações de crescimento ocorreram aos 30, 60, 90 e 120 dias após a aplicação (DAA) do silicato de potássio K_2SiO_3 .

Os atributos químicos do solo utilizado antes e depois da aplicação do K_2SiO_3 são apresentados na Quadro 2 e Apêndice G, respectivamente.

QUADRO 2. Atributos químicos do solo antes da aplicação das doses óxido de silício SiO_2 (0, 1, 2, 4 e 6 g L^{-1}). UFGD, Dourados – MS. 2021.

| P(mehl) | Ca | Mg | K | Al | Al+H | M.O | pH | V |
|-------------------|---------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------------|-------------------|--------------|
| g/dm ³ | -----cmol/dm ³ ----- | | | | | g/dm ³ | CaCl ₂ | % |
| 18,57 | 10,34 | 2,70 | 1,21 | 0,00 | 3,69 | 36,27 | 4,92 | 79,44 |

2.4 Avaliações

As avaliações ocorreram a partir dos 30 dias após a primeira aplicação dos produtos, a cada 30 dias, totalizando 4 avaliações, onde as mudas foram avaliadas quanto às seguintes características: altura das plantas - AP (cm) que foi determinada pela distância do coleto até a inflexão da folha mais alta, com uma régua graduada em centímetros (cm); diâmetro do caule – DC (mm), medido com paquímetro digital colocado a 1 cm acima do nível do substrato e relação entre altura e diâmetro do coleto – RAD, calculado através da fórmula: $RAD = (AP/DC)$.

Ao final dos 120 DAA, as mudas foram retiradas dos vasos, separando-as em parte aérea (folhas + caule) e sistema radicular. A parte aérea e as raízes foram pesadas em balança analítica de precisão (0,001g) para determinação da massa fresca da parte aérea (MFPA) e massa fresca da raiz (MFR). Posteriormente, foram acondicionadas separadamente em sacos de papel Kraft e submetidos à secagem em estufa de circulação forçada de ar a 60° 5, por 72 horas, para obtenção da massa seca de parte aérea (MSPA) e massa seca da raiz (MSR) e massa seca total das plantas (MST). A variável relação parte aérea e raiz (RPAR) foi calculada através da fórmula: $RPAR = (MSPA/MSR)$.

O Índice de Qualidade de Dickson (IQD), foi obtido a partir dos dados de relação altura/diâmetro (RAD), relação parte aérea/raiz (RPAR) e massa seca total (MST) por meio da fórmula (DICKSON et al., 1960):

$$IQD = \frac{MST}{(RAD+RPAR)} \quad (1)$$

2.5 Análise estatística

Os dados dos dois períodos experimentais foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e quando se detectou significância pelo teste F ($p < 0,05$), as médias foram comparadas pelo teste de Tukey para disponibilidades luminosas, e feita análise de regressão testando os modelos matemáticos linear e quadrático para doses de silício (SiO_2) e silicato de potássio (K_2SiO_3) e a interação entre os fatores ($p < 0,05$). As análises foram feitas utilizando o *software* SISVAR (FERREIRA, 2011).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Primeiro período experimental - com SiO₂

A altura de plantas (AP) e diâmetro do caule (DC) das mudas de *P. dubium* foram influenciadas significativamente pela interação entre época de avaliação x sombreamento. E pela interação tripla entre época de avaliação x sombreamento x doses de SiO₂ para o DC (Apêndice H).

Para AP, foi observado maior incremento em altura no sombreamento de 50% para as quatro épocas de avaliação (aos 30, 60, 90 e 120 DAA), não diferindo estatisticamente das plantas cultivadas à pleno sol aos 90 e 120 DAA (Figura 1A). Para DC aos 30 e 60 DAA não foram observadas diferenças significativas entre os níveis de sombreamentos (0%, 30% e 50%), porém a partir dos 90 DAA, mudas cultivadas sob 50% de sombreamento, apresentaram maior crescimento em diâmetro, e aos 120 DAA mudas cultivadas a pleno sol e 50% de sombreamento não diferiram estatisticamente entre si (Figura 1B). Assim, ao final dos 120 DAA para AP e DC não houve diferença estatística significativa entre plantas cultivadas a pleno sol e 50% de sombreamento, sendo que o sombreamento de 30% apresentou os menores valores médios.

As plantas quando em condições de menor disponibilidade luminosa, tendem a investir em altura, e maior altura fornece vantagem competitiva para o acesso a luz com vegetação concorrente (GROSSNICKLE e MACDONALD, 2018), como observado nos resultados do presente trabalho. Em termos de biometria, a altura de uma planta é uma característica que indica o seu desenvolvimento em condições de diferentes disponibilidades luminosas, pois nessas condições, algumas espécies apresentam estiolamento quando conseguem crescer sob alto nível de sombreamento, porém, não caracteriza uma vantagem, quando no solo em condições de campo (SANTOS et al., 2020). Para a RAD, não foi observado efeito significativo ($p > 0,05$), com média geral de 4,31.

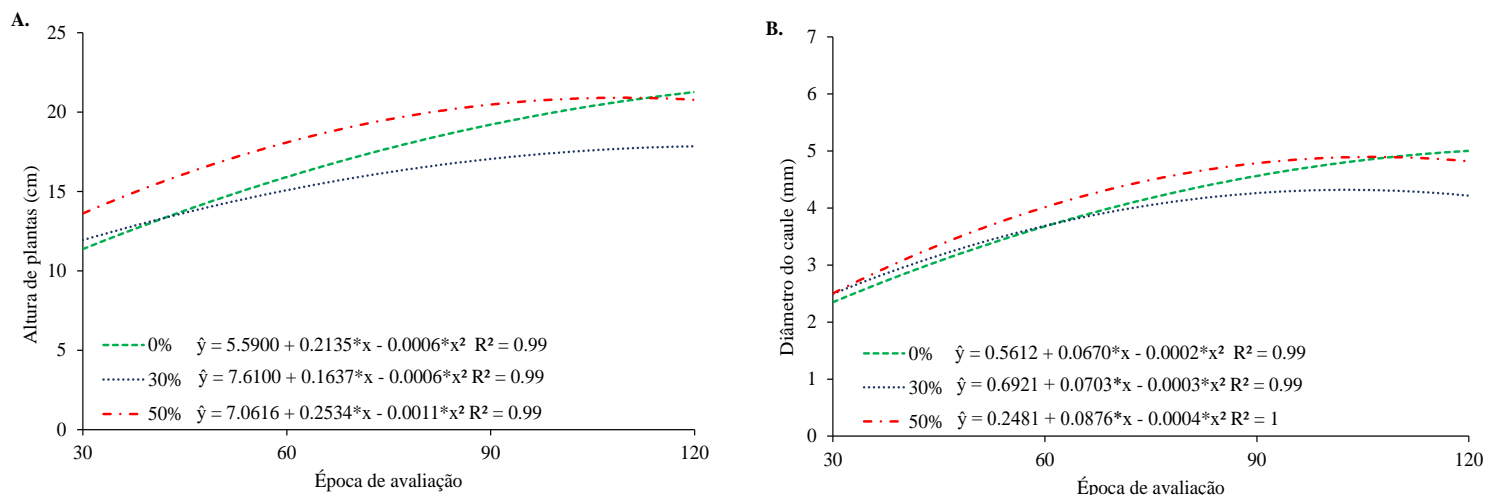


FIGURA 1. Altura de plantas (cm) (A) e diâmetro do caule (mm) (B) de mudas de *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub., cultivadas em diferentes níveis de sombreamento, em função de épocas de avaliação. Dourados-MS, UFGD, 2021.

Quanto a aplicação do silício (SiO_2), a única influência das doses foi observada para DC na interação tripla, onde ao final dos 120 DAA, o maior valor médio observado foi de 5,53 mm para a dose de 2g à pleno sol, e o menor valor foi de 3,94 mm para o sombreamento de 30% na dose zero (controle) (Figura 2A e B). Aos 30 e 60 DAA não foram observados efeitos significativos das doses de SiO_2 em nenhum dos três níveis de sombreamento (0%, 30% e 50%). Aos 90 DAA foi observado efeito significativo da dose 4g no sombreamento de 50%, que apresentou o maior valor médio. Aos 120 DAA foi observado efeito estatístico significativo da dose 2g em mudas a pleno sol, e da dose de 4g para mudas cultivadas a pleno sol e 50% de sombreamento, porém não diferindo entre si.

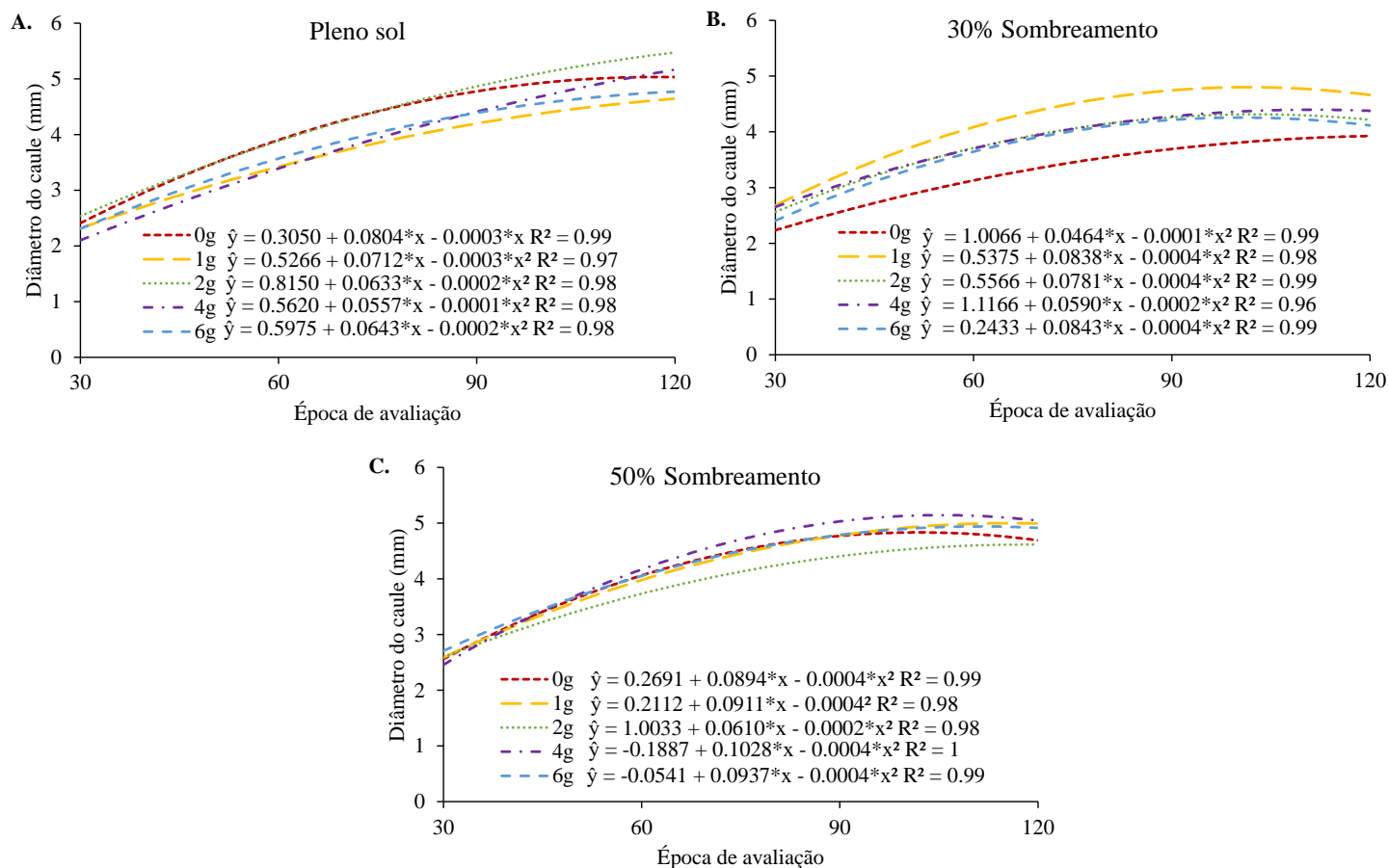


Figura 2. Efeito da interação tripla para diâmetro do caule – DC de mudas de *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub., cultivadas em diferentes níveis de sombreamento: pleno sol (A); 30% de sombreamento (B) e 50% de sombreamento (C), e doses de SiO₂, em função de épocas de avaliação. Dourados-MS, UFGD, 2021.

Quanto a produção de biomassa e qualidade de mudas (Figuras 3 e 4), não houve efeito das doses de SiO₂. O mesmo resultado foi observado por Silva et al. (2018) que analisando diferentes doses de Si em mudas de *Euterpe precatória* Mart., não observaram influência da adição de silício na produção de fitomassa e qualidade de mudas.

Para a produção de biomassa e qualidade de mudas houve efeito apenas do sombreamento isolado sobre as variáveis MFPA, MFR, MSPA, MSR, MST, RPAR e IQD (Apêndice I). Mudas cultivadas a pleno sol apresentaram os maiores valores para esses parâmetros, quando comparadas às condições de sombra. Assim, mudas produzidas sem sombreamento tiveram maior produção de biomassa. Larraburu et al. (2018) também observaram que para massa fresca e seca da raiz que *Handroanthus ochraceus* foram

influenciadas pela luminosidade, e aquelas que foram expostas a maiores níveis de irradiância (0%) apresentaram maior produção de biomassa. Santos et al. (2020) observaram que em mudas de *Anadenanthera peregrina* a massa seca da parte aérea também foi influenciada apenas pelos níveis de sombreamento, sendo sua maior produtividade nas mudas cultivadas a pleno sol. Assim, quanto a massa seca das folhas sob luz solar direta pode ter ocorrido porque a planta obteve maior concentração de fotoassimilados e adaptação à irradiação quando comparada aos ambientes sombreados (AJALLA et al., 2012).

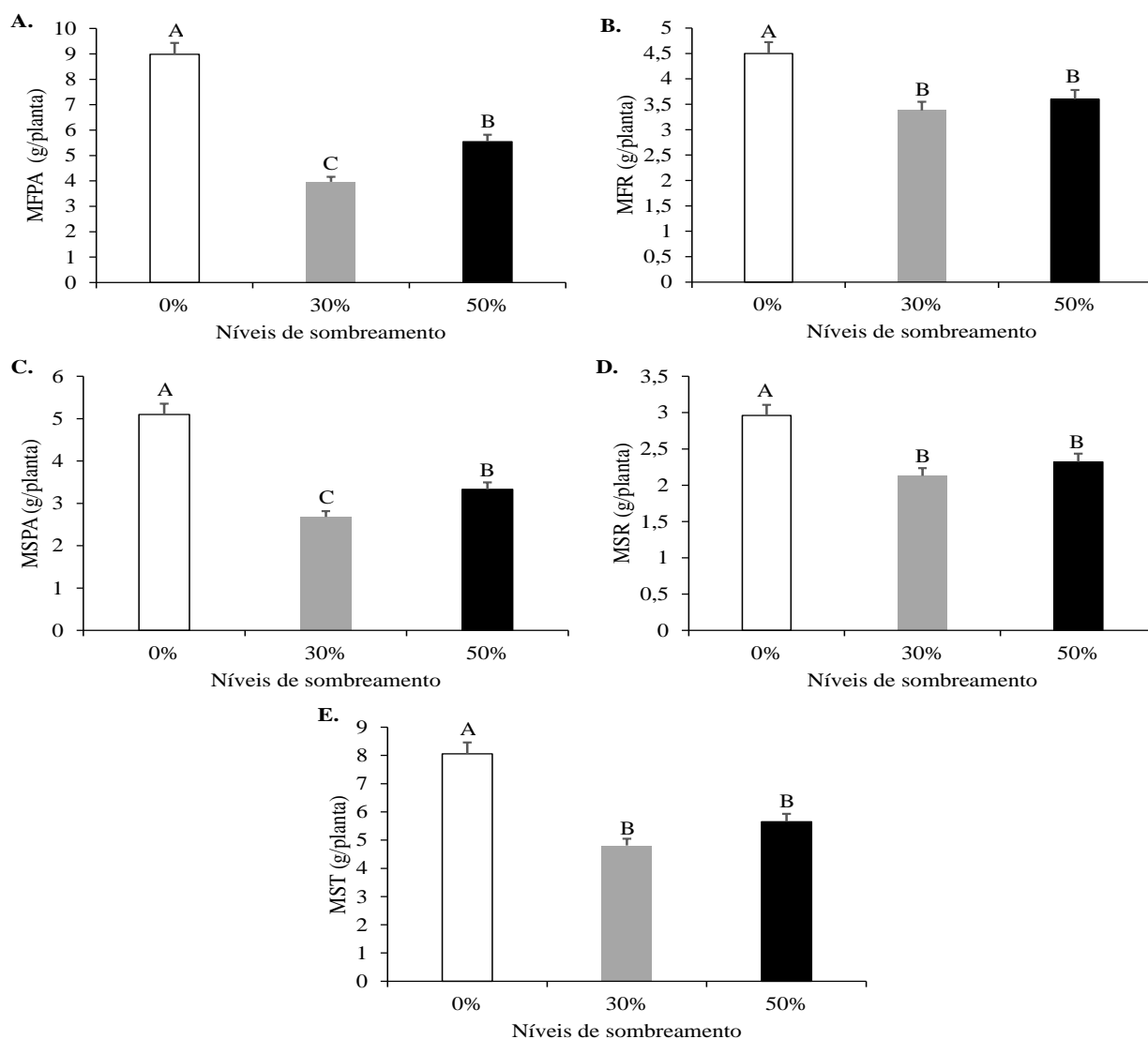


Figura 3. Massa fresca da parte aérea - MSPA (A); massa fresca da raiz – MFR (B); massa seca da parte aérea – MSPA (C); massa seca da raiz – MSR (D) e massa seca total – MST (E) em mudas de *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub., submetidas a diferentes disponibilidades luminosas. Letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Dourados-MS, UFGD, 2021.

A razão entre RPAR foi influenciada pelo sombreamento, sendo os maiores valores médios nas mudas produzidas em pleno sol (Figura 4A). Santos et al. (2020) também observaram maior valor de RPAR em mudas de *Anadenanthera peregrina*, quando produzidas a pleno sol.

O índice de qualidade (IQD) apresentou maior valor em mudas cultivadas a pleno sol (Figura 4B). Esse índice avalia o nível de robustez e aporte de biomassa das mudas, e quanto maior seu valor, maior será a chance de sobrevivência e estabelecimento das mudas no campo após o transplante (SANTOS et al., 2020). Assim, mudas produzidas sem sombreamento apresentam maiores chances de sobrevivência a campo.

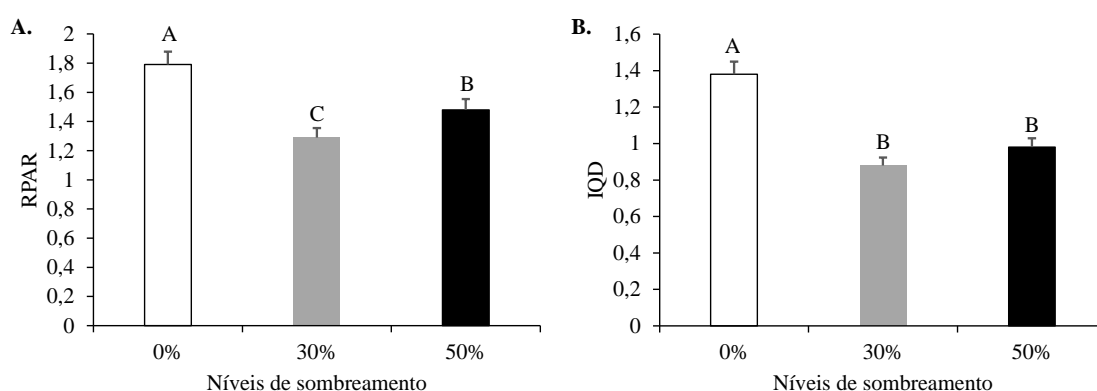


Figura 4. Relação parte aérea/raiz - RPAR (A) e Índice de qualidade – IQD (B) em mudas de *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub., cultivadas sob diferentes disponibilidades luminosas. Letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Dourados-MS, UFGD, 2021.

3.2 Segundo período experimental – com K_2SiO_3

A altura de plantas (AP) foi influenciada significativamente pela interação entre época de avaliação x sombreamento; época de avaliação x doses; época de avaliação x doses x sombreamento (Apêndice J).

Para as épocas de avaliações e sombreamento foi observada diferença estatística entre os níveis de sombreamentos aos 60, 90 e 120 DAA, para os níveis de 30% e 50%, com 50% de sombreamento refletindo em melhores resultados (Figura 5A). Observa-se que houve aclimação gradual das mudas de *P. dubium* conforme aumento dos níveis de sombreamento, o que proporcionou aumento significativo nas médias de altura quando comparadas as mudas cultivadas a pleno sol, sem aclimação, com as menores médias.

Assim, o sombreamento induziu as mudas a alocarem a maior parte dos seus recursos metabólicos para crescer em altura, em busca de maior luminosidade, sendo os níveis com mais sombra o que resultaram em maior altura, sendo obtidos baixos valores em mudas a pleno sol. Em condições de alta irradiância, a auxina tem sua produção e transporte para região meristemática limitados, o que leva a formação de entrenós curtos (FIORUCCI e FANKHAUSER, 2017), influenciando na produção de mudas menores, como as cultivadas em pleno sol (Figura 5A).

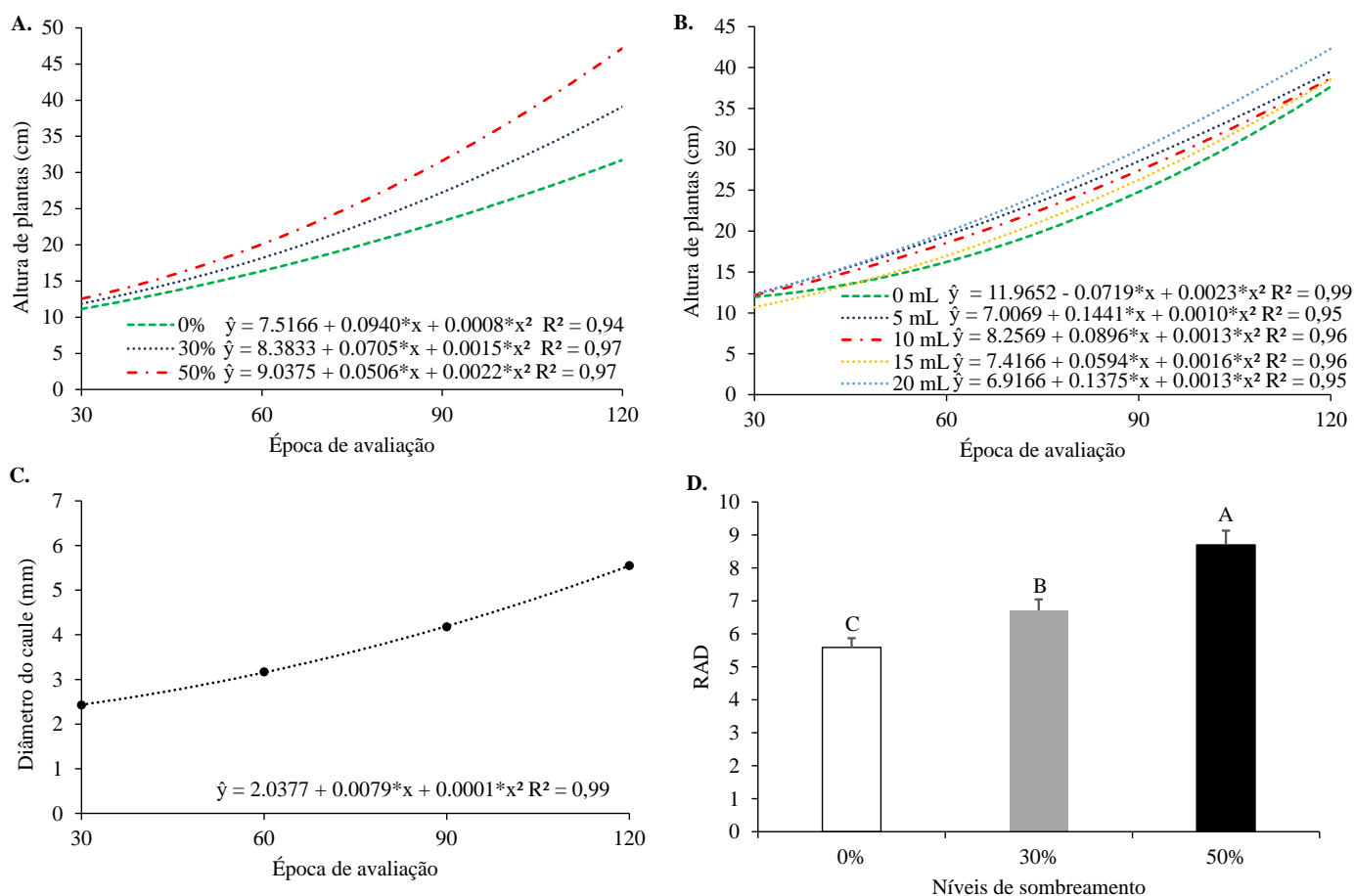


Figura 5. Altura de plantas (A e B), diâmetro do caule (C), e relação altura/diâmetro – RAD (D) em mudas de *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub., produzidas sob diferentes níveis de sombreamento, doses de K_2SiO_3 . Letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

Esses resultados corroboram com os resultados obtidos por Silveira et al. (2020) que ao avaliarem o desenvolvimento do *Anadenanthera macrocarpa* sob diferentes níveis de sombreamento, os autores observaram maior crescimento em altura de plantas sob ambientes mais sombreados, enquanto plantas cultivadas a pleno sol apresentaram os menores crescimentos. Resultados semelhantes também foi encontrado

por Pinho (2021), que avaliando o desenvolvimento inicial de *Anadenanthera colubrina* sob diferentes níveis de sombreamento, constatou que o ambiente com 50% de sombreamento proporcionou plantas com maiores médias em altura, do que em plantas cultivadas a pleno sol.

A altura da planta é uma das variáveis indicativas do desenvolvimento das mudas quando submetidas a diferentes condições de sombreamento, visto que algumas espécies apresentam estiolamento excessivo quando conseguem crescer sob alto nível de sombreamento, porém, não sendo uma vantagem, pois as mudas tem maiores chances de tombamento a campo (SANTOS et al., 2020).

As doses de K_2SiO_3 exerceram efeito na altura de plantas, sendo que aos 120 DAA foi observada maior incremento em altura na dose de 20 mL (K_2SiO_3) de 41,17 cm e menor para o tratamento controle de 37,19 cm (Figura 5B), mostrando o efeito benéfico da adição do K_2SiO_3 . As observações diferiram do trabalho de Carvalho Filho (2017), que ao avaliar a influência do K_2SiO_3 na aclimação de mudas de *Coffea arabica* L. não observaram efeito da adição das doses na altura das mudas.

Para o DC, não foi observado efeito das doses de K_2SiO_3 , como no trabalho de Cavalcanti Filho (2017) em mudas de *Coffea arabica* L., mostrando que as doses não interferiram diretamente no aumento do diâmetro do caule das mudas.

O fator tempo, para DC foi o único que influenciou no aumento em diâmetro das mudas de *P. dubium*, sendo o que aos 120 DAA o valor médio de DC foi de 5,55 cm (Figura 5C), não acompanhando o crescimento em altura das mudas. O incremento de DC deve acompanhar a altura das mudas, para que não ocorra o aspecto característico de estiolamento nas mudas. As plantas sob condições de sombra como um mecanismo de escape à intensa luminosidade crescem em altura às custas do diâmetro do caule como forma de maximizar a aquisição de luz (PINHO, 2021).

A relação altura/diâmetro (RAD), apresenta a mesma tendência de resposta de AP em relação aos níveis de sombreamento. O valor de RAD também foi maior sob 50% de sombreamento (Figura 5D). Essa relação indica a robustez e/ou vigor das mudas que serão levadas a campo, e quanto mais equilibrada essa relação, maiores as chances de sobrevivência (PADILHA et al., 2018). Os valores em mudas cultivadas em 50% de sombreamento evidenciaram a presença de estiolamento (Apêndice K), não demonstrando distribuição equilibrada dos fotoassimilados. Essas mudas, provavelmente, a campo enfrentariam dificuldades no desenvolvimento, e para critérios de um povoamento florestal homogêneo, não seriam indicadas para expedição a campo.

O crescimento da planta depende do seu grau de adaptabilidade ao tipo de ambiente (SOUZA et al., 2019). As mudas de canafístula adaptaram-se em 50% de sombreamento, porém não houve o acompanhamento equilibrado do diâmetro do caule das mudas. Assim, o sombreamento induziu as mudas a alocarem uma maior parte de seus recursos metabólicos para crescerem em altura, por meio do alongamento dos entrenós, em busca de maior luminosidade.

Para altura de plantas, houve efeito estatístico significativo da interação tripla, e aos 30 DAA e 60 DAA foi observado efeito positivo da época de avaliação nos sombreamentos de 30% e 50%, na dose de 20 mL de K_2SiO_3 (Figura 6 B e C). Aos 90 DAA foi observado efeito positivo das doses de 15 mL e 20 mL de K_2SiO_3 e para o controle nos sombreamentos de 30 e 50%, e na dose de 5 mL e 10 mL de K_2SiO_3 , apenas para o sombreamento de 50% (Figura 6 B e C). Aos 120 DAA os melhores resultados foram nos sombreamentos de 30% e 50% para o controle. Da dose de 5mL e 10 mL e 15 mL de K_2SiO_3 o sombreamento de 50% foi o melhor com valor médio de 48,83 cm e 47,33 cm e 45,08 cm, respectivamente. Na dose de 20 mL de K_2SiO_3 aos 120 DAA foi observado efeito para o sombreamento de 30% e 50%, sendo o que de 50% apesrou os maiores valores, porém não diferindo dos 30%.

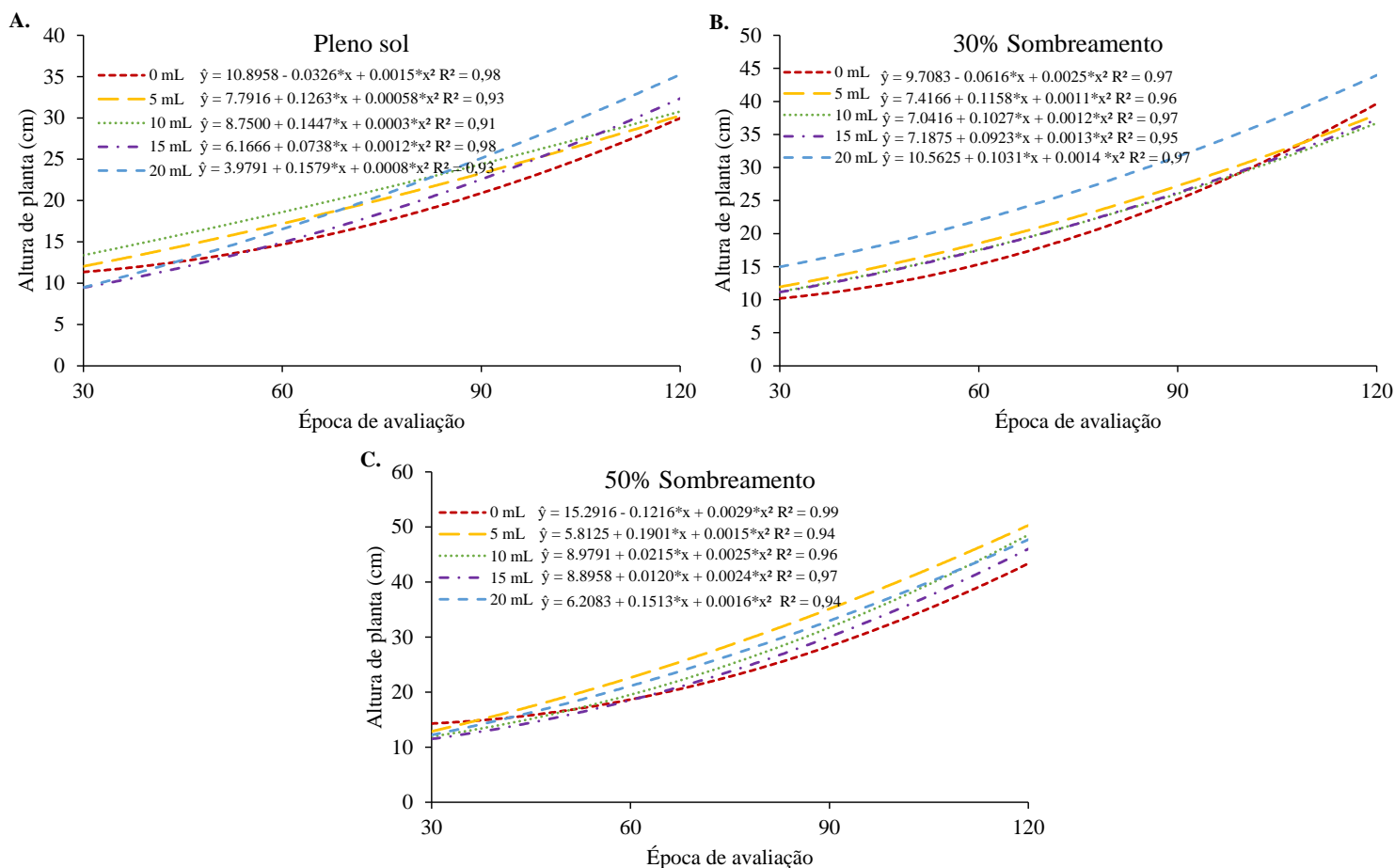


Figura 6. Efeito da interação tripla para altura de plantas – AP de mudas de *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub., cultivadas em diferentes níveis de sombreamento: pleno sol (A); 30% de sombreamento (B) e 50% de sombreamento (C), e doses de K_2SiO_3 , em função de épocas de avaliação. Dourados-MS, UFGD, 2021.

A produção de biomassa foi influenciada pelo efeito isolado dos níveis de sombreamentos para MFPA, MFR, MSR e MST (Apêndice L). Para a biomassa fresca MFPA os maiores valores médios foram em condições de 30% e 50% de sombreamento (Figura 7A). A MFR apresentou maior valor médio em 30% de sombreamento (Figura 7C). Para as biomassas secas MSR e MST, ambas apresentaram os maiores valores médios em condições de pleno sol e 30% de sombra (Figuras 8 C e D).

A MFPA, MSPA sofreram efeito das doses de K_2SiO_3 , sendo os maiores valores médios de g/planta nas mudas com 20 mL de K_2SiO_3 , para ambas variáveis (Figura 7B e 8B). De acordo com esses resultados, mudas adubadas com silicato de potássio tiveram maior acúmulo de biomassa fresca e seca da parte aérea.

O silício contribui para que as folhas das plantas fiquem mais eretas e rígidas (TUBANA et al., 2016; LIMA et al., 2019), o que favorece em maior interceptação solar, refletindo em maior produção de fotoassimilados, incremento de folhas e produção de biomassa (SANTOS et al., 2022).

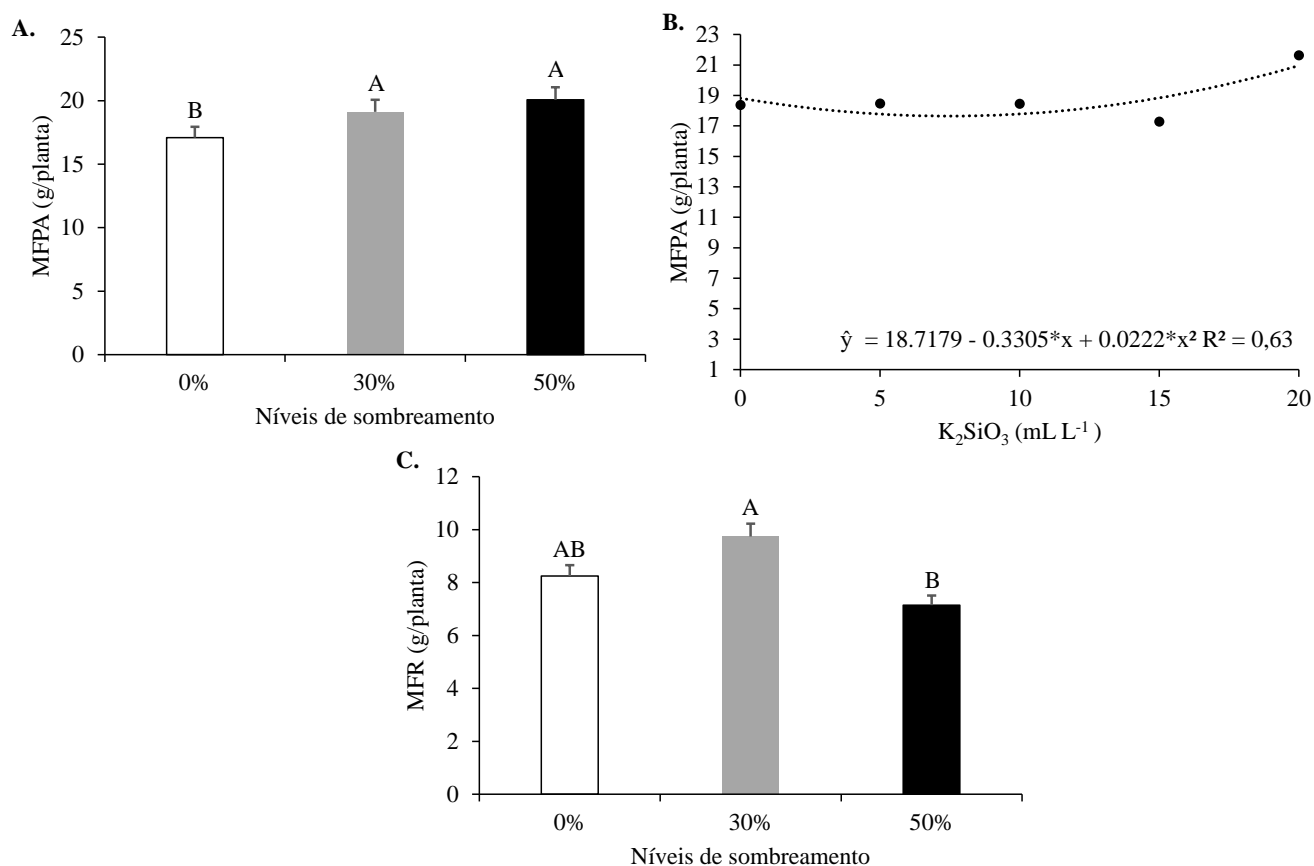


Figura 7. Massa fresca da parte aérea - MFPA (A, B) e massa fresca da raiz – MFR (C) em mudas de *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub., submetidas a diferentes disponibilidades luminosas e doses de K_2SiO_3 . Letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Dourados-MS, UFGD, 2021.

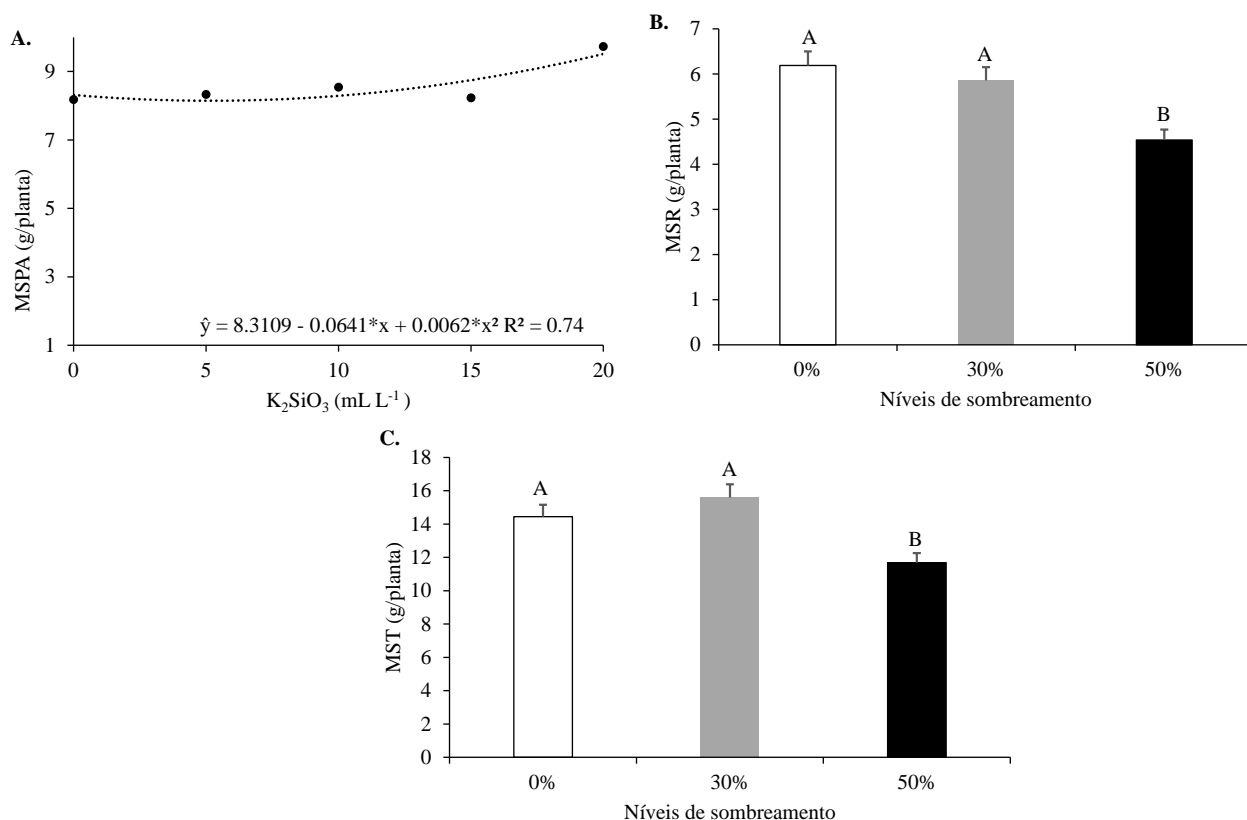


Figura 8. Massa seca da parte aérea - MSPA (A); massa seca da raiz – MSR (B) e massa seca total – MST (C) em mudas de *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub., submetidas a diferentes disponibilidades luminosas. Letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Dourados-MS, UFGD, 2021.

O IQD foi influenciado pelo sombreamento, apresentando valores médios de 2,12 e 1,92 para pleno sol e 30% de sombreamento, respectivamente, não diferindo estatisticamente entre si. O menor valor foi de 1,13 em mudas sob 50% de sombra (Figura 9A). O IQD é usado como indicador da qualidade de mudas (MEDEIROS et al., 2018) e quanto maior o seu valor, maiores as chances de sobrevivência das mudas no campo após a expedição (SANTOS et al., 2020). Assim, mudas produzidas sob 50% de sombreamento apresentaram menor qualidade, indicando provavelmente baixo potencial de sobrevivência a campo, não sendo recomendado o cultivo nessa condição.

Para a variável RPAR o maior valor foi em 50% sombreamento (Figura 9B). Santos et al. (2019) em mudas de *Enterolobium contortisiliquum* sob diferentes níveis de sombreamento também observaram maior valor de RPAR em mudas cultivadas em maiores níveis de sombreamento (50% e 70%).

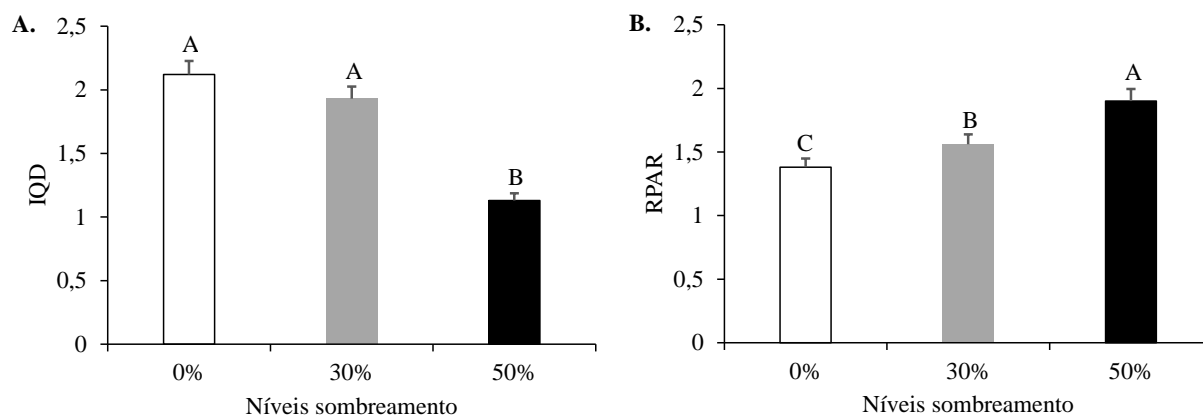


Figura 9. Relação parte aérea/raiz - RPAR (A) e Índice de qualidade – IQD (B) em mudas de *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub., cultivadas sob diferentes disponibilidades luminosas. Letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Dourados-MS, UFGD, 2021.

De maneira geral, as mudas de *P. dubium* cultivadas sem sombreamento apresentam maior potencial de sobrevivência a campo, sendo ambientes sombreados considerados estressantes. A espécie também foi pouco responsiva as doses testadas de SiO_2 e K_2SiO_3 , sendo necessário novos estudos com a espécie, uma vez que na literatura são poucas as informações e especificidades sobre doses de bioestimulantes em espécies arbóreas e frutíferas.

4 CONCLUSÃO

1. Mudanças de *Peltophorum dubium* produzidas em ambiente com 50% de sombreamento perderam qualidade nas condições experimentais;
2. As doses de silício proporcionam crescimento em diâmetro das mudas quando associada ao sombreamento;
3. A dose de 20 mL de silicato de potássio contribuiu no crescimento e na produção de biomassa da parte aérea das mudas cultivadas a 30% e 50% de sombreamento.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AJALLA, A. C. A.; VOLPE, E.; VIEIRA, M. C.; ZÁRATE, N. A. H. Production of baru (*Dipteryx alata* Vog.) seedlings under three levels of shading and four textural classes of soil. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 34, n. 3, p. 888-896, 2012.

ARAÚJO, L. F. B.; SCALON, S.; DRESCH, D. M.; JUNGLOS, F. S.; MUSSURY, R. M.; JUNGLOS, M. S. Water deficit alters morpho-anatomical and antioxidant responses in seedlings of *Campomanesia xanthocarpa* enabling their recovery. *International Journal of Agriculture and Biology*, v. 24, n. 6, p. 1431-1438, 2020.

BUDIASTUTI, M. T. S.; PURNOMO, D.; SUPRIYONO, S.; PUJIASMANTO, B.; SETYANINGRUM, D. Effects of light intensity and co-inoculation of arbuscular mycorrhizal fungi and rhizobium on root growth and nodulation of *Indigofera tinctoria*. *Journal of Soil Science and Agroclimatology*, v. 17, n. 2, p. 94-99, 2020.

CAMPOS, M. A. A.; UCHIDA, T. Influência do sombreamento no crescimento de mudas de três espécies amazônicas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 37, n. 3, p. 281-288, 2002.

CAVALCANTI FILHO, P. F. M. **Silicato de potássio na aclimação de mudas de *Coffea arabica* L.** 2017. 66 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes-RJ.

DAVIDE, A. C.; SILVA, E. A. **Produção de sementes e mudas de espécies florestais.** 1.ed. Lavras: UFLA, 2008.

DICKSON, A.; LEAF, A. L.; HOSNER, J. F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. *The Forestry Chronicle*, v. 36, n. 1, p. 10-13, 1960.

DUARTE, F. D.; FELIPE, B. G.; SIMONE, Y. F.; SOUZA, B. O.; MORAIS, G. A. Biometria e potencial germinativo em sementes de *Peltophorum dubium* (Sprengel) Taub. – Fabaceae. *Reaserch, Society and Development*, v. 10, n. 13, 2021.

FERREIRA, D. F. SISVAR: A COMPUTER ANALYSIS SYSTEM TO FIXED EFFECTS SPLIT PLOT TYPE DESIGNS: Sisvar. *Brazilian Journal of Biometrics*, [S. l.], v. 37, n. 4, p. 529-535, 2019.

FIETZ, C. R.; FISCH, G. F.; COMUNELLO, E.; FLUMIGNAN, D. F. **Documentos 138: o clima da região de Dourados, MS.** 3.ed. Dourados: Embrapa Agropecuário Oeste, 2017.

GARCIA, D. O.; SEIFERT, K.; CHASSOT, T. Sombreamento e recipiente no desenvolvimento inicial de mudas de pata de vaca e canafístula. In: OLIVEIRA, R. J. **Silvicultura e manejo florestal: técnicas de utilização e conservação da natureza.** São Paulo: Editora Científica Digital, 2021. p. 401-413.

GROSSNICKLE, S. C.; MACDONADL, J. E. Seedling Quality: History, Application, and Plant Attributes. *Forests*, v. 9, p. 283, 2018.

LARRABURU, E. E.; CORREA, G. S.; LLORENTE, B. E. In vitro development of yellow lapacho (Bignoniaceae) using high-power light emitting diode. *Revista Árvore*, v. 42, n. 5, p. 1-12, 2018.

LIMA, D. T.; SAMPAIO, M. V.; ALBUQUERQUE, C. J. B.; PEREIRA, H.; MARTINS, W. G. Acúmulo de silício e seu efeito sobre características agrícolas e incidência de antracnose sorgo lignocelulósico. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 49, p. e54201, 2019.

LORENZI, H. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 8.ed. Nova Odessa: Plantarum, 2020. 384p.

MEDEIROS, M. D. B. C. L.; JESUS, H. I.; SANTOS, N. F. A.; MELO, M. R. S.; SOUZA, V. Q.; BORGES, L. S.; GUERREIRO, A. C.; FREITAS, L. S. Índice de qualidade de Dickson e característica morfológica de mudas de pepino, produzidas em diferentes substratos alternativos. *Revista Agroecossistemas*, v. 10, n. 1, p. 159-173, 2018.

MELOTTO, A. M.; LAURA, V. A.; BUNGENSTAB, D. J.; FERREIRA, A. D. Espécies florestais em sistemas de produção em integração. In: BUNGENSTAB, D. J.; ALMEIDA, R. G.; LAURA, V. A.; BALBINO, L. C.; FERREIRA, A. D. **ILPF: inovação com integração de lavoura, pecuária e floresta.** Embrapa: Brasília, 2019. p.429-454.

MONTIBELLER, B.; KMOCH, A.; VIRRO, H.; MANDER, Ü.; UUEMAA, E. Increasing fragmentation of forest cover in Brazil's Legal Amazon from 2001 to 2017. *Scientificreports*, v. 10, n. 1, p. 1-13, 2020.

OLIVEIRA, T. J. F.; BARROSO, D. G.; ANDRADE, A. G.; FREITAS, I. L. J.; AMIM, R. T. Banco de sementes do solo para uso na recuperação de matas ciliares degradadas na região noroeste fluminense. *Ciência Florestal*, v. 28, n. 1, p. 206-217, 2018.

PAULA, E. H. L.; PAULINO, L. R. **Estresse luminoso e silício em *Alibertia edulis*: processos fotoquímicos e crescimento de mudas.** 2020. 32 f. Graduação (Agronomia) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados-MS.

PETROVA, M. N; PAUNOV, S.; STOICHEV, S.; TODINOVA, S. G.; TANEVA, V.; GOLTSEV, S.; KRUMOVA, S. Thylakoid membrane reorganization, induced by growth light intensity, affects the plants susceptibility to drought stress. *Photosynthetica*, v. 58, n. suplemento especial, p. 369-378, 2020.

PINHO, L. L. **Desenvolvimento inicial de mudas de *Anadenanthera colubrina* sob diferentes níveis de sombreamento e salinidade da água de irrigação.** 2021. 87 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-CE.

SANTOS, C. C.; JORGE, H. P. G.; DIAS, L. G. F.; VIEIRA, M. C. Shading levels and substrates affect morphophysiological responses and quality of *Anadenanthera peregrina* (L.) Speg seedlings. *Floresta e Ambiente*, v. 27, n. 2, p. 1-9, 2020.

SANTOS, L. M.; SOUZA, R. M.; FONSECA, E. F.; PEREIRA, P. G.; SOUZA, P. B. níveis de sombreamento na emergência e desenvolvimento inicial de mudas de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong. *Scientia Agraria Paranaensis*, v. 18, n. 2, p. 139-145, 2019.

SILVA, K. M. R.; MELO, B. M.; CARDOSO, J. L. M. S.; CUNHA, J. N. B.; CORDEIRO, T. O.; CAMPESATTO, E. A.; ANDRADE, A. P. O.; NUNES, G. F.; SILVA, A. M.; FERREIRA, A. M. C. Evaluation of the antimicrobial activity of essential oil and parts fractions obtained from the species *Peltophorum dubium* and *Combretum leprosum*. *Research, Society and Development*, v. 11, n. 10, p. e36111023450, 2022.

SILVA, W. D. S.; SOARES, A. E. S.; ALMEIDA, M. H. V.; ALVES, W. W. A. Fitomassa seca e índice de qualidade de mudas de açaí sob a reposição da evapotranspiração de referência e adubação silicatada. *Centro Científico Conhecer*, v. 5, n. 9, p. 244, 2018.

SILVEIRA, G. V. S.; HOLANDA, A. C.; ALVES, A. R.; SILVA, F. D. S.; OLIVEIRA, J. L. R. Development of *Tabebuia aurea* and *Anadenanthera macrocarpa* under different levels of shading. *Revista Engenharia na Agricultura*. v. 28, p. 357-363, 2020.

TUBANA, B. S.; BABU, T.; DATNOFF, L. E. Uma revisão do silício em solos e plantas e seu papel na agricultura dos EUA. *Ciência do Solo*, v.181, n. 9, p. 393-411, 2016.

VERMA, K.K.; SINGH, P.; SONG, X.P.; MALVIYA, M.K.; SINGH, R.K.; CHEN, G.L.; SOLOMON, S.; LI, Y.R. Mitigating climate change for sugarcane improvement: Role of silicon in alleviating abiotic stresses. *Sugar Tech*, v. 22, n. 5, p. 741-749, 2020.

6 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Mudas de *P. dubium* cultivadas a pleno sol apresentam maior potencial de sobrevivência a campo.

A inoculação do FMA *R. clarum* estimulou o crescimento das mudas de canafístula sob sombreamento.

A espécie mostrou-se pouco responsiva as doses testadas de *A. nodosum*, SiO_2 e K_2SiO_3 , indicando a necessidade de novos estudos que utilizem doses diferentes, número de aplicações e tempo de viveiro. A utilização de algas marinhas é algo novo, sendo necessária mais pesquisas para explorar sua aplicação e manejo, bem como do uso de bioestimulantes silício e silicato de potássio para arbóreas.

7 APÊNDICES

APÊNDICE A. Atributos químicos do solo após aplicação das doses de extrato de *Ascophyllum nodosum* (0, 2,5, 5, 7,5 e 10 ml L⁻¹) e inoculação de FMA, aos 130 dias após o transplântio (DAT). UFGD, Dourados – MS. 2021.

| | P(mehl) g/dm³ | Ca -----cmol/dm³----- | G | K | Al | Al+H | M.O g/dm³ | pH CaCl₂ | V % |
|----------------------|---|---|----------|----------|-----------|-------------|---------------------------------------|--------------------------------------|----------------------|
| 0 mL - 0% | 2,6 | 2,51 | 1,82 | 0,05 | 0,00 | 1,35 | 8,33 | 6,4 | 76,44 |
| 2,5 mL - 0% | 3,8 | 1,96 | 1,73 | 0,05 | 0,00 | 1,71 | 6,80 | 5,6 | 68,62 |
| 5 mL- 0% | 4,1 | 1,83 | 1,57 | 0,04 | 0,00 | 1,65 | 6,37 | 6,3 | 67,58 |
| 7,5 mL- 0% | 22,6 | 2,44 | 1,68 | 0,07 | 0,00 | 1,76 | 11,80 | 5,8 | 70,42 |
| 10 mL- 0% | 7,3 | 2,74 | 1,83 | 0,04 | 0,00 | 1,22 | 8,98 | 6,6 | 79,07 |
| FMA 0% | 2,0 | 1,86 | 1,64 | 0,04 | 0,00 | 1,60 | 5,93 | 5,9 | 68,87 |
| Controle - 0% | 10,3 | 2,29 | 1,35 | 0,05 | 0,00 | 1,67 | 10,07 | 6,5 | 68,84 |
| 0 mL - 30% | 8,1 | 2,32 | 1,41 | 0,05 | 0,00 | 1,67 | 9,41 | 6,0 | 69,36 |
| 2,5 mL - 30% | 5,0 | 2,30 | 1,62 | 0,05 | 0,00 | 1,35 | 8,11 | 6,6 | 74,62 |
| 5 mL- 30% | 9,9 | 2,44 | 1,53 | 0,05 | 0,00 | 1,58 | 9,41 | 6,0 | 71,79 |
| 7,5 mL- 30% | 10,1 | 2,36 | 1,42 | 0,05 | 0,00 | 1,82 | 11,15 | 6,5 | 67,79 |
| 10 mL- 30% | 16,9 | 2,76 | 1,59 | 0,07 | 0,00 | 1,42 | 10,93 | 6,2 | 75,68 |
| FMA - 30% | 8,1 | 2,38 | 1,66 | 0,05 | 0,00 | 1,69 | 7,89 | 6,4 | 70,76 |
| Controle-30% | 13,5 | 2,69 | 1,37 | 0,07 | 0,00 | 1,60 | 10,07 | 6,2 | 72,08 |
| 0 mL - 50% | 5,8 | 2,42 | 1,54 | 0,05 | 0,00 | 1,37 | 8,33 | 6,6 | 74,54 |
| 2,5 mL - 50% | 5,2 | 2,60 | 1,46 | 0,05 | 0,00 | 1,53 | 8,98 | 6,2 | 72,87 |
| 5 mL- 50% | 12,4 | 2,54 | 1,53 | 0,07 | 0,00 | 1,69 | 10,39 | 6,6 | 70,51 |
| 7,5 mL- 50% | 6,4 | 2,02 | 1,30 | 0,05 | 0,00 | 1,76 | 9,63 | 6,2 | 65,69 |
| 10 mL- 50% | 1,5 | 2,23 | 1,50 | 0,04 | 0,00 | 1,42 | 8,33 | 6,7 | 72,64 |
| FMA -50% | 5,7 | 2,03 | 1,50 | 0,03 | 0,00 | 1,63 | 6,59 | 6,2 | 68,59 |
| Controle-50% | 12,0 | 3,05 | 2,20 | 0,05 | 0,00 | 1,29 | 10,07 | 6,2 | 80,42 |

APÊNDICE B. Análise de variância (ANOVA). Valores do quadrado médio de altura de plantas e diâmetro do caule de mudas de *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub., submetidas a diferentes níveis de sombreamento e a inoculação com fungo micorrizico arbuscular.

| FV | Altura de plantas | Diâmetro do caule |
|--------------------------|---------------------|---------------------|
| Sombreamento (S) | 4.795* | 0.477 ^{ns} |
| FMA | 13.34** | 14.126** |
| S x FMA | 19.937** | 4.166* |
| Época (E) | 88.455** | 99.5293** |
| Interação E x S | 1.880 ^{ns} | 3.834** |
| Interação E x FMA | 3.803** | 10.220** |
| E x S x FMA | 2.844 ^{ns} | 0.645 ^{ns} |
| CV% | 15.52 | 15.29 |

*- significativo a 95% de probabilidade ($p < 0,05$); **- significativo a 99% de probabilidade ($p < 0,01$); ns- não significativo

APÊNDICE C. Análise de variância (ANOVA). Valores do quadrado médio de massa fresca de parte aérea (MFPA), massa fresca de raiz (MFR), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR), massa seca total (MST), relação parte aérea/raiz (RPAR); relação altura/diâmetro (RAD) e índice de qualidade de Dickson (IQD) de mudas *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub., submetidas a diferentes níveis de sombreamento e à inoculação de fungo micorrízico arbuscular (FMA).

| FV | MFPA | MFR | MSPA | MSR | MST | RPAR | RAD | IQD |
|--------------------------|---------------------|----------|---------------------|----------|----------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Sombreamento (S) | 1.251 ^{ns} | 16.473** | 3.233 ^{ns} | 37.769** | 6.498** | 57.905** | 3.857* | 12.529** |
| FMA | 18.254** | 28.189** | 13.360** | 19.387** | 17.713** | 3.149 ^{ns} | 3.498 ^{ns} | 14.818** |
| Interação S x FMA | 7.854** | 7.495** | 5.065* | 5.898** | 6.086** | 8.471** | 2.259 ^{ns} | 1.081 ^{ns} |
| CV % | 20.61 | 22.11 | 24.05 | 17.45 | 19.72 | 22.05 | 15.26 | 27.33 |

*- significativo a 95% de probabilidade ($p < 0,05$); **- significativo a 99% de probabilidade ($p < 0,01$); ns- não significativo

APENDICE D. Análise de variância (ANOVA). Valores do quadrado médio de altura de plantas e diâmetro do caule de mudas de *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub., submetidas a diferentes níveis de sombreamento e doses de Ean.

| FV | Altura de plantas | Diâmetro do caule |
|----------------------------|-------------------|-------------------|
| Sombreamento (S) | 4.192* | 1.740ns |
| Doses de Ean (D) | 1.174ns | 0.631ns |
| S x D | 2.115* | 0.694ns |
| Época (E) | 175.250** | 147.711** |
| Interação E x S | 9.897** | 6.525** |
| Interação E x D | 0.324ns | 1.358ns |
| Interação E x S x D | 0.527ns | 1.201ns |
| CV % | 14.38 | 16.25 |

*- significativo a 95% de probabilidade ($p < 0,05$); **- significativo a 99% de probabilidade ($p < 0,01$); ns- não significativo

APÊNDICE E. Análise de variância (ANOVA). Valores do quadrado médio de massa fresca de parte aérea (MFPA), massa fresca de raiz (MFR), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR), massa seca total (MST), relação parte aérea/raiz (RPAR); relação altura/diâmetro (RAD) e índice de qualidade de Dickson (IQD) de mudas *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub., submetidas a diferentes níveis de sombreamento e doses *Ascophyllum nodosum* L. (EAn).

| FV | MFPA | MFR | MSPA | MSR | MST | RPAR | RAD | IQD |
|-------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Sombreamento (S) | 6.591** | 4.970** | 9.046** | 2.441 ^{ns} | 5.915** | 3.645** | 3.637* | 6.511** |
| Doses EAn | 0.648 ^{ns} | 1.545 ^{ns} | 0.840 ^{ns} | 1.654 ^{ns} | 1.196 ^{ns} | 1.784 ^{ns} | 4.014** | 2.164 ^{ns} |
| Interação S x D | 0.525 ^{ns} | 1.047 ^{ns} | 0.617 ^{ns} | 0.937 ^{ns} | 0.702 ^{ns} | 2.065 ^{ns} | 1.874 ^{ns} | 0.730 ^{ns} |
| CV % | 30.37 | 27.51 | 25.08 | 24.70 | 23.32 | 29.18 | 14.01 | 30.78 |

*- significativo a 95% de probabilidade ($p < 0,05$); **- significativo a 99% de probabilidade ($p < 0,01$); ns- não significativo

APÊNDICE F. Atributos químicos do solo após aplicação das doses óxido de silício (SiO_2) (0, 1, 2, 4 e 6 g L^{-1}) aos 130 dias após o transplântio (DAT). UFGD, Dourados – MS. 2021.

| | P(mehl) g/dm ³ | Ca | Mg | K | Al | Al+H | M.O g/dm ³ | pH CaCl ₂ | V % |
|-----------|-------------------------------------|---------------------------------|-----------|----------|-----------|-------------|---------------------------------|--------------------------------|---------------|
| | | -----cmol/dm ³ ----- | | | | | | | |
| 0 g - 0% | 7,7 | 2,14 | 1,91 | 0,04 | 0,00 | 1,47 | 6,15 | 5,8 | 73,56 |
| 1 g - 0% | 10,8 | 2,21 | 1,91 | 0,04 | 0,00 | 1,44 | 6,59 | 6,4 | 74,29 |
| 2 g - 0% | 7,5 | 1,65 | 1,37 | 0,04 | 0,00 | 1,57 | 5,93 | 5,9 | 66,09 |
| 4 g - 0% | 11,9 | 1,76 | 1,46 | 0,04 | 0,00 | 1,57 | 6,15 | 6,4 | 67,49 |
| 6 g - 0% | 8,6 | 2,13 | 1,79 | 0,04 | 0,00 | 1,38 | 6,15 | 6,1 | 74,16 |
| 0 g - 30% | 9,9 | 1,07 | 1,80 | 0,04 | 0,00 | 1,39 | 6,80 | 6,6 | 73,77 |
| 1 g - 30% | 16,0 | 2,15 | 1,68 | 0,05 | 0,00 | 1,49 | 8,98 | 6,1 | 72,25 |
| 2 g - 30% | 6,3 | 2,15 | 1,67 | 0,04 | 0,00 | 1,39 | 6,37 | 6,8 | 73,52 |
| 4 g - 30% | 11,2 | 2,40 | 1,84 | 0,05 | 0,00 | 1,39 | 7,02 | 6,2 | 75,53 |
| 6 g - 30% | 11,4 | 2,30 | 1,75 | 0,05 | 0,00 | 1,41 | 7,02 | 6,8 | 74,41 |
| 0 g - 50% | 12,9 | 1,96 | 1,48 | 0,04 | 0,00 | 1,63 | 8,11 | 6,2 | 68,10 |
| 1 g - 50% | 3,3 | 2,09 | 1,43 | 0,03 | 0,00 | 1,52 | 5,72 | 6,8 | 70,02 |
| 2 g - 50% | 6,4 | 1,99 | 1,44 | 0,04 | 0,00 | 1,65 | 6,15 | 6,2 | 67,77 |
| 4 g - 50% | 12,7 | 2,36 | 1,58 | 0,06 | 0,00 | 1,53 | 8,11 | 6,8 | 72,33 |
| 6 g - 50% | 10,4 | 1,79 | 1,38 | 0,04 | 0,00 | 1,65 | 6,80 | 6,2 | 66,05 |

APÊNDICE G. Atributos químicos do solo após aplicação das doses de silicato de potássio (K_2SiO_3) (0, 5, 15, 10 e 20 mL L⁻¹) aos 130 dias após o transplântio (DAT). UFGD, Dourados – MS. 2021.

| | P(mehl) mg/dm ³ | Ca | Mg | K | Al | Al+H | M.O g/dm ³ | pH CaCl ₂ | V % |
|-------------|--------------------------------------|---------------------------------|-----------|----------|-----------|-------------|---------------------------------|--------------------------------|---------------|
| | | -----cmol/dm ³ ----- | | | | | | | |
| 0 mL - 0% | 16,5 | 4,77 | 1,49 | 0,59 | 0,00 | 2,18 | 17,46 | 6,3 | 75,86 |
| 5 mL - 0% | 36,3 | 5,82 | 1,67 | 0,67 | 0,00 | 2,27 | 19,41 | 6,1 | 78,24 |
| 10 mL - 0% | 19,6 | 4,32 | 1,37 | 0,59 | 0,00 | 2,11 | 15,72 | 6,3 | 74,85 |
| 15 mL 0% | 43,7 | 5,26 | 1,48 | 0,61 | 0,00 | 2,15 | 17,02 | 6,1 | 77,37 |
| 20 mL- 0% | 17,4 | 4,15 | 1,36 | 0,61 | 0,00 | 2,13 | 15,93 | 6,2 | 74,18 |
| 0 mL - 30% | 31,6 | 4,56 | 1,33 | 0,56 | 0,00 | 2,04 | 16,15 | 6,1 | 75,97 |
| 5 mL - 30% | 28,1 | 4,40 | 1,21 | 0,45 | 0,00 | 1,96 | 14,85 | 6,3 | 75,56 |
| 10 mL - 30% | 20,5 | 5,39 | 1,59 | 0,71 | 0,00 | 2,22 | 18,33 | 6,1 | 77,60 |
| 15 mL- 30% | 23,4 | 4,07 | 1,28 | 0,55 | 0,00 | 1,94 | 13,98 | 6,3 | 75,26 |
| 20 mL- 30% | 24,2 | 5,02 | 1,55 | 0,65 | 0,00 | 2,22 | 17,24 | 6,1 | 76,48 |
| 0 mL - 50% | 23,1 | 3,80 | 1,18 | 0,45 | 0,00 | 1,86 | 14,46 | 6,3 | 74,49 |
| 5 mL - 50% | 33,9 | 5,51 | 1,58 | 0,69 | 0,00 | 2,15 | 20,72 | 6,1 | 78,35 |
| 10 mL - 50% | 18,9 | 5,25 | 1,58 | 0,66 | 0,00 | 2,13 | 23,76 | 6,3 | 77,86 |
| 15 mL- 50% | 25,8 | 5,32 | 1,66 | 0,66 | 0,00 | 2,20 | 19,85 | 6,1 | 77,64 |
| 20 mL- 50% | 30,0 | 5,55 | 1,60 | 0,70 | 0,00 | 2,20 | 18,33 | 6,3 | 78,11 |

APÊNDICE H. Análise de variância (ANOVA). Valores do quadrado médio de altura de plantas e diâmetro do caule de mudas de *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub., submetidas a diferentes níveis de sombreamento e doses de óxido de silício (SiO₂).

| FV | Altura de plantas | Diâmetro do caule |
|-----------------------------|---------------------|---------------------|
| Sombreamento (S) | 16.776** | 4.068* |
| Doses de Silício (D) | 0.521 ^{ns} | 0.481 ^{ns} |
| S x D | 1.800 ^{ns} | 1.372 ^{ns} |
| Época (E) | 714.909** | 921.820** |
| Interação E x S | 17.560** | 15.285** |
| Interação E x D | 0.779 ^{ns} | 0.967 ^{ns} |
| Interação E x S x D | 1.105 ^{ns} | 1.805* |
| CV % | 7.18 | 8.27 |

*- significativo a 95% de probabilidade ($p < 0,05$); **- significativo a 99% de probabilidade ($p < 0,01$);
ns- não significativo

APÊNDICE I. Análise de variância (ANOVA). Valores do quadrado médio de massa fresca de parte aérea (MFPA), massa fresca de raiz (MFR), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR), massa seca total (MST), relação parte aérea/raiz (RPAR); relação altura/diâmetro (RAD) e índice de qualidade de Dickson (IQD) de mudas *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub., submetidas a diferentes níveis de sombreamento e doses de silício (SiO₂).

| FV | MFPA | MFR | MSPA | MSR | MST | RPAR | RAD | IQD |
|------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Sombreamento (S) | 76.121** | 4.417* | 69.674** | 10.196** | 38.849** | 21.257** | 0.286 ^{ns} | 15.550** |
| Doses SiO₂ | 1.082 ^{ns} | 0.445 ^{ns} | 2.118 ^{ns} | 0.602 ^{ns} | 1.125 ^{ns} | 1.310 ^{ns} | 0.757 ^{ns} | 0.590 ^{ns} |
| Interação S x D | 1.951 ^{ns} | 0.796 ^{ns} | 2.841** | 1.025 ^{ns} | 1.965 ^{ns} | 0.785 ^{ns} | 1.260 ^{ns} | 1.221 ^{ns} |
| CV % | 26.17 | 40.75 | 22.15 | 30.29 | 24.00 | 19.59 | 13.58 | 33.53 |

*- significativo a 95% de probabilidade ($p < 0,05$); **- significativo a 99% de probabilidade ($p < 0,01$);
ns- não significativo

APÊNDICE J. Análise de variância (ANOVA). Valores do quadrado médio de altura de plantas e diâmetro do caule de mudas de *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub., submetidas a diferentes níveis de sombreamento e doses de silicato de potássio (K_2SiO_3).

| FV | Altura de plantas | Diâmetro do caule |
|-----------------------------|---------------------|---------------------|
| Sombreamento (S) | 50.962** | 1.969 ^{ns} |
| Doses de Silício (D) | 4.457** | 1.620 ^{ns} |
| S x D | 1.364 ^{ns} | 0.753 ^{ns} |
| Época (E) | 1799.452** | 766.130** |
| Interação E x S | 39.621** | 1.063 ^{ns} |
| Interação E x D | 2.998** | 1.103 ^{ns} |
| Interação E x S x D | 1.898** | 1.223 ^{ns} |
| CV % | 11.23 | 12.08 |

*- significativo a 95% de probabilidade ($p < 0,05$); **- significativo a 99% de probabilidade ($p < 0,01$); ns- não significativo



APÊNDICE K: Mudas de *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub., sub 0%, 30% e 50% de sombramentos.

APÊNDICE L. Análise de variância (ANOVA). Valores do quadrado médio de massa fresca de parte aérea (MFPA), massa fresca de raiz (MFR), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR), massa seca total (MST), relação parte aérea/raiz (RPAR); relação altura/diâmetro (RAD) e índice de qualidade de Dickson (IQD) de mudas *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub. submetidas a diferentes níveis de sombreamento e doses de silicato de potássio (K_2SiO_3).

| FV | MFPA | MFR | MSPA | MSR | MST | RPAR | RAD | IQD |
|------------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Sombreamento (S) | 7.820** | 8.731** | 1.897 ^{ns} | 14.813** | 9.557** | 37.010** | 102.400** | 25.934** |
| Doses K_2SiO_3 | 5.672** | 1.170 ^{ns} | 3.066* | 2.762* | 1.674 ^{ns} | 0.864 ^{ns} | 0.756 ^{ns} | 0.944 ^{ns} |
| Interação S x D | 0.805 ^{ns} | 1.020 ^{ns} | 0.556 ^{ns} | 0.653 ^{ns} | 0.794 ^{ns} | 1.557 ^{ns} | 1.418 ^{ns} | 0.970 ^{ns} |
| CV % | 15.89 | 28.82 | 18.25 | 22.48 | 25.66 | 14.67 | 12.21 | 32.89 |

*- significativo a 95% de probabilidade ($p < 0,05$); **- significativo a 99% de probabilidade ($p < 0,01$);
ns- não significativo