

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS

**FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES E RESÍDUOS ORGÂNICOS EM
MUDAS DE *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.**

GILMAR GABRIEL DE SOUZA

**DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL
2020**

FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES E RESÍDUOS ORGÂNICOS
EM MUDAS DE *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.

GILMAR GABRIEL DE SOUZA
Engenheiro Agrônomo

Orientadora: PROF^a. DR^a. SILVIA CORREA SANTOS

Dissertação 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 Mestre.

DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL
2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

S729f Souza, Gilmar Gabriel De
FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES E RESÍDUOS ORGÂNICOS EM MUDAS
DE *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub [recurso eletrônico] / Gilmar Gabriel De Souza. -- 2020.
Arquivo em formato pdf.

Orientadora: Silvia Correa Santos.

Coorientadora: Elaine Reis Pinheiro Lourente.

Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Universidade Federal da Grande Dourados, 2020.

Disponível no Repositório Institucional da UFGD em:

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

1. Adubação orgânica. 2. Fabaceae. 3. Micorrizas. 4. Simbiose. I. Santos, Silvia Correa. II. Lourente, Elaine Reis Pinheiro. III. 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.

**FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES E RESÍDUOS ORGÂNICOS
EM MUDAS DE *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.**

Por

Gilmar Gabriel de Souza

**Dissertação apresentada como parte dos requisitos exigidos para obtenção do
título de MESTRE EM AGRONOMIA.**

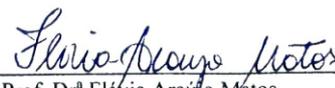
Aprovado em: 05/08/2020



Prof. Drª Sílvia Correa Santos
Orientadora – UFGD/FCA



Prof. Drª Tathiana Elisa Masetto
Membro Interno – UFGD/FCA



Prof. Drª Flávia Araújo Matos
Membro Externo – SENAR -MS

A esse poder supremo do universo que nos guia e motiva a ser melhores como profissionais e pessoas, buscando sempre realizar nossos sonhos.

Dedico

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pela vida e oportunidade a mim concedida de estar realizando mais esta fase.

À minha mãe Adalsiza Gabriel de Souza, pelo apoio dado nos momentos difíceis, e ao meu pai Jordelino Alves de Souza (*In Memoriam*).

À professora, orientadora desta dissertação, pelos ensinamentos passados, pela paciência, dedicação e empenho em todos os momentos, para que este trabalho fosse concluído com êxito.

À técnica de laboratório (UFGD) e super amiga Elda Barrios Azambuja por toda ajuda nos meus projetos de pesquisa durante toda a graduação, e na pós graduação, sempre disposta a colaborar.

Ao colega de pesquisa Luiz Guilherme (mestrando) pela total colaboração em todos os processos envolvidos nesta pesquisa, desenvolvendo um papel importantíssimo.

A colega de pesquisa Viviane Trovato (doutoranda) pela colaboração nas coletas e avaliações finais dos experimentos.

Ao mestre Maílson pela colaboração na realização de alguns pré-testes realizados durante a pesquisa.

À professora Elaine Pinheiro Lourente (UFGD), pela disponibilidade do uso do laboratório de microbiologia, materiais e disponibilizar o técnico.

Ao técnico do laboratório de Microbiologia (UFGD) Tiago Taira pela toda colaboração nas análises.

Ao professor Elias Medeiros (FACET - UFGD), pela super colaboração nas análises estatísticas.

Ao professor Mábio Silvan (UFGD), pela disponibilidade do uso do laboratório de Forragicultura e seus equipamentos.

A todos os professores do curso, que foram excepcionais, passando os conhecimentos, e por serem ótimos profissionais.

À Universidade Federal da Grande Dourados pela oportunidade de cursar o mestrado em suas dependências, sinto-me honrado.

À CAPES pela concessão da bolsa de estudos, foi de grande valia.

Meu muito obrigado a todos de coração!!!

O aprendiz é um mestre em formação.

(Fernanda Simões Rodrigues)

Sumário

LISTA DE TABELAS	1
LISTAS DE FIGURAS.....	4
1. INTRODUÇÃO	7
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	11
2.1 A Canafístula.....	11
2.2 Fungos micorrízicos	12
2.3 Resíduos orgânicos e substratos.....	14
3. OBJETIVOS GERAIS.....	15
4. MATERIAL E MÉTODOS	15
4.1 Avaliações	21
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	23
6. CONCLUSÕES	56
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	57

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Teores médios de nutrientes % em diferentes materiais orgânico de origem animal.....	18
Tabela 2. Decaimento de nutrientes em % de materiais orgânicos.....	18
Tabela 3. Quantidade em gramas de materiais orgânicos de origem animal adicionada por dm ³ de solo.	19
Tabela 4. Características dos substratos utilizados no experimento com <i>Peltophorum dubium</i> Spreng Taub.	19
Tabela 5. Distribuição dos tratamentos para <i>Peltophorum dubium</i> Spreng Taub.	21
Tabela 6. Teste de Normalidade de altura, diâmetro e relação altura x diâmetro (RAD) de <i>Peltophorum dubium</i> Spreng Taub.	23
Tabela 7. Teste de Qui-Quadrado para altura em mudas de <i>Peltophorum dubium</i> Spreng Taub inoculadas com fungos micorrízicos e cultivadas em diferentes tipos de substratos.	24
Tabela 8. Teste de Qui-Quadrado para altura em mudas de <i>Peltophorum dubium</i> Spreng Taub inoculadas com fungos micorrízicos e cultivadas em diferentes tipos de substratos.	25
Tabela 9. Valores de Coeficientes de Regressão, Intercepto de Inclinação, Odds Ratio (OR) para altura de <i>Peltophorum dubium</i> Spreng Taub em função do substrato.....	25
Tabela 10. Altura (cm) de <i>Peltophorum dubium</i> Spreng Taub cultivadas em substratos com resíduos orgânicos em função do tempo.	31
Tabela 11. Altura (cm) em mudas de <i>Peltophorum dubium</i> Spreng Taub inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares - FMAs.	33
Tabela 12. Teste de Qui-Quadrado para diâmetro em mudas de <i>Peltophorum dubium</i> Spreng Taub inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares e cultivadas em substratos com resíduos orgânicos.....	34
Tabela 13. Teste de Qui-Quadrado para diâmetro em mudas de <i>Peltophorum dubium</i> Spreng Taub inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares e cultivadas em substratos com resíduos orgânicos.....	34

Tabela 14. Valores de Coeficientes de Regressão, Intercepto de Inclinação, Odds Ratio (OR) para diâmetro em mudas de <i>Peltophorum dubium</i> Spreng Taub em função do substrato.....	35
Tabela 15. Diâmetro (mm) de <i>Peltophorum dubium</i> Spreng Taub cultivadas em substratos com resíduos orgânicos em função do tempo.....	37
Tabela 16. Valores de coeficientes de regressão, intercepto de inclinação, odds ratio (OR) para diâmetro em mudas de <i>Peltophorum dubium</i> Spreng Taub inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares em função do tempo.....	38
Tabela 17. Diâmetro (mm) de <i>P. dubium</i> Spreng Taub inoculadas com fungos micorrízicos em função do tempo.....	40
Tabela 18. Teste de Qui-Quadrado para RAD em mudas de <i>P. dubium</i> Spreng Taub inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares e cultivadas em substratos com resíduos orgânicos.....	40
Tabela 19. Teste de Qui-Quadrado para RAD em mudas de <i>P. dubium</i> Spreng Taub inoculadas com FMAs e cultivadas em substratos com resíduos orgânicos.....	41
Tabela 20. Valores de Coeficientes de Regressão, Intercepto de Inclinação, Odds Ratio (OR) para (RAD) de <i>Peltophorum dubium</i> Spreng Taub em função do substrato com resíduos orgânicos.....	41
Tabela 21. Relação altura x diâmetro (RAD) em mudas de <i>Peltophorum dubium</i> Spreng Taub cultivadas em substratos com resíduos orgânicos em função do tempo.....	43
Tabela 27. Resumo da análise de variância (quadrado médio) de massa fresca da parte aérea (MFPA), massa fresca da raiz (MFR), massa fresca total (MFT), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR), massa seca total (MST) de <i>Peltophorum dubium</i> Spreng Taub.....	45
Tabela 28. Média de massa fresca da parte aérea(MFPA), massa fresca da raiz (MFR), massa fresca total (MFT), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz(MSR), massa seca total (MST) de <i>Peltophorum dubium</i> Spreng Taub inoculada com fungos micorrízicos aos 150 dias.....	46
Tabela 29. Média de massa fresca da parte aérea (MFPA), massa fresca da raiz (MFR), massa fresca total (MFT), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz(MSR), massa seca total (MST) em mudas de <i>P. dubium</i> Spreng Taub cultivadas em substratos com resíduos orgânicos aos 150 dias.....	48
Tabela 30. Resumo da análise de variância (quadrados médios) da relação parte aérea x raiz (RPAR) e Índice de Qualidade de Dickson (IQD) em mudas de <i>P. dubium</i>	

Spreng Taub inoculadas com FMAs e cultivadas com substratos com resíduos orgânicos aos 150 dias.51

Tabela 31. Média da relação parte aérea x raiz (RPAR) e Índice de Qualidade Dickson (IQD) em mudas de *P. dubium* Spreng Taub cultivadas em substratos com resíduos orgânicos aos 150 dias após o transplante.51

Tabela 32. Média da dependência micorrízica (DM) e eficiência micorrízica (EM) de *Peltophorum dubium* Spreng Taub aos 150 dias.53

LISTAS DE FIGURAS

Figura 1. Multiplicação de FMAs em <i>Brachiaria decumbens</i>	16
Figura 2. Sementes de <i>Peltophorum dubium</i> Spreng Taub.	17
Figura 3. Mudanças de <i>Peltophorum dubium</i> Spreng Taub aos 45 dias após a semeadura.	17
Figura 4. Aplicação de cal hidratada aos substratos.	18
Figura 5. A) Substratos acondicionados em sacos PEAD para autoclave. B) Autoclave vertical com substratos para autoclave.	20
Figura 6. Inoculação de fungos micorrízicos arbusculares em <i>Peltophorum dubium</i> Spreng Taub.	20
Figura 7. Mudanças de <i>Peltophorum dubium</i> Spreng Taub.	20
Figura 8. Curvas de ajuste de regressão da altura (y) em mudas de <i>Peltophorum dubium</i> Spreng Taub cultivadas com diferentes substratos em função tempo.	28
Figura 9. Curvas de ajuste de regressão do diâmetro (y) em mudas de <i>Peltophorum dubium</i> Spreng Taub cultivadas com substratos com resíduos orgânicos em função tempo.	36
Figura 10. Curvas de ajuste de regressão do diâmetro (y) em mudas de <i>Peltophorum dubium</i> Spreng Taub inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares em função tempo.	39
Figura 11. Curva de ajuste de regressão da relação altura x diâmetro (RAD) em mudas de <i>Peltophorum dubium</i> Spreng Taub (0 -150 dias).	42
Figura 12. Índice de Qualidade Dickson (IQD) em mudas de <i>Peltophorum dubium</i> Spreng Taub em substratos com resíduos orgânicos aos 150 dias.	52
Figura 13. Dependência micorrízica em mudas de <i>P. dubium</i> Spreng Taub inoculadas com FMAs.	55
Figura 14. Eficiência micorrízica em mudas de <i>P. dubium</i> Spreng Taub inoculadas com FMAs.	56

**Fungos micorrízicos arbusculares e resíduos orgânicos em mudas de
Peltophorum dubium (Spreng.) Taub.**

RESUMO - O estudo das relações entre fungos micorrízicos arbusculares (FMAs), resíduos orgânicos de origem animal em mudas de espécies florestais de interesse econômico ou ambiental são importantes no processo simbiótico nas plantas, e pode refletir diretamente na qualidade e incremento na biomassa das mudas, através do aumento na eficiência de utilização dos nutrientes presentes nos resíduos orgânicos. A partir do exposto, pesquisas que avaliem a influência dos fungos micorrízicos e adubação com resíduos orgânicos são importantes para o desenvolvimento e expansão de espécies florestais promissoras. Desta forma, objetivou-se com este trabalho estudar as respostas de crescimento e qualidade de mudas de canafístula a FMAs e resíduos orgânicos. O experimento foi conduzido em estufa por 150 dias, num delineamento inteiramente casualizado (DIC), em arranjo fatorial 6x4, com quatro repetições. Os tratamentos: foram: controle - sem FMAs, *Glomus clarum*, *Gigaspora margarita*, *Gigaspora albida* e *Clareoideoglomus etunicatum* e o MIX das espécies, associados ao uso de três tipos de resíduos orgânicos (cama de frango, esterco bovino e esterco ovino adicionado a um substrato base composto por solo + areia (grossa) em substituição a fertilização química, sendo os tratamentos: solo + areia (controle), solo + areia com cama de frango, solo + areia com esterco bovino, solo + areia com esterco ovino). Avaliaram-se altura de plantas (cm), diâmetro (mm) e relação altura x diâmetro (RAD), após 30, 60, 90, 120 e 150 dias após o transplântio, e na avaliação final, aos 150 DAT, foram avaliados: massa fresca da parte aérea, massa fresca da raiz, massa fresca total, massa seca da parte aérea, massa seca da raiz, massa seca total, e os cálculos de relação parte aérea x raiz, índice de qualidade Dickson (IQD), dependência e eficiência micorrízica. As espécies de fungos micorrízicos arbusculares *C. etunicatum* e *G. albida* influenciaram moderadamente no incremento de biomassa das mudas. As mudas não apresentaram dependência micorrízica, no entanto, eficiência simbiótica positiva para as espécies *C. etunicatum* e *G. albida*. As mudas responderam expressivamente ao uso de cama de frango, esterco bovino e esterco ovino que incrementaram positivamente as respostas de crescimento e produção de matéria seca.

Palavras-chave: Adubação orgânica; *Fabaceae*; micorrizas; simbiose.

Arbuscular mycorrhizal fungi and organic residues in seedlings of *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.

ABSTRACT - The study of the relationship between arbuscular mycorrhizal fungi (AMFs), organic residues of animal origin in seedlings of forest species of economic or environmental interest are important in the symbiotic process in plants, and can directly reflect on the quality and increase in seedling biomass, through the increased efficiency in the use of nutrients in organic waste. Based on the above, research that evaluates the influence of mycorrhizal fungi and fertilization with organic residues is important for the development and expansion of promising forest species. Thus, the objective of this work was to study the responses of canafistula seedlings to AMFs and organic residues. The experiment was carried out in a greenhouse for 150 days, in a completely randomized design (DIC), in a 6x4 factorial arrangement, with four replications. The treatments were: control - without AMFs, *Glomus clarum*, *Gigaspora margarita*, *Gigaspora albida* and *Clareoideoglomus etunicatum* and MIX of species, associated with the use of three types of organic waste (chicken bed, bovine manure and sheep manure added to a composite base substrate by soil + sand (coarse) in substitution to chemical fertilization, being the treatments: soil + sand (control), soil + sand with chicken litter, soil + sand with bovine manure, soil + sand with sheep manure). Plant height (cm), diameter (mm) and height x diameter ratio (HRD) were evaluated after 30, 60, 90, 120 and 150 days after transplanting, and in the final evaluation, at 150 DAE, were evaluated: fresh shoot weight, fresh root weight, total fresh weight, dry shoot weight, dry root weight, total dry weight, shoot x root ratio, Dickson quality index (IQD), dependency and efficiency mycorrhizal. The species of arbuscular mycorrhizal fungi *C. etunicatum* and *G. albida* moderately influenced the increase in seedling biomass. The seedlings showed no mycorrhizal dependence, however, positive symbiotic efficiency for the species *C. etunicatum* and *G. albida*. The seedlings responded significantly to the use of Chicken litter, bovine manure and sheep manure, which increased positively as responses to growth and dry matter production.

Key-words: Fabaceae; Mycorrhizae; Organic fertilization; symbiosis.

1. INTRODUÇÃO

No estabelecimento de povoamentos florestais, a produção de mudas tanto em quantidade quanto em qualidade, representa uma das fases mais importantes (KRATZ e WENDLING, 2013), logo deve ser realizada seguindo um processo criterioso, a fim de se obter mudas com bom desenvolvimento a campo.

A utilização de práticas associadas à produção de mudas espécies florestais para projetos de recomposição vegetal, recuperação de áreas degradadas, paisagismo dentre outras utilidades, podem ajudar a reduzir custos, redução de tempo de viveiro, bem como produzir mudas de alta qualidade, dentre as quais destacamos o uso de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) e diferentes tipos de substratos associados de resíduos orgânicos de origem animal, no qual o uso atualmente vem se destacando dentre os bio insumos, materiais de origem biológica utilizados na agricultura.

Fungos micorrízicos estabelecem simbiose mutualística com as raízes das plantas, e seus micélios agem como uma extensão do sistema radicular das plantas, favorecendo a absorção de nutrientes, água, principalmente fósforo (SOUZA et al., 2011). No entanto, tais benefícios devem ser estudados como planta e simbiote, para desmitificar a especificidade de interações e associações destes organismos com as plantas de interesse, maximizando o sucesso da inoculação (SEI, 2012).

A inoculação de espécies de FMAs na agricultura é considerada uma das melhores formas para a redução no uso de fertilizantes e corretivos, devido aos efeitos benéficos ocasionados as plantas hospedeiras, principalmente no que se refere à absorção de P e outros nutrientes de baixa mobilidade no solo como Cu, Zn, Mo e Fe (MARSCHNER e DELL, 1994), além de aumentar os índices de tolerância a condições de estresses abióticos (FILHO e NOGUEIRA, 2007).

Em cultivo de *Toona ciliata*, Lima et al. (2015) observaram incrementos significativos no crescimento e na nutrição das mudas de inoculadas com FMAs em condições de baixa disponibilidade de fósforo, e a utilização associada de *Glomus clarum* e *Glomus etunicatum* apresentou resposta sinérgica no desenvolvimento de mudas.

Em seu trabalho com *Tectona grandis* Rodrigues et al. (2018), testaram o efeito de FMAs em mudas e observaram que a inoculação com FMAs resultou em maior eficiência na utilização de nutrientes, especialmente o fósforo, sendo que as espécies

Rizhophagus clarus e um inóculo nativo proporcionaram aumento no conteúdo de potássio e enxofre nas mudas, ainda maior crescimento de parte aérea e raízes.

Em estudo do efeito da inoculação de FMAs nas espécies arbóreas leguminosas *Mimosa scabrella* Benth. (bracatinga), *Mimosa bimucronata* (DC.) Kuntze (maricá), *Parapiptadenia rigida* (Benth.) e *Brenan* (angico vermelho), Stoffel et al. (2016) obtiveram resultados satisfatórios pela inoculação, com resposta de superior a 60 % de colonização micorrízica das espécies bracatinga e paricá, 26% para angico vermelho, sendo que a absorção de fósforo foi beneficiada pela utilização da inoculação da espécies *Acaulospora colombiana*, *Acaulospora morrowiae*, e *Rhizophagus irregulares*.

Trabalhando com a espécie florestal *Calophyllum brasiliense* Camb Silva et al. (2018) e inoculação de FMAs associadas a adubações de diferentes doses de fósforo, sendo 0, 400, 800, 1200, 1600 e 2000 g/m³ verificaram que a colonização foi influenciada pelos níveis de fósforo aplicado, sendo que ocorreu a maior porcentagem de colonização micorrízica nas doses de 400 e 1600 g/m³.

Com os trabalhos supracitados ficam evidentes os benefícios que a inoculação micorrízica pode trazer para as espécies florestais de interesses comerciais e ambientais, e vislumbra - se assim, a necessidade de se estudar as relações destes organismos com espécies arbóreas e suas interações, como é o caso da canafístula (*Peltophorum dubim* Spreng Taub).

Pesquisas realizadas por Saggin Júnior e Siqueira (1995), já colocavam que diferentes espécies de FMAs devem ser estudadas em uma mesma planta, sob as mesmas condições ambientais, para que desta forma seja possível selecionar as espécies com maior eficiência quanto à capacidade de promover o crescimento da planta.

De acordo com Abbott e Robson (1991) citado por Zangaro et al. (2002), as micorrizas arbusculares aumentam o crescimento e as chances de sobrevivência das plântulas no campo, por meio do aumento na absorção de nutrientes minerais e água, além de prolongar a vida da raiz e proteger a planta de patógenos.

A importância do desenvolvimento de protocolos e estratégias para a produção de mudas com qualidade, em menor tempo e em condições acessíveis é ressaltada por Cunha et al. (2005) citado por Souza et al. (2009). Povoamentos florestais homogêneos são oriundos de mudas de qualidade, e a busca de processos que elevem a qualidade é importante para a silvicultura (FERRAZ e ENGEL, 2011). Schiavo et al. (2009),

estudando espécies florestais em casa de vegetação, notaram que mudas inoculadas com FMAs apresentaram melhor qualidade e maior crescimento.

A obtenção de mudas arbóreas com características desejáveis e o estabelecimento destas são fatores importantes no processo de produção. Dessa maneira, estudos envolvendo a inoculação das mudas com fungos micorrízicos arbusculares podem favorecer o estabelecimento das mudas em áreas degradadas.

De acordo com Hentz et al. (2012) estes organismos tem grande importância nos ecossistemas tropicais, e com eficácia comprovada no seu uso, sendo necessários estudos com visão tecnológica para viabilizar o uso destes em larga escala.

Como vantagens têm-se mudas com qualidades morfológicas elevadas quando produzidas em substratos inoculados com FMAs, destacando-se como ferramenta para a produção de mudas de espécies florestais em casas de vegetação, estufas e viveiros (OWEN et al., 2015).

Foram sugeridos o desenvolvimento de protocolos para inoculação de mudas e solo com FMAs por Coutinho et al. (2019), e colaborados de forma a obter maior sucesso no replantio em áreas de restauração, e no emprego dos FMAs em reflorestamentos com espécies nativas.

Colodete et al. (2014) sugere selecionar fungos mais generalistas em sua relação simbiótica, tendo em vista seu maior potencial reabilitador, pois colonizam e têm eficiência em vários hospedeiros, facilitando a diversidade e sucessão vegetal na área; enquanto que do lado do hospedeiro, devem-se evitar plantas muito seletivas.

Na demanda por mudas, faz-se necessário o estudo de tecnologias para gerar mudas de qualidade com menores custos (ALVES et al., 2011). Um fator importante na propagação de mudas é a qualidade do substrato, que pode variar de acordo com o material, como a fibra de coco, casca de arroz carbonizada, esterco de animais, entre outros (ARAÚJO et al., 2018). Pela variedade, se faz necessário analisar quais apresentam as melhores respostas às plantas. Segundo Silva et al. (2018), o esterco bovino pode incrementar o acúmulo de matéria seca e a elevação dos índices biométricos de culturas de interesse agrícola.

O substrato permite o crescimento adequado de raízes, possibilita aeração, agregação do sistema radicular, auxilia na diminuição de patógenos e plantas daninhas, e por vezes auxilia na retenção de água, no aporte de nutrientes, e na condutividade elétrica (LIMA et al., 2006).

Em pesquisa com *Peltophorum dubium* Spreng Taub, Mussi et al. (2013) verificaram os melhores desempenhos em mudas de) nas variáveis altura, diâmetro do colo, massa seca de raízes e massa seca da parte aérea cultivadas em substratos contendo esterco bovino e cama de aviário em relação aos contendo somente solo, solo e areia com fertilização química.

No trabalho sobre a concentração e quantidade de nutrientes em mudas de *Tectona grandis* em diferentes substratos contendo resíduos de origem vegetal (casca de arroz carbonizada e fibra de coco), de origem animal (esterco bovino, cama de frango, e esterco de codorna) associados a solo de subsolo e substrato comercial, foram observados que o tratamento com 35 % de cama de frango apresentou mudas com maior quantidade de nutrientes, sendo as maiores concentrações de K, S e Zn nas mudas cultivadas com esterco bovino e esterco de codorna Trazzi et al. (2015).

Existem diversas espécies de FMAs já documentadas, porém são poucos os estudos com a finalidade de avaliar, em nível de espécie, os efeitos e interações desses microrganismos nas plantas, objetivando posterior utilização dos mesmos a campo, em larga escala.

Nesta ótica, ainda não temos registros concretos de espécies de fungos micorrízicos para produção de mudas de *Peltophorum dubium* Spreng Taub visando à detecção de especificidade. Além disto, precisamos compreender se a associação de fungos micorrízicos arbusculares com substratos contendo resíduos orgânicos favorece o crescimento e qualidade de mudas de *Peltophorum dubium* Spreng Taub.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A CANAFÍSTULA

Canafístula (*Peltophorum dubium* Spreng Taub) é uma leguminosa arbórea de grande porte, da família Fabaceae, e subfamília Caesalpinioideae cuja distribuição natural ocorre desde a Bahia, incluindo os estados do Rio de Janeiro, Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso do Sul, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, aparecendo apenas na região da floresta do Alto Uruguai (DURIGAN et al., 1997; SOBRAL et al., 2006; SCHORN et al., 2014). Apresenta adaptação a diversos biomas, com associação a bactérias fixadoras de nitrogênio (FRANCO et al., 2003).

Considerada uma espécie secundária, apresentando algumas características de pioneiras, encontradas em formações de capoeiras, e quando presentes em florestas nativas estão em menor número de indivíduos, no entanto, porém ocupam expressivamente o dossel dominante em floresta primária (CARVALHO et al., 2003).

Caracterizada como árvore rústica, de crescimento rápido, é heliófila, caducifólia, de grande porte, tolerante ao frio, podendo atingir 1,20 metros de diâmetro a altura do peito (DAP) e 40 metros de altura no ápice de sua idade. Considerada secundária, são encontradas dispersas em florestas nativas, bem expressiva, com dossel bem desenvolvido (CARVALHO et al., 2003). Seu fruto é um legume, com superfície glabra, samaróide e indeiscente, com coloração castanho claro e com duas a três sementes estenospérmicas, de superfície amarela, dispersão anemocórica (REITZ et al., 1978).

A canafístula é considerada uma das espécies mais promissoras para a indústria madeireira, uma vez que apresenta rápido crescimento e propriedades tecnológicas compatíveis com as exigências do mercado; bem como para uso na recuperação de áreas degradadas, reflorestamentos homogêneos e em sistemas agrossilvipastoris, devido sua capacidade de fixação de nitrogênio (LORENZI 1992, MARCHIORI 1997).

Na região sul do Brasil é considerada uma das quinze espécies florestais madeireiras expressivamente comercializadas (RUCHEL, 2003), cujos aspectos que a tornam interessante em reflorestamentos são: i) rápido crescimento (19,60m³/ha/ano) em relação a outras espécies nativas, ii) existência de germoplasmas adaptados a diferentes regiões fitogeográficas, quantidades e regimes de chuvas, tipos edafoclimáticos, temperaturas, dentre outros, iii) moderada tolerância ao déficit hídrico, a baixas temperaturas e ventos fortes, iv) possibilidade de clonagem de indivíduos

superiores, v) usos em monocultivos, sistemas agroflorestais e na recuperação de áreas de preservação ambiental, vi) possibilidade de geração de produtos madeiráveis e não madeiráveis, que contribuem para a diversificação da renda do produtor rural (CARVALHO, 2002; LORENZI, 2003).

Apresenta alto valor comercial, promissora no mercado madeireiro em função da qualidade da madeira, moderadamente pesada, dura e de longa durabilidade. Além de possuir alta aplicabilidade nos diversos setores da indústria madeireira. A canafístula apresenta elevados níveis de sobrevivência, crescimento e acumulação de biomassa, quando comparada a outras espécies nativas (BACKES et al., 2002; MORAES et al., 2003; BARTH, 2006).

Em espécies como a canafístula, a madeira se apresenta como matéria prima de maior interesse e, as propriedades tecnológicas da madeira de uma determinada espécie dependem da procedência das mesmas, da idade e do local onde se desenvolvem (VIVIAN et al., 2010).

Apresenta grande potencial para reflorestamento devido sua ocorrência natural em diversos tipos de solo, por sua baixa exigência quanto à fertilidade química do solo e por possuir plasticidade adaptativa (CARVALHO, 1994; GONDIN et al., 2014). Podem ser encontradas em meio a pastagens, em clareiras e bordas de matas (CARNEVALI et al., 2016), presente também em floresta do tipo Chaco, Cerradão e Pantanal (KLEIN et al., 2017). LORENZI (2014) relata a ocorrência da espécie de forma natural desde a Bahia, Rio de Janeiro, Minas gerais, Mato Grosso do Sul e Paraná.

A alta procura da espécie para uso na recuperação de áreas degradadas, reflorestamentos homogêneos e em sistemas agrossilvipastoris se deve à sua capacidade de fixação de nitrogênio, deixando-o na forma disponível para as demais plantas consorciadas, na forma de resíduos vegetais gerados, que depois de decompostos, disponibilizam nutrientes para a absorção radicular das plantas que compõem o ecossistema (GONDIN et al., 2014)

2.2 FUNGOS MICORRÍZICOS

O nome dado à associação entre fungos micorrízicos arbusculares e as raízes das plantas foi formulado por Albert Bernad Frank (SCHENCK e KELLAM, 1978), como

(myco = fungo e rhiza = raiz), no qual foi definida como associação simbiótica mutualista, estabelecida entre fungos presentes no solo e raízes de plantas, caracterizando por associação não patogênica (SIEVERDING, 1991).

Os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) e os ectomicorrízicos são os de maior importância para o setor florestal. Trabalhos de pesquisa indicam que para algumas espécies de plantas, na fase de muda, esses fungos parecem desempenhar um importante papel na absorção de nutrientes, sendo progressivamente substituídas pelas ectomicorrizas com o desenvolvimento da planta (ROJAS e SIQUEIRA, 2000).

Os fungos micorrízicos formam associação simbiótica com quantidades significativas de plantas superiores (COLODETE et al., 2014), encontrados em 80% das plantas vasculares, no qual são simbióticos obrigatórios (OEHL et al., 2011). Ocorrem em diversas regiões, em solos de ecossistemas naturais, bem como associados pela simbiose em Angiospermas, Gimnospermas e Pteridófitas (MOREIRA e SIQUEIRA, 2002).

O processo simbiótico ocorre através da liberação de exsudados pela planta, onde os compostos que estimulam a ramificação das hifas e o contato raiz x hifas, até a colonização se estabelecer (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006), sendo o principal efeito simbiótico pela extensão da superfície das raízes (HERRMAN et al., 2004).

A associação de FMAs versus plantas não causam alterações morfológicas, visto a olho nu nas raízes das plantas, no entanto é possível serem vistas através de lupas ou microscópio estruturas conhecidas como arbúsculos, que resultaram das ramificações de hifas que penetraram o córtex, e são responsáveis pela transferência de nutrientes (SMITH e READ, 2008).

Plantas associadas à FMAs, podem apresentar nas raízes estruturas conhecidas como vesículas com função de armazenamento, podendo ser encontradas intra e extracelular. Já as hifas são responsáveis pela interação planta – fungo – solo, agindo na absorção, transporte de água e nutrientes (SMITH e READ, 2008).

Os FMAs, atuam na mineralização da matéria orgânica (PATERSON et al., 2016), liberando gradualmente os nutrientes presente no substrato, e ainda é mais relevante quando se utiliza fontes de resíduos orgânicos de origem animal, isto é, os esterco, nos quais os nutrientes são disponibilizados ao longo do tempo.

De acordo com Sugai et al. (2011), os FMAs são relevantes em sistemas florestais, pois influenciam no crescimento das plantas, e na absorção de nutrientes, e que tais benefícios devem ser estudados como planta e simbiote. Para desmitificar a

especificidade de interações e associações com as plantas de interesse, pensando no sucesso da inoculação (SEI, 2012).

Em revegetação e reabilitação de áreas degradadas, Zangaro et al. (2002) afirmam que as micorrizas arbusculares podem ser utilizadas como ferramenta em programas de inoculação durante a preparação de mudas de espécies arbóreas nativas

2.3 RESÍDUOS ORGÂNICOS E SUBSTRATOS

A produção de mudas de espécies florestais com elevada qualidade pode influenciar na capacidade de sobrevivência a campo, crescimento e desenvolvimento.

A utilização de materiais orgânicos de origem vegetal e animal (esterços), podem ser uma ótima opção para produção de mudas de boa qualidade, por fornecer nutrientes essenciais para as plantas na fase inicial de crescimento, através da mineralização da matéria orgânica presente nestes materiais (SILVA et al., 2001), no entanto se faz necessário determinar qual ou quais oferecem as melhores condições nutricionais (ALMEIDA et al., 2012).

A escolha do substrato para a produção de mudas deve ter uma atenção especial, pois exercem funções distintas na fase inicial das plântulas, e fornecem características benéficas e composição uniforme (SIMÕES et al., 2012). O tipo de material pode variar, mas a principal função é fornecer condições de crescimento, sustentação e nutrição para a planta, além das características físicas ideais ao desenvolvimento das mudas (GOMES e PAIVA, 2011; WENDLING e GATTO, 2002).

Os substratos estão ligados ao processo de produção de mudas e suas propriedades físicas, químicas e biológicas, e interfere nos resultados finais das mudas, expressamente em sua qualidade para expedição a campo, pela influência na germinação das sementes e no desenvolvimento das plantas (SILVA et al., 2011).

A utilização de substrato compostos com uma diversidade de resíduos orgânicos, favorece o crescimento das plantas, por fornecerem nutrientes, além de elevar a capacidade de troca de cátions (KNAPIK et al., 2005).

Além disso, os substratos compostos por resíduos orgânicos podem ser alternativas para minimizar os impactos ambientais, em relação a utilização de produtos industrializados, como os fertilizantes químicos, e de certa forma tem impacto social, pela redução de dependência do agricultor em utilizar produtos comerciais, pois podem ser produzidos na própria propriedade (MEDEIROS et al., 2007).

No estudo avaliando o crescimento e qualidade de mudas de *Handroanthus heptaphyllus*, cultivadas com esterco bovino nas proporções de 21% a 28%, LISBOA et al. (2018) obtiveram aumento no crescimento em altura e qualidade das mudas.

Menegatti et al. (2017) avaliaram o efeito da utilização de cama de aviário na germinação de sementes, desenvolvimento, e qualidade de mudas de *Eucalyptus dunnii* Maiden adicionados ao substrato comercial em proporções de 20, 40, 60 e 80 %. Verificaram em seu estudo que a melhor proporção de cama de aviário foi de 20 %, com incremento em altura, e melhor qualidade de mudas pelo índice de qualidade de mudas (IDQ).

Em pesquisa com *Peltophorum dubium* Spreng Taub avaliando substratos contendo cama de aviário e esterco bovino em sua formulação, solo e areia, e fertilizante químico, MUSSI et al. (2013) e obtiveram as melhores repostas quando adicionado cama de aviário e esterco bovino.

3. OBJETIVOS GERAIS

- Identificar os isolados de FMAs mais promissores no crescimento e de mudas de canafístula;
- Avaliar a influência dos FMAs no crescimento e qualidade de canafístula;
- Avaliar a qualidade e incremento em matéria seca de canafístula cultivadas em diferentes tipos de resíduos orgânicos de origem animal.
- Avaliar as respostas das mudas quando submetidas à inoculação com espécies de fungos micorrízicos arbusculares associados a resíduos orgânicos.

4. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento de produção de mudas de canafístula foi desenvolvido no período de junho a novembro de 2019, em ambiente protegido – estufa coberta na Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Grande Dourados - UFGD, Dourados - MS, situada à latitude de 22°11'53.2"S, longitude de 54°56'02.3"W e 400 m de altitude. O ambiente foi protegido com filme plástico transparente de polietileno de baixa densidade (PEBD) com 150 micras de espessura e proteção adicional lateral revestida com tela de nylon preta com 75% de sombreamento.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC), em arranjo fatorial 6x4, com quatro repetições. Os tratamentos foram as espécies de fungos micorrízicos arbusculares (controle - sem FMAs, *Glomus clarum*, *Gigaspora margarita*, *Gigaspora albida* e *Clareoideoglomus etunicatum* e o MIX - mistura das quatro espécies de FMAs), e quatro tratamentos de substrato base composto por solo + areia de granulometria grossa na proporção (2:1), duas partes de solo de subsolo e uma parte de areia, com adições de resíduos orgânicos de origem animal, sendo eles: S1(solo + areia) - o controle, S2 (solo + areia com cama de frango), S3 (solo + areia com esterco de bovinos), S4 (solo + areia com esterco de ovinos).

Antes do início do experimento, foram multiplicadas as espécies de fungos micorrízicos em solo misturado com areia (2:1 v:v), esterilizado em autoclave, por uma vez, a 121°C, por uma hora. No preparo do inóculo o substrato foi colocado em vasos de cultivo com 7 dm³ de capacidade e inoculado com 50 cm³ de inóculo, que continha uma mistura de solo, esporos e raízes colonizadas com FMAs. Como planta hospedeira utilizou-se a *Brachiaria decumbens* (Figura 1). Estes vasos foram mantidos em estufa por 120 dias para a multiplicação dos fungos, e depois utilizados como inóculo no experimento.

As sementes de canafístula (Figura 2), foram adquiridas de empresa especializada em comercialização de sementes de espécies florestais.

Antes da semeadura realizou-se a superação de dormência das sementes pela imersão em água a 80°C, permanecendo embebida por 24 horas (DAVIDE e SILVA, 2008), logo após semeadas diretamente em tubetes, estes de polietileno com capacidade de 120 cm³ em substrato comercial Bioplant[®] durante 45 dias (Figura 3), logo após foram transplantadas para vasos com capacidade volumétrica de 7 dm³.



Figura 1. Multiplicação de FMAs em *Brachiaria decumbens*.



Figura 2. Sementes de *Peltophorum dubium* Spreng Taub.

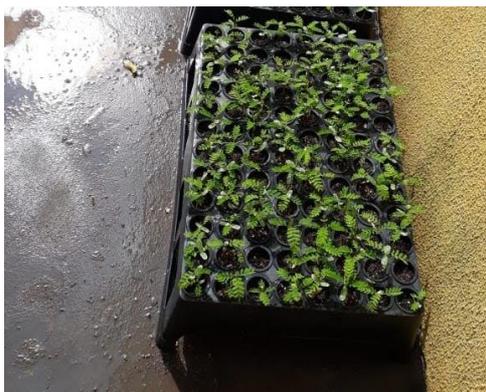


Figura 3. Mudas de *Peltophorum dubium* Spreng Taub aos 45 dias após a semeadura.

O substrato utilizado no experimento foi composto por uma mistura (2:1) de solo e areia grossa e suas combinações com resíduos orgânicos, sendo que o solo foi oriundo da área experimental da Universidade Federal da Grande Dourados, localizada no município de Dourados – MS, classificado como Latossolo Vermelho distroférico, retirado no perfil B, no qual apresentou as seguintes características: pH em H₂O = 5,2, P(Melich) = 17,6 mg/dm³, S-SO₄ = 14,70 mg/dm³, K = 0,60 cmol_c dm³, Ca = 3,58 cmol_c dm³, Mg = 1,38 cmol_c dm³, Al = 0,17 cmol_c dm³, H + Al = 6,41 cmol_c dm³, M.O = 22,24 g/ dm³, C.O + 12,90 g/ dm³, SB = 5,56 cmol_c dm³, t = 5,73 cmol_c dm³, T = 11,97 cmol_c dm³, V (%) = 46,45, m (%) = 2,97, B = 0,41 mg/dm³, Cu = 14,60 mg/dm³, Fe = 47,10 mg/dm³, Mn = 77,00 mg/ dm³, Zn = 2,80 mg/dm³.

A correção do pH do solo foi realizada conforme Ribeiro et al. (1999), que recomenda aplicação de 1 grama por dm³ de calcário em substituição ao calcário foi utilizado a cal hidratada com PRNT de 95%, por ter ação de neutralização rápida, com base na análise de solo, a fim de elevar a saturação por bases (V%) a 65% (Figura 4).



Figura 4. Aplicação de cal hidratada aos substratos.

No preparo do substrato, para definir a quantidade de esterco bovino, esterco de ovino e cama de frango baseou-se na recomendação de 150g de N, 700g de P e 100g de K por m³ de solo dos macro nutrientes de acordo com Ribeiro et al. (1999). Optou-se para os cálculos o elemento fósforo, de maior demanda (700 mg por dm³). Foram compilado dados do boletim 100 e 5^o aproximação de Minas Gerais, e plotados nas (Tabelas 1 e 2), referentes a o teores de nutrientes em % e decaimento de nutrientes ao decorrer do tempo (disponibilidade), de acordo com Raij et al. (2001) e Ribeiro et al. (1999). A partir desses dados fixou-se a quantidade de cada material orgânico com correção de disponibilidade de 60 % no primeiro ano (Tabela 3).

Na Tabela 4 estão apresentadas as características, pH, macro e micronutrientes, saturações por base dos substratos no experimento.

Tabela 1. Teores médios de nutrientes % em diferentes materiais orgânico de origem animal.

Material	N	P	K
Esterco bovino	2,8	1,7	2,0
Esterco de Ovino	3,1	1,8	2,1
Cama de Frango	2,5	1,6	2,0

Compilado do Boletim 100 e 5^o Aproximação de Minas Gerais.

Tabela 2. Decaimento de nutrientes em % de materiais orgânicos.

Ano	N	P	K
1 ^o	50	60-70	100
2 ^o	20	10-20	0
3 ^o	30	10-20	0

Compilado do Boletim 100 e 5^o Aproximação de Minas Gerais.

Tabela 3. Quantidade em gramas de materiais orgânicos de origem animal adicionada por dm^3 de solo.

Material	Calculado	Correção	Valor final
Esterco bovino	38,89	/60	68,63
Esterco de Ovino	43,75	/60	72,95
Cama de Frango	41,83	/60	68,93

Tabela 4. Características dos substratos utilizados no experimento com *Peltophorum dubium* Spreng Taub.

Característica	S 1	S 2	S 3	S 4
pH em H_2O	6,6	6,7	7,4	7,2
P (Melich) mg/dm^3	17,3	241,1	422,5	312,0
S – SO_4 mg/dm^3	15,20	214,50	146,50	50,70
K $\text{cmol}_c \text{dm}^3$	0,43	4,99	3,32	2,46
Ca $\text{cmol}_c \text{dm}^3$	3,64	3,58	4,13	5,01
Mg $\text{cmol}_c \text{dm}^3$	2,67	4,06	3,49	4,79
Al $\text{cmol}_c \text{dm}^3$	0,00	0,00	0,00	0,00
H + Al $\text{cmol}_c \text{dm}^3$	1,88	1,71	1,31	1,94
M.O g/dm^3	12,67	24,63	34,41	26,59
C.O g/dm^3	7,35	14,29	19,96	15,42
SB $\text{cmol}_c \text{dm}^3$	6,74	12,63	10,94	12,26
t $\text{cmol}_c \text{dm}^3$	6,74	12,63	10,94	12,26
T $\text{cmol}_c \text{dm}^3$	8,62	14,34	12,25	14,20
V (%)	78,19	88,08	89,31	86,34
m (%)	0,00	0,00	0,00	0,00
B mg/dm^3	0,28	1,27	1,19	0,67
Cu mg/dm^3	10,90	19,70	8,00	6,50
Fe mg/dm^3	51,70	36,20	78,40	35,80
Mn mg/dm^3	62,60	98,80	97,60	85,80
Zn mg/dm^3	1,80	15,50	27,20	9,80

Os substratos utilizados no experimento foram acondicionados em sacos do tipo leitoso próprio para autoclave com capacidade de 20 litros, constituído por polietileno de alta densidade (PEAD), com espessura de 0,08 micras fabricados com solda na lateral, posteriormente os substratos foram esterilizados em autoclave regulado em 1atm, na temperatura de 121°C , por uma hora (Figura 5), e logo após foram acondicionados em vasos plásticos de 7 dm^3 de capacidade.



Figura 5. A) Substratos acondicionados em sacos PEAD para autoclave. B) Autoclave vertical com substratos para autoclave.

No momento do transplante das mudas, procedeu-se a inoculação com os FMAs obtidos através da multiplicação em *Brachiaria decumbens* (Figura 6), sendo o inóculo composto por uma mistura de solo, esporos e raízes colonizadas com FMAs, exceto o tratamento controle sem inoculação. Em cada vaso adicionou-se 50 cm³ de inóculo. A aplicação dos FMAs foi realizada em uma profundidade aproximada de 3 cm nos tratamentos correspondentes (Tabela 5), próximo a zona radicular das mudas.



Figura 6. Inoculação de fungos micorrízicos arbusculares em *Peltophorum dubium* Spreng Taub.

Cada unidade experimental foi constituída por um vaso contendo 7 dm³ de substrato, com 2 plantas por vaso, e os valores obtidos de cada variável resposta por média (Figura 7).



Figura 7. Mudanças de *Peltophorum dubium* Spreng Taub.

Tabela 5. Distribuição dos tratamentos para *Peltophorum dubium* Spreng Taub.

Tratamento	Fungos	Substrato
1	Sem FMAs	Solo +Areia
2	Sem FMAs	Solo +Areia com esterco bovino
3	Sem FMAs	Solo +Areia com cama de frango
4	Sem FMAs	Solo +Areia com esterco de ovino
5	<i>Clareoideoglopus eutunicatum</i>	Solo +Areia
6	<i>Clareoideoglopus eutunicatum</i>	Solo +Areia com esterco bovino
7	<i>Clareoideoglopus eutunicatum</i>	Solo +Areia com cama de frango
8	<i>Clareoideoglopus eutunicatum</i>	Solo +Areia com esterco de ovino
9	<i>Gigaspora albida</i>	Solo +Areia
10	<i>Gigaspora albida</i>	Solo +Areia com esterco bovino
11	<i>Gigaspora albida</i>	Solo +Areia com cama de frango
12	<i>Gigaspora albida</i>	Solo +Areia com esterco de ovino
13	<i>Glomus clarum</i>	Solo +Areia
14	<i>Glomus clarum</i>	Solo +Areia com esterco bovino
15	<i>Glomus clarum</i>	Solo +Areia com cama de frango
16	<i>Glomus clarum</i>	Solo +Areia com esterco de ovino
17	<i>Gigaspora margarita</i>	Solo +Areia
18	<i>Gigaspora margarita</i>	Solo +Areia com esterco bovino
19	<i>Gigaspora margarita</i>	Solo +Areia com cama de frango
20	<i>Gigaspora margarita</i>	Solo +Areia com esterco de ovino
21	MIX	Solo +Areia
22	MIX	Solo +Areia com esterco bovino
23	MIX	Solo +Areia com cama de frango
24	MIX	Solo +Areia com esterco de ovino

4.1 AVALIAÇÕES

Até os 150 dias após o transplântio das mudas de *Peltophorum dubium* Spreng Taub, foram avaliadas as características de crescimento em intervalos regulares de 30 dias, sendo altura em centímetros (cm) levando em conta a última ramificação lateral do ápice da muda, com o uso de régua milimétrica, o diâmetro do coleto ou caule em (mm), na altura do colo (30, 60, 90, 120 e 150 dias após o plantio), através de paquímetro digital, e a RAD obtida pela relação altura/ diâmetro.

As análises estatísticas das variáveis altura, diâmetro e relação altura/ diâmetro (RAD) foram feitas no *software R* (R Core Team, 2019), com auxílio das bibliotecas *ggplot2* (WICKHAM, 2016), *lme4* (BATES et al., 2015), *multcomp* (HOTHORN et al., 2008), *emmeans* (LENTH, 2019) e *car* (JOHN FOX e SANFORD WEISBERG, 2019), através de modelos lineares generalizados mistos (GLMM) obtendo equações de predição, teste de normalidade por Shapiro Wilk e médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Aos 150 dias, as mudas foram retiradas dos vasos, separadas em parte aérea (folha + caule), raízes, e total, obtendo-se a massa em balança de precisão (0,0001 g). Posteriormente, os materiais foram acondicionados em sacos de papel Kraft, levados a estufa com circulação forçada de ar a $60^{\circ} \pm 5$, por 72 horas até massa seca constante, para a determinação da matéria seca.

Nas avaliações finais, aos 150 DAT, avaliou-se a massa fresca da parte aérea (MFPA), massa fresca da raiz (MFR), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR), massa seca total (MST), relação parte aérea/raiz (RPAR), através da fórmula $= (MSPA/MSR)$, índice de qualidade das mudas por meio da proposta de Dickson et al. (1960) (IQD), pela fórmula $MST (MSPA + MSR) / (RAD + RPAR)$. O RAD foi obtido pela relação altura/diâmetro das mudas.

A partir da matéria seca total, de acordo com Plenchette et al. (1983), foi determinada a dependência micorrízica (DM) e eficiência micorrízica (EM) de acordo com o seguinte cálculo: $DM = (\text{matéria seca de mudas micorrizadas}) - (\text{matéria seca de mudas não micorrizadas}) / \text{matéria seca de mudas micorrizadas} \times 100$. $EM = (\text{matéria seca de mudas micorrizadas}) - (\text{matéria seca de mudas não micorrizadas}) / \text{matéria seca de mudas não micorrizadas} \times 100$.

Os dados das variáveis obtidas aos 150 DAT foram submetidos a análise de variância (ANOVA), e quando significativos pelo teste F ($p < 0,05$), as médias foram comparadas utilizando o software SISVAR (FERREIRA, 2011). A homogeneidade e normalidade dos dados 150 DAT foi obtida através do teste de Shapiro Wilk ao nível de 5% de probabilidade, quando não atendidas, utilizou a transformação log.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos resultados na (Tabela 6) optou-se pelo modelo linear generalizado misto (GLMM), e aplicou-se a análise gráfica da distribuição em cada variável resposta, constatando uma distribuição exponencial ao longo do tempo para altura e diâmetro, diferente para relação altura x diâmetro, numa distribuição normal, mostrando que as respostas no tempo foram constantes para essa última variável.

Tabela 6. Teste de Normalidade de altura, diâmetro e relação altura x diâmetro (RAD) de *Peltophorum dubium* Spreng Taub.

Tempo	Altura	Diâmetro	RAD
30	0,158	0,014*	0,004*
60	0,104	0,008*	0,579
90	0,000*	0,320	0,285
120	0,149	0,339	0,026*
150	0,002*	0,483	0,000*

*Significativo pelo teste de Shapiro Wilk ($p < 0,05$).

Com o modelo escolhido foram obtidas equações preditivas das respostas das variáveis em função do tempo, e desta maneira foi possível calcular e prever o valor das variáveis com o uso do modelo matemático. Para as variáveis altura e diâmetro obtivemos um modelo linear generalizado misto com família Gamma e função de ligação *log*, e para relação altura x diâmetro, uma família Gaussiana.

$$y = X\mathbf{b} + Z\mathbf{p} + \varepsilon$$

Em que:

- y : vetor de dados da variável resposta.
- \mathbf{b} : vetor de efeitos fixos (média geral (μ) + FMA (F) + SUBSTRATO (S) + TEMPO (T) + F:S + F:T + S:T + F:S:T).
- \mathbf{p} : vetor de efeitos das parcelas (F:S: repetições).
- X e Z são as matrizes de incidência dos referidos efeitos.

Para determinar a equação de estimação da variável altura, diâmetro e relação altura/diâmetro, foram analisadas as significâncias de cada fator e suas interações ao nível de 5% pelo teste de Qui-Quadrado e considerado os fatores significativos para a modelagem.

Em geral as mudas de canafístula foram influenciadas pelos fatores fungo, substrato, tempo e interação substrato x tempo, nos quais foram significativos ($p < 0,05$), (Tabela 7).

Tabela 7. Teste de Qui-Quadrado para altura em mudas de *Peltophorum dubium* Spreng Taub inoculadas com fungos micorrízicos e cultivadas em diferentes tipos de substratos.

Variáveis	Chi Square	G.L	Valor P
Fungo	12,08	5	0,03*
Substrato	51,03	3	0,00*
Tempo	5893,96	1	0,00*
Fungo x Substrato	23,28	15	0,08
Fungo x Tempo	1,15	5	0,95
Substrato x Tempo	293,48	3	0,00*
Fungo x Substrato X tempo	23,17	15	0,08

*Significativo pelo teste de de Qui-Quadrado ($p < 0,05$). (Chi Square) =Valor calculado de Qui-Quadrado.

A altura da planta foi influenciada pela interação tempo e substratos, e pelos FMAs isoladamente (Tabela 7). Houve diferença significativa ($p < 0,05$) para substratos e para tempo, e também para sua interação com o tempo, isto nos mostra que existe diferença entre os substratos.

Após analisar os efeitos das interações e dos fatores, o melhor modelo que descreveu a altura está descrito na Tabela 8, no entanto, o efeito principal do fungo não foi significativo ($p < 0,05$), e desta forma foi estudada a interação substrato x tempo (Tabela 9).

Na Tabela 8 observa-se significância ($p < 0,05$) para substratos, tempo e a interação de ambos, e então utilizamos para gerar as equações que podem prever a altura de *Peltophorum dubium* Spreng Taub, levando em conta as mesmas condições elencadas neste trabalho e o intervalo de tempo em dias. Com os resultados obtidos, temos assim: substratos, substratos x tempo e tempo que fazem parte da equação para predição da altura, e fixamos os substratos no tempo (30, 60, 90, 120, e 150 dias) (Figura 8).

Foram observadas repostas diferentes para a variável altura em função do tempo, de acordo com o tipo de substrato utilizado. É possível perceber que até os 60 dias a altura não difere nos substratos, e que as mudanças começam a partir dos 90 dias após o transplante das mudas, e segue de forma crescente para os substratos solo + areia, solo + areia com cama de frango, solo + areia com esterco bovino, e solo + areia com esterco ovino, sendo o resultado mais baixo encontrado no substrato de solo com areia,

mostrando a importância do substrato na produção de mudas e sua interferência nas respostas das plantas.

Foi ajustado o modelo e calculado os coeficientes, valores de interceptos e Odds Ratio (OR), que explica as chances de um evento acontecer, no caso o aumento da altura em função do substrato utilizado e o tempo. (Tabela 9).

Tabela 8. Teste de Qui-Quadrado para altura em mudas de *Peltophorum dubium* Spreng Taub inoculadas com fungos micorrízicos e cultivadas em diferentes tipos de substratos.

Variáveis	Chi Square	G. L	P Valor
Fungo	8,49	5	0,13
Substrato	35,50	3	0,00*
Tempo	5579,48	1	0,00*
Substrato X tempo	278,06	3	0,00*

*Significativo pelo teste de de Qui-Quadrado ($p < 0,05$). (Chi Square) = Valor calculado de Qui-Quadrado.

Tabela 9. Valores de Coeficientes de Regressão, Intercepto de Inclinação, Odds Ratio (OR) para altura de *Peltophorum dubium* Spreng Taub em função do substrato.

Substrato*	Tempo	Intercepto	OR/DIA	OR/30 DIAS
S+A c/CF	0,016	1,328	1,016	1,628
S+A c/EB	0,016	1,335	1,017	1,635
S+A c/EO	0,017	1,407	1,017	1,672
S+A	0,009	1,721	1,009	1,309

*Solo + areia com cama de frango (S+A c/CF), Solo + areia com esterco bovino (S+A c/EB), Solo + areia com esterco bovino (S+A c/EO), Solo + areia (S+A).

Os melhores valores observados para o coeficiente de regressão, inclinação do intercepto, OR diário e OR 30 (dias) foi para as mudas cultivadas com esterco ovino, que apresentaram os valores, respectivamente de: 0,017, 1,407, 1,017, 1,672, e o pior valor para o substrato contendo somente solo + areia, levando em conta todo o intervalo de tempo do experimento. De maneira geral, tais valores são plotados na equação para prever a altura, em função do tempo, e este que pode ser escolhido aleatoriamente.

Através das equações de predição, possibilitam a programação da produção das de canafístula, para ter a muda na época que desejar, e com as dimensões requeridas, e também pensando na logística, em que precisa-se entregar um quantia de mudas para um projeto de recuperação ambiental, com clientes que desejam mudas com determinada altura, a partir das equações pode-se calcular o tempo necessário para as

plantas atingirem a altura desejada. Vale lembrar que os valores foram obtidos experimentalmente e seguiram o princípio da repetição.

A seguir são descritas as equações encontradas para cada tipo de substrato, utilizando os valores da (Tabela 9). No valor tempo pode ser plotado qualquer valor de 0 a 150 dias para se determinar a altura média que resultará em dado tempo:

exp = exponencial

Equação para substrato (S+A com cama de frango)

$$Altura = \exp (1,328 + 0,016 * Tempo)$$

Ex: cálculo para 30 dias =

$$Altura = \exp (1,328 + 0,016 * 30 \text{ dias})$$

$$\text{Resposta} = 6,10 \text{ cm}$$

Equação para substrato (S+A com esterco bovino)

$$Altura = \exp (1,335 + 0,016 * Tempo)$$

Ex: cálculo para 30 dias =

$$Altura = \exp(1,335 + 0,016 * 30 \text{ dias})$$

$$\text{Resposta} = 6,14 \text{ cm}$$

Equação para substrato (S+A com esterco ovino)

$$Altura = \exp (1,407 + 0,017 * Tempo)$$

Ex: cálculo para 30 dias =

$$Altura = \exp (1,407 + 0,017 * 30 \text{ dias})$$

$$\text{Resposta} = 6,80 \text{ cm}$$

Equação para substrato (S+A)

$$Altura = \exp (1,721 + 0,009 * Tempo)$$

Ex: cálculo para 30 dias =

$$Altura = \exp (1,721 + 0,009 * Tempo)$$

$$\text{Resposta} = 7,32$$

Como descrito acima, pode-se calcular para qualquer intervalo de tempo utilizado neste experimento, a altura, e também pode-se calcular o inverso a partir da função logarítmica (ln), assim temos o tempo de vida aproximado da planta através de sua altura, como descrito a seguir nas equações:

Equação para substrato (S+A com cama de frango)

$$Tempo = \frac{\ln(Altura) - 1,328}{0,016}$$

Equação para substrato (S+A com esterco bovino)

$$Tempo = \frac{\ln(Altura) - 1,335}{0,016}$$

Equação para substrato (S+A com esterco ovino)

$$Tempo = \frac{\ln(Altura) - 1,407}{0,017}$$

Equação para substrato (S+A)

$$Tempo = \frac{\ln(Altura) - 1,721}{0,009}$$

Com os valores referentes na Tabela 9, foi esboçado o gráfico com as curvas de ajustes, referente aos tipos de substratos em relação ao tempo, conforme apresentados na Figura 8, e inseridos nas equações de regressão. É notadamente perceptível que há um incremento exponencial na altura ao longo do tempo nos substratos estudados, com exceção para as mudas cultivadas em substrato com solo e areia.

No que se refere aos maiores resultados em altura, observamos respectivamente em S+A com esterco bovino, S+A com cama de frango e S+A com esterco ovino até os 90 dias do experimento, e no intervalo de 90 a 150 dias os três referidos substratos não diferiram entre si, apenas do substrato que continha somente solo com areia.

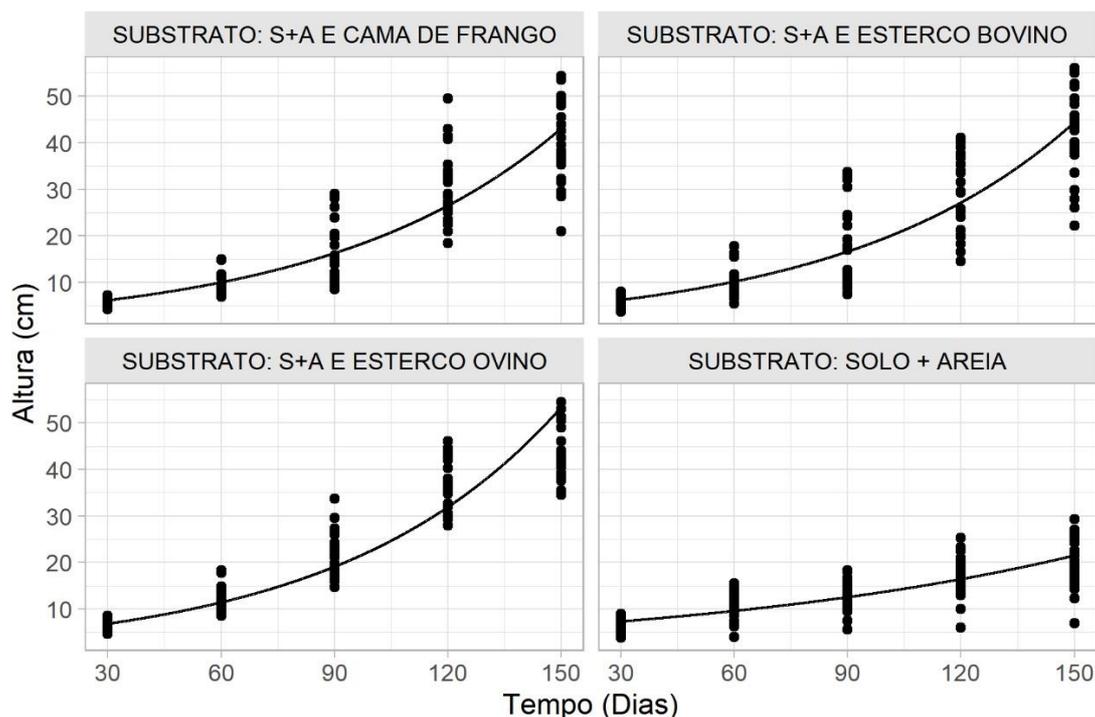


Figura 8. Curvas de ajuste de regressão da altura (y) em mudas de *Peltophorum dubium* Spreng Taub cultivadas com diferentes substratos em função tempo.

Este estudo utilizou métodos robustos de análise estatística, gerando equações de regressão para predição de certas variáveis, no entanto, são poucos trabalhos em literatura que utilizam estes métodos, sendo mais comum a análise de variância e testes de médias. Na literatura, encontramos o uso na área de pesquisa em silvicultura, precisamente para cálculos de inventário florestal, hipsométrico e dendrométrico. Tais métodos são importantes, pois os pesquisadores precisam fazer mensurações indiretas de altura e volume de madeira, o que facilita o manejo de grandes talhões de cultivos de espécies florestais.

Utilizando modelos hipsométricos generalizados mistos na predição da altura de *Eucalyptus* spp. considerando a relação altura x diâmetro, Mendonça et al. (2015) utilizaram dados de diferentes amostras de árvores, testando dois modelos, o sigmoideal e o assíntoto, e obteve maior precisão dos modelos quando utilizaram a teoria dos efeitos mistos, que leva em conta os efeitos fixos e aleatórios.

Ré et al. (2015), No estudo equações alométricas em plantios mistos visando a restauração de uma floresta estacional semidecidual, com intuito de gerar equações preditivas, levando em conta o diâmetro, altura e volume das plantas, aplicando modelo hipsométrico e volumétrico. Obtiveram êxito em equações utilizadas para descrever as

relações hipsométricas e volumétricas de nove espécies do trabalho, mostrando a importância da utilização de equações para mensuração de altura, diâmetro e volume de árvores.

Neste mesmo tema de estudo, Oliveira et al. (2015), utilizaram equações hipsométricas para avaliar *Eucalyptus* spp, em área não homogênea de cultivo, pois existiam árvores não manejadas, com idade avançada. Utilizaram técnicas de inclusão de covariantes, com o intuito de identificar as relações hipsométricas da espécie em estudo e em determinada condição, com seis modelos de regressão e obtiveram uma equação, que auxiliou nas técnicas de predição.

,Em uma avaliação de dois métodos estatísticos, o modelo linear generalizado (GLM), que exige os pressupostos de normalidade, esfericidade e homogeneidade, e o modelo linear generalizado mistos (GLMM), uma extensão do GLM, no entanto, mais robusto e permite que não sejam atendidos os pressuposto exigido no GLM, homogeneidade, esfericidade e normalidade dos dados, Souza e Filho (2014) consideraram um experimento em arranjo fatorial em DIC, no qual as unidades experimentais seriam medidas várias vezes no tempo. No resultado final, o (GLMM) foi superior ao (GLM), isto porque inseriu um componente aleatório para cada unidade experimental, e este deve ser utilizado quando, por exemplo, o experimento tiver medidas repetidas no tempo.

Como referido anteriormente por Souza e Filho (2014), sobre a utilização de GLMM ser designado também para medidas repetidas no tempo, no presente experimento utilizamos este com resultados satisfatórios.

Em um estudo modelos hipsométricos em um plantio clonal de *Tectona grandis* Linn F., submetido a desbaste seletivo, Santos et al. (2019) coletaram amostras de povoamento de cinco anos de idade. Para escolha do modelo se basearam no melhor coeficiente de determinação ajustado, erro padrão residual %, erro padrão residual calculado, diagnóstico de distribuição dos resíduos %, e desvio médio percentual, e como resultado os modelos hiperbólicos e polinomiais foram os melhores para apresentar estimativas de altura das árvores de seu trabalho.

A partir dos modelos aqui referenciados, foram observados a importância da utilização de diversos modelos matemáticos para estimar variáveis de interesse. No caso dos trabalhos citados, a implicação prática está em reduzir o trabalho de inventário florestal através de mensurações indiretas da altura e ou volume, no caso da canafístula,

neste experimento, foi poder gerir a produção de mudas e prever as variáveis de crescimento ao longo do tempo.

Na Tabela 10 são apresentados os valores médios de altura de canafístula cultivadas em diferentes substratos com resíduos orgânicos e suas comparações múltiplas em relação a cada tempo amostrado. Aos 30 e 60 dias após o plantio não houve diferença significativa ($p < 0,05$) das alturas mensuradas em função dos substratos, demonstrando que esse tempo não foi suficiente para a completa mineralização da matéria orgânica e disponibilidade dos nutrientes nos substratos, além de que as mudas estavam em início de crescimento e processo de estabelecimento inicial, no qual suas respostas quanto a crescimento ainda são poucos expressivos.

No entanto, a partir de 90DAT, verificou-se que no S + A, as mudas apresentaram menores valores, em comparação aos demais substratos, indicando que a adição de resíduos orgânicos ao substrato base contribui positivamente no incremento desta característica de crescimento, especialmente aos 120 e 150 DAT (tabela 10), de certa forma os nutrientes disponibilizados aumentaram a eficiência das mudas em crescimento, melhorando sua nutrição.

Houve diferença significativa para altura de canafístula aos 90 dias após o transplante, neste intervalo avaliado o cenário já muda, o solo + areia apresentou a menor altura média (15,07 cm), ao contrário dos substratos s+a com esterco bovino, s+a com cama de frango e s+a com esterco ovino, que apresentaram respectivamente alturas médias de 18,26, 19,86 e 26,20 cm. O melhor resultado foi para s+a com esterco ovino, e este diferiu dos demais. O esterco bovino diferiu apenas do s+a e s+a com esterco ovino, não diferindo de s+a com cama de frango.

Tabela 10. Altura (cm) de *Peltophorum dubium* Spreng Taub cultivadas em substratos com resíduos orgânicos em função do tempo.

Substratos	30	60	90 (dias)	120	150
S+A	7,32a	12,60a	15,07c	19,88b	23,18b
S+A c/CF	6,85a	11,30a	18,26bc	35,42a	46,43a
S+A c/EB	6,80a	11,79a	19,86b	34,60a	48,43a
S+A c/EO	7,29a	13,91a	26,20a	43,12a	50,86a

*Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), nível ajustado pelo método de Sidak, performance do teste pela escala log, valores na escala original. Solo + areia com cama de frango (S+A c/CF), Solo + areia com esterco bovino (S+A c/EB), Solo + areia com esterco bovino (S+A c/EO), Solo + areia (S+A).

A altura de mudas de canafístula avaliada aos 120 dias após o transplante do substrato solo + areia, apresentou o menor valor observado, diferindo dos demais ($p < 0,05$). Para os substratos com resíduos orgânicos, mesmo não havendo diferenças estatísticas entre os substratos s+ a com cama de frango, s+a com esterco bovino e s+a com esterco ovino, este último apresentou numericamente o maior valor observado para altura, comportamento repetido desde as primeiras avaliações.

Na última avaliação, aos 150 dias após a retirada das mudas, novamente o substrato s + a apresentou resultado inferior para altura quando comparado aos demais e diferiu significativamente ($p < 0,05$), sendo o maior valor observado para o substrato s+a com esterco ovino, com altura de 50,86 cm, no entanto, não diferindo dos substratos s+a com cama de frango e s+a com esterco bovino que apresentaram respectivamente 46,43 e 48,43 cm.

Em trabalho com produção de mudas de *Peltophorum dubium* Spreng Taub Silva et al. (2020a), verificaram que a maior altura de mudas, quando testaram nove tipos de substratos, 100% de solo (S), 100 de vermicomposto (V), 100 % de substrato comercial (SC), e mais seis combinações dos três, e dois tamanhos de recipientes, foram as cultivadas nos substratos contendo 25% de (V) e 75% de (SC), e o inferior no substrato contendo 100% de (V). Logo infere - se que ocorre uma dinâmica diferente entre os tipos de substratos, e sua relação com o crescimento da planta influencia sua resposta em crescimento.

No estudo sobre a influência de cinco tipos de substratos na produção de mudas canafístula, estes compostos por diferentes combinações de solo argiloso peneirado, areia, vermiculita, osmocote (fertilizante), composto orgânico de aves, composto orgânico de bovinos e composto orgânico de suínos, Szareski et al. (2015), encontraram

a melhor resposta para altura nos tratamentos dois e três contendo: T2= 45% de solo, 45% de areia, 10% de vermiculita e 108 gramas de osmocote, e o T3= 35% de solo, 35% de areia, 10% de vermiculita e 20% de composto de aves, e neste trabalho houve associação do fator substrato com o tempo, em três medidas repetidas.

Como relatado no trabalho supracitado, há inúmeras combinações de materiais para se formar o substrato, Silva et al. (2020b), cultivou mudas de *Peltophorum dubium* Spreng Taub em um material proveniente de composto de lodo com outros dois materiais (bagaço de cana e casca de eucalipto), tendo como controle o substrato comercial. O melhor valor para altura foi encontrado para o substrato composto por lodo de esgoto e casca de eucalipto.

Como visto, em alguns estudos, há adaptabilidade da espécie *Peltophorum dubium* Spreng Taub nos diversos tipos de ambientes e condições impostas, podendo ser indicado diversos tipos de substratos na produção de suas mudas. Esta espécie também é responsiva a adubação com macronutrientes. Cruz et al. (2012), avaliaram a produção de mudas de *Peltophorum dubium* Spreng Taub cultivadas em latossolo vermelho em reposta a macronutrientes e obteve bons resultados no crescimento, em relação ao controle sem adição de macronutrientes.

Dutra et al. (2016), estudaram o crescimento e qualidade de mudas de *Peltophorum dubium* Spreng Taub adubadas com fertilizante de liberação lenta em duas formulações, e 5 dosagens destes, e as mudas apresentaram bons resultados para a variável altura em especial para a formulação comercial de osmocote 19-06-10 com tempo de liberação de 3 a 4 meses, mostrando o efeito positivo do seu uso na produção de mudas.

São inúmeras as possibilidades de substratos com respostas satisfatórias para mudas de canafístula. Padilha et al. (2018), avaliaram o crescimento de mudas de canafístula produzidas a partir de adubação orgânica e bioestimulante em substrato comercial, com melhores resultados de altura de mudas cultivadas em substrato orgânico de origem vegetal.

Em um contexto geral de resultados de altura apresentados, existem respostas diferentes de mudas de canafístula ao longo do tempo, ou seja o crescimento das mudas são influenciadas pelo tempo de cultivo. O tempo é um fator a se considerar em experimentos onde são realizadas mais de uma medida na mesma unidade experimental, pois há respostas diferentes em relação aos substratos utilizados.

Através dos testes estatísticos aplicados aos dados de altura, observou - se que não houve associação dos tratamentos com as espécies de fungos utilizadas neste experimento, com o tempo e substrato + resíduos orgânicos, pela interação não significativa entre eles, ou seja, o teste de Qui-Quadrado ($p < 0,05$) mostrou que o fator fungo é independente dos fatores tempo e substrato + resíduos orgânicos Tabela 11.

Tabela 11. Altura (cm) em mudas de *Peltophorum dubium* Spreng Taub inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares - FMAs.

FMAs	30	60	90 (dias)	120	150
Sem FMAs	6,15a	11,51a	19,06a	28,50a	37,18a
<i>C. eutunicatum</i>	6,39a	11,93a	18,59a	29,14a	35,91a
<i>G. albida</i>	6,36a	11,09a	17,61a	30,73a	38,16a
<i>G. clarum</i>	6,47a	10,42b	16,05a	29,35a	37,74a
<i>G. margarita</i>	5,52b	9,06b	17,07a	26,59a	34,13a
MIX	5,52b	9,94b	16,97a	27,32a	34,90a

*Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Para a variável diâmetro utilizou o mesmo procedimento usado para a variável altura, e obtivemos um modelo linear generalizado misto com família Gamma e função de ligação *log*. Para determinar a equação estimativa da variável resposta analisou-se a significância de cada fator e suas interações ao nível de 5% pelo teste de Qui-Quadrado.

Na primeira análise (Tabela 12) para diâmetro, os fatores que foram significativos ($p < 0,05$) pelo teste de Qui-Quadrado são o substrato com resíduos orgânicos, tempo, interação fungo x substrato, fungo x tempo e substrato x tempo, fungo e a interação tripla fungo x substrato x tempo foram não significativos.

Foi desconsiderada a interação tripla não significativa mostrada no teste anterior. Os resultados foram significativos ($p < 0,05$) para substrato com resíduos orgânicos, tempo, interação fungo x substrato, fungo x tempo e substrato x tempo, e não significativo para fungo, e assim realizou-se outro teste levando em conta fatores significativos.

Na última análise (Tabela 13), com os fatores significativos ($p < 0,05$): substrato com resíduos orgânicos, tempo, interação fungo x tempo e substrato x tempo, observou-se que para o variável diâmetro existe associação das respostas pela inoculação micorrízica x tempo e substratos com resíduos orgânicos x tempo, sendo o modelo final

para cálculo dos coeficientes de regressão e Odds Ratio (razões de chance), no qual foi gerado um modelo para cada interação.

Tabela 12. Teste de Qui-Quadrado para diâmetro em mudas de *Peltophorum dubium* Spreng Taub inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares e cultivadas em substratos com resíduos orgânicos.

Variáveis	Chi Square	G.L	Valor P
Fungo	10,04	5	0,07
Substrato	13,81	3	0,00*
Tempo	5713,29	1	0,00*
Fungo x Substrato	25,20	15	0,05*
Fungo x Tempo	14,95	5	0,01*
Substrato x Tempo	281,76	3	0,00*
Fungo x Substrato X tempo	18,58	15	0,23

*Significativo pelo teste de de Qui-Quadrado ($p < 0,05$). (Chi Square) = Valor calculado de Qui-Quadrado.

Tabela 13. Teste de Qui-Quadrado para diâmetro em mudas de *Peltophorum dubium* Spreng Taub inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares e cultivadas em substratos com resíduos orgânicos.

Variáveis	Chi Square	G.L	Valor P
Substrato	13,94	3	0,00*
Tempo	5311,13	1	0,00*
Fungo x tempo	35,21	5	0,02*
Substrato X tempo	262,24	3	0,00*

*Significativo pelo teste de de Qui-Quadrado ($p < 0,05$). (Chi Square) = Valor calculado de Qui-Quadrado.

Foi ajustado o modelo e calculado os coeficientes, valores de interceptos e Odds Ratio (OR), sendo este um parâmetro explicativo sobre as razões de chance de um evento acontecer, no caso, o aumento do diâmetro em função do substrato com resíduos orgânicos utilizados e o tempo Tabela 14.

Tabela 14. Valores de Coeficientes de Regressão, Intercepto de Inclinação, Odds Ratio (OR) para diâmetro em mudas de *Peltophorum dubium* Spreng Taub em função do substrato.

Substrato	Tempo	Intercepto	OR/DIA	OR/30 DIAS
S+A c/CF	0,014	0,031	1,015	1,541
S+A c/EB	0,014	0,048	1,014	1,531
S+A c/EO	0,014	0,100	1,014	1,506
S+A	0,008	0,501	1,009	1,254

Solo + areia com cama de frango (S+A c/CF), Solo + areia com esterco bovino (S+A c/EB), Solo + areia com esterco de ovino (S+A c/EO), Solo + areia (S+A).

As equações encontradas para substratos com resíduos orgânicos são descritas a seguir para as respostas de diâmetro, relacionado com substratos com resíduos orgânicos em função do tempo (Tabela 14). O valor tempo pode ser plotado para qualquer valor de 0 a 150 dias, para se determinar o diâmetro médio que resultará em dado tempo.

exp= exponencial

Equação para substrato (S+A com cama de frango)

$$Diâmetro = \exp (1,015 + 0,014 * Tempo)$$

Equação para substrato (S+A com esterco bovino)

$$Diâmetro = \exp (1,014 + 0,014 * Tempo)$$

Equação para substrato (S+A com esterco de ovino)

$$Diâmetro = \exp (1,014 + 0,016 * Tempo)$$

Equação para substrato (S+A)

$$Diâmetro = \exp (1,008 + 0,008 * Tempo)$$

Com os resultados obtidos Tabela 14, o valor de Odds Ratio mais alto foi para o substrato s+a com cama de frango, e reflete de maneira geral, que isso influenciará no resultado da equação de regressão quando comparado com determinado intervalo de tempo e com os demais. Os substratos s+a com esterco bovino, s+a com esterco ovino e s+a apresentaram valores de Odds Ratio respectivamente de 1,014, 1,014 e 1,008. A partir dos valores referentes à Tabela 14, foi esboçado o gráfico com as curvas de ajustes, referentes aos substratos com resíduos orgânicos em relação ao tempo Figura 9, e inserido as equações de regressão.

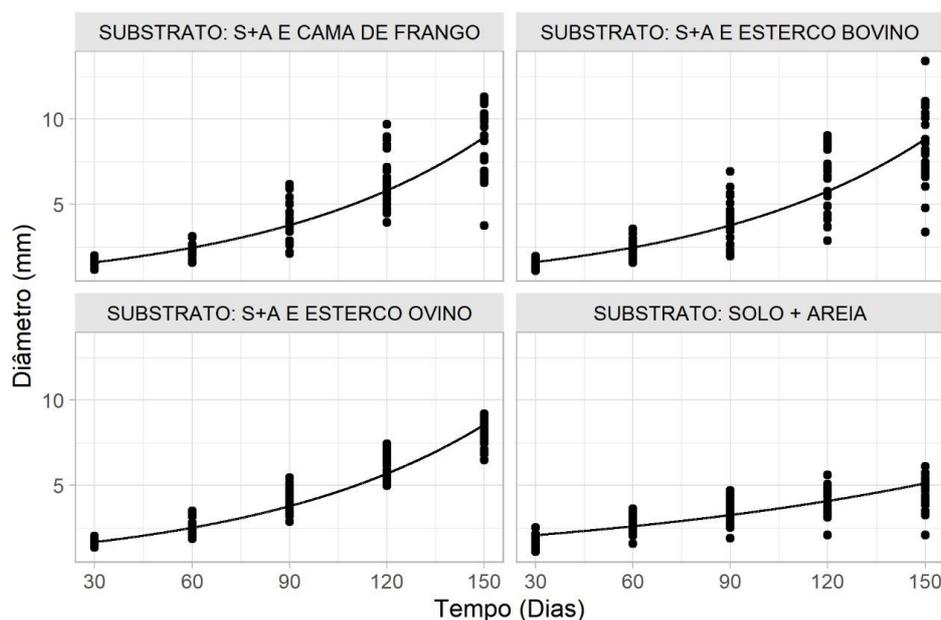


Figura 9. Curvas de ajuste de regressão do diâmetro (y) em mudas de *Peltophorum dubium* Spreng Taub cultivadas com substratos com resíduos orgânicos em função tempo.

Pela análise gráfica percebemos que nos primeiros 30 dias não houve diferenças em relação aos substratos com resíduos orgânicos na variável resposta diâmetro, que seguiram o mesmo ajuste, dos 30 dias até os 60 dias após o transplântio, e começaram surgir diferenças nos substratos com resíduos orgânicos utilizados no cultivo de *Peltophorum dubium* Spreng Taub, com superioridade do substrato s+a areia.

A partir dos 90 dias a curva de ajuste de diâmetro muda em relação ao substrato s+a areia, neste o ganho em diâmetro fica mais lento quando comparado aos demais. Essa situação prossegue até os 150 dias do experimento, mostrando a inferioridade do substrato com solo e areia, também observada quando analisada a variável altura anteriormente.

Os dados de médias de diâmetro de *Peltophorum dubium* Spreng Taub, de acordo com o substrato com resíduos orgânicos e em função do tempo são apresentados na Tabela 15, aos 30 dias após o transplante foram observados valores de 1,92, 1,76, 1,83 e 1,71 mm, respectivamente para s+a, s+a com esterco ovino, s+a com esterco bovino s+a com cama de frango, não houve diferença significativa ($p > 0,05$).

Aos 60 dias, as mudas cultivadas no substrato s+a apresentaram média de diâmetro de 3,17 mm Tabela 15, e diferiu dos demais, no entanto após aos 90 dias apresentou o menor valor, de 4,15 mm, não diferindo dos demais estatisticamente. O

valor de diâmetro das mudas de canafistula dos 90 dias até os 150 dias após o transplante Tabela 15 apresentaram um acréscimo para as plantas cultivadas nos substratos s+a com esterco ovino, s+a com cama de frango e para esterco bovino que apresentou diâmetro médio de 9,42 mm.

Padilha et al. (2018), em seu estudo avaliando o crescimento de *Peltophorum dubium* Spreng Taub em substrato comercial e outro de origem orgânica, obteve o melhor resultado para a variável diâmetro para mudas cultivadas em substrato orgânico. Dutra et al. (2016), obteve resultados satisfatórios para mudas de canafistula cultivadas com fertilizante de liberação lenta, e para a variável diâmetro encontrou o melhor resultado com a formulação de osmocote 19-06-10 e doses entre 5,4 a 8,2 gramas por dm³. Cruz et al. (2012) também obteve respostas significativas em incremento no diâmetro em mudas de *Peltophorum dubium* Spreng Taub cultivadas em latossolo vermelho e fertilizadas com macro nutriente, em comparação ao controle sem adição de macro nutrientes, já no presente trabalho, as melhores respostas em diâmetro foram quando da adição resíduos orgânicos no substrato base de solo + areia.

Tabela 15. Diâmetro (mm) de *Peltophorum dubium* Spreng Taub cultivadas em substratos com resíduos orgânicos em função do tempo.

Substrato	30	60	90 (dias)	120	150
S+A	1,92a	3,17a	4,15a	4,78b	5,03b
S+A c/CF	1,71a	2,56b	4,25a	7,40a	9,18a
S+A c/EB	1,76a	2,66b	4,25a	7,06a	9,42a
S+A c/EO	1,83a	2,84ab	4,67a	7,05a	8,85a

*Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), nível ajustado pelo método de Sidak, performance do teste pela escala log, valores na escala original. Solo + areia com cama de frango (S+A c/CF), Solo + areia com esterco bovino (S+A c/EB), Solo + areia com esterco de ovino (S+A c/EO), Solo + areia (S+A).

Foi ajustado o modelo e calculado os coeficientes de regressão, valores de interceptos e Odds Ratio (OR), para a variável diâmetro em relação ao fungo inoculado em função do tempo, isto porque para essa variável ambos estão associados diferentemente da altura. Os valores constam na Tabela 16.

Tabela 16. Valores de coeficientes de regressão, intercepto de inclinação, odds ratio (OR) para diâmetro em mudas de *Peltophorum dubium* Spreng Taub inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares em função do tempo.

Substrato	Tempo	Intercepto	OR/DIA	OR/30 DIAS
C. eutunicatum	0,011	0,311	1,011	1,409
G. albida	0,012	0,302	1,012	1,420
G. clarum	0,013	0,091	1,013	1,490
G. margarita	0,013	0,056	1,013	1,486
MIX	0,014	0,066	1,014	1,505
Sem FMA,s	0,012	0,199	1,013	1,452

As equações encontradas para cada espécie de fungo micorrízico arbuscular são descritas a seguir para as respostas de diâmetro, em função da associação com o tempo, utilizando os valores da Tabela 16.

exp= exponencial

Equação para *C. eutunicatum*

$$Diâmetro = \exp (1,011 + 0,011 * Tempo)$$

Equação para *G. albida*

$$Diâmetro = \exp (1,012 + 0,012 * Tempo)$$

Equação *G. clarum*

$$Diâmetro = \exp (1,013 + 0,013 * Tempo)$$

Equação *G. margarita*

$$Diâmetro = \exp (1,013 + 0,013 * Tempo)$$

Equação para MIX

$$Diâmetro = \exp(1,014 + 0,014 * Tempo)$$

Equação para Sem FMA's

$$Diâmetro = \exp (1,013 + 0,012 * Tempo)$$

Após a elaboração das equações de regressão para fungos micorrízicos associados ao tempo, foi esboçado o gráfico com as curvas de ajustes, referente às espécies de micorrizas em relação ao tempo (Figura 10). A partir da análise gráfica (Figura 3) observa-se que não houve diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os tratamentos com fungos micorrízicos na resposta diâmetro, e somente até os noventa dias após o transplante houve diferença, no entanto, nota-se que *C. eutunicatum* e o

tratamento sem fungos micorrízicos arbusculares (sem FMAs) foram melhores que os demais, portanto tal efeito pode ser aleatório, e de fato se confirma ao se comparar o gráfico até os 150 DAT, em que todos os tratamentos se equiparam, e desta forma, mostraram que não existe diferença entre os tratamentos testados, e que a diferença entre eles ocorre apenas entre 60 e 90 DAT.

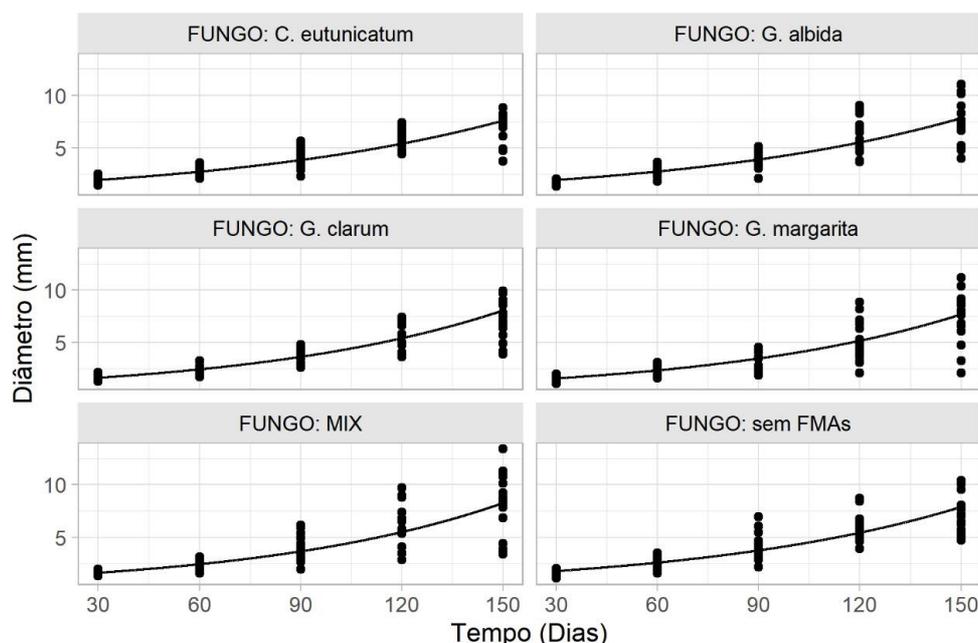


Figura 10. Curvas de ajuste de regressão do diâmetro (y) em mudas de *Peltophorum dubium* Spreng Taub inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares em função tempo.

Na Tabela 17 são apresentadas as médias de diâmetro observadas para mudas de *Peltophorum dubium* Spreng Taub inoculadas com fungos micorrízicos. Os tratamentos com micorrizas só diferiram no tempo de 90 dias após o transplante, sendo observados os valores médios para diâmetro de 4,99, 4,92, 4,82, 4,55, 4,49 e 3,72 mm, respectivamente para *C. eutunicatum*, *sem FMAs*, *G. albida*, *MIX*, *G. clarum* e *G. margarita*.

Quando comparado os tratamentos aos 120 e 150 DAT, não existem diferenças estatísticas ($p < 0,05$) entres os grupos nas avaliações, e de acordo com os resultados obtidos para FMAs sobre a variável diâmetro e altura, a aplicação dos fungos micorrízicos arbusculares utilizados nas condições do experimento não mostram os benefícios esperados para esta espécie.

Tabela 17. Diâmetro (mm) de *P. dubium* Spreng Taub inoculadas com fungos micorrízicos em função do tempo.

Fungo	30	60	90 (dias)	120	150
<i>C. eutunicatum</i>	2,01a	3,30a	4,99a	7,01a	8,06a
<i>G. albida</i>	2,13a	3,29a	4,82ab	7,32a	8,86a
<i>G. clarum</i>	1,80a	2,82a	4,49ab	6,98a	8,70a
<i>G. margarita</i>	1,83a	2,60a	3,72b	6,39a	8,28a
MIX	1,82a	2,74a	4,55ab	7,15a	9,18a
Sem FMAs	1,87a	3,08a	4,92a	6,90a	8,50a

*Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Para a variável relação diâmetro x altura (RAD) utilizou o mesmo procedimento usado para a variável altura e diâmetro, e obtivemos um modelo linear generalizado misto, com família Gaussiana. Para determinar a equação de estimação da variável resposta analisou-se a significância de cada fator e suas interações ao nível de 5% pelo teste de Qui-Quadrado. Considerou-se os fatores significativos para a modelagem das equações de predição com os resultados da Tabelas 18 e Tabela 19.

Tabela 18. Teste de Qui-Quadrado para RAD em mudas de *P. dubium* Spreng Taub inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares e cultivadas em substratos com resíduos orgânicos.

Variáveis	Chi Square	G.L	Valor P
Fungo	7,83	5	0,17
Substrato	77,03	3	0,00*
Tempo	268,89	1	0,00*
Fungo x Substrato	17,52	15	0,29
Fungo x Tempo	13,51	5	0,02*
Substrato x Tempo	11,11	3	0,01*
Fungo x Substrato x tempo	24,47	15	0,06

*Significativo pelo teste de de Qui-Quadrado ($p < 0,05$). (Chi Square) = Valor calculado de Qui-Quadrado.

A análise do modelo de predição para a relação altura x diâmetro (RAD) com dados da Tabela 19, resultaram nos fatores significativos ($p < 0,05$): substrato com resíduos orgânicos, tempo, interação substrato x tempo, neste teste somente encontrou associação para substrato com resíduos orgânicos e tempo, e foi utilizado para cálculo dos coeficientes de regressão e Odds Ratio (razões de chance), e modelou para cada interação.

Tabela 19. Teste de Qui-Quadrado para RAD em mudas de *P. dubium* Spreng Taub inoculadas com FMAs e cultivadas em substratos com resíduos orgânicos.

Variáveis	Chi Square	G.L	Valor P
Substrato	58,40	3	0,00*
Tempo	248,83	1	0,00*
Substrato X tempo	10,62	3	0,01*

*Significativo pelo teste de de Qui-Quadrado ($p < 0,05$). (Chi Square) = Valor calculado de Qui-Quadrado.

Foi ajustado o modelo e calculado os coeficientes de regressão, valores de interceptos e Odds Ratio (OR), para a variável (RAD) em função do tempo Tabela 20.

Tabela 20. Valores de Coeficientes de Regressão, Intercepto de Inclinação, Odds Ratio (OR) para (RAD) de *Peltophorum dubium* Spreng Taub em função do substrato com resíduos orgânicos.

Substrato	Tempo	Intercepto	OR/DIA
S+A c/CF	0,001448	1,301428	$4,0 \times 10^{-5}$
S+A c/EB	0,002749	1,269588	$-3,0 \times 10^{-06}$
S+A c/EO	0,010719	1,073884	$4,3 \times 10^{-05}$
S+A	-0,003600	1,427033	$2,6 \times 10^{-05}$

*Solo + areia com cama de frango (S+A c/CF), Solo + areia com esterco bovino (S+A c/EB), Solo + areia com esterco de ovino (S+A c/EO), Solo + areia (S+A).

Os ajustes da curva de regressão em função dos substratos contendo resíduos orgânicos ao longo do tempo indicam variação entre os mesmos em relação ao tempo Figura 11. Pela análise gráfica é perceptível que no substrato solo + areia com cama de frango e no de solo + areia com esterco bovino há uma grande variação dos dados, além da presença de outliers, ou seja, valores discrepantes, sendo a melhor distribuição de dados para o substrato solo + areia com esterco ovino, de certa forma sua mineralização foi mais homogênea se comparado aos demais resíduos orgânicos.

Com o ajuste da curva de regressão para RAD, observado na Figura 11, infere-se que até os 30 DAT não há diferença na curva dos dados, apenas mais expressiva para o substrato s+a com cama de frango, e nos 60 dias um ganho expressivo do substrato s+a com esterco ovino, que nos demais substratos, e assim continua até os 90 DAT, momento este que as mudas com substrato s+a apresenta um declínio em relação aos outros tipos de substratos.

Destaca-se entre 90 a 120 DAT, as mudas produzidas no substrato s+a apresentaram característica para RAD, quanto menor o valor, melhor é o RAD, os substratos s+a com cama de frango e s+a com esterco bovino tiveram um leve aumento, e quase se equiparando ao s+a, exceto o substrato solo + areia com esterco de ovino.

Após os 150 dias o transplante das mudas é evidente a superioridade daquelas cultivadas no substrato solo + areia com esterco bovino em relação ao s+a, e menos expressiva quanto aos demais, com os melhores resultados para as variáveis altura, diâmetro e relação altura x diâmetro.

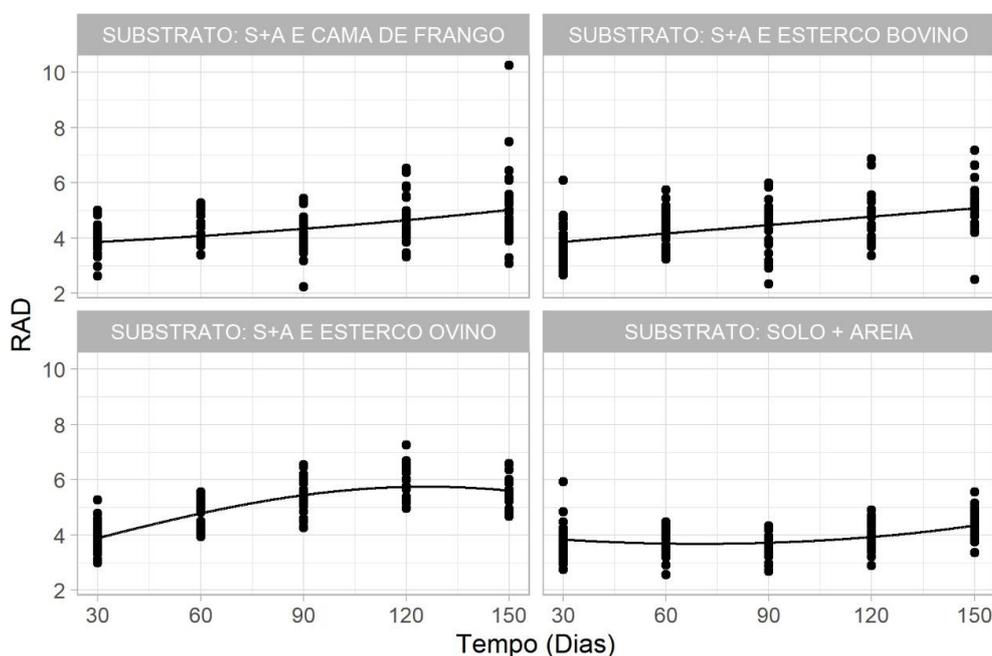


Figura 11. Curva de ajuste de regressão da relação altura x diâmetro (RAD) em mudas de *Peltophorum dubium* Spreng Taub (0 -150 dias).

As médias de relação altura x diâmetro são apresentadas na Tabela 21. Para os valores observados aos 30 DAT, não houve diferença significativa ($p < 0,05$) para os tipos de substratos. Nos 60 DAT, o substrato s+a com esterco bovino apresentou média para RAD de 5,24, que diferiu de s+a que teve RAD de 4,26, sendo que o s+a com esterco ovino não diferiram estatisticamente de s+a com cama de frango e s+a com esterco bovino.

Aos 90 DAT o substrato s+a apresentou o menor valor observado para RAD, diferindo ($p < 0,05$) dos substratos s+a com esterco bovino s+a com esterco ovino, que apresentaram os melhores resultados. O substrato s+a com esterco ovino foi superior aos demais ($p < 0,05$) aos 120 DAT, apresentando valor para RAD de 6,46, em

comparação ao s+a com esterco bovino, s+a com cama de frango e s+a que apresentaram respectivamente 5,32, 5,17 e 4,44.

Aos 150 DAT o substrato s+a apresentou valor de 4,90 para RAD, bem inferior ao s+a com esterco ovino, no qual diferiu ($p < 0,05$), no entanto, os substratos s+a com esterco bovino e s+a com cama de frango não diferiram estatisticamente do substrato somente com solo e areia.

Tabela 21. Relação altura x diâmetro (RAD) em mudas de *Peltophorum dubium* Spreng Taub cultivadas em substratos com resíduos orgânicos em função do tempo.

Substrato	30	60	90 (dias)	120	150
S+A	4,15a	4,26a	3,94c	4,44c	4,90c
S+A c/CF	4,34a	4,74a	4,57bc	5,17b	5,63bc
S+A c/EB	4,23a	4,69a	4,86b	5,32b	5,63bc
S+A c/EO	4,32a	5,24a	5,96a	6,46a	6,09a

*Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), nível ajustado pelo método de Sidak, performance do teste pela escala log, valores na escala original. Solo + areia com cama de frango (S+A c/CF), Solo + areia com esterco bovino (S+A c/EB), Solo + areia com esterco de ovino (S+A c/EO), Solo + areia (S+A).

Para o estudo da variável RAD e o entendimento de suas implicações na planta, temos que levar em conta que é um valor obtido pela divisão da parte aérea pelo diâmetro, em que valores muito altos implicam em mudas desproporcionais, e se esse valor for muito baixo significa que a planta pode ter sofrido algum efeito indesejável. O que se deseja são mudas que apresentem um equilíbrio nessa relações afim de terem mais chances de sobrevivência a campo.

Segundo Gomes et al. (2002), a variável RAD, está relacionada ao aspecto de rusticidade das mudas, e que valores baixos remetem a plantas mais tenras ou lignificadas, e tem mais chance de sobrevivência ao transplante a campo. De acordo com este fundamento, as mudas produzidas nos substratos s+a, s+a c/cf e s+a c/eb, apresentaram mudas com menor valor de RAD, sendo as melhores para esta variável.

Padilha et al. (2018), encontrou valores maiores de RAD para mudas de canafístula cultivadas em substrato comercial em comparação ao tratamento com substrato orgânico. Dutra et al. (2016) testou fertilizante de liberação lenta em duas formulações e cinco doses na produção de mudas de canafístula, e obtiveram melhor resultado para RAD utilizando o formulado osmocote 19-06-10.

Diferentemente dos autores anteriores citados, Cruz et al. (2012), não observaram resultados diferentes para a variável RAD nas mudas de canafístula cultivadas em um latossolo e submetidas a adição de macronutrientes no solo quando comparada com o controle sem adição de macronutrientes.

Já Silva et al (2020b), pesquisou três tipos de composto a base de lodo de esgoto, com bagaço de cana ou casca de eucalipto, e o comercial na produção de mudas de canafístula, e observaram diferentes desempenhos na RAD de acordo com o tipo de tratamento.

Para variáveis altura, diâmetro e RAD, o uso de substratos aumentaram significativamente suas respostas, sendo que o substrato solo + areia com esterco ovino foi o que expressou os melhores incrementos nas variáveis.

As espécies de FMAs *G. albida* e *C. etunicatum* se apresentaram mais promissoras, se comparadas as *G. clarum*, *G. margarita* e MIX, no qual as duas espécies proporcionaram incrementos nas variáveis altura e diâmetro.

As mudas inoculadas com fungos micorrízicos não apresentaram respostas para as variáveis estudadas e sua aplicação não trouxe resultados satisfatórios para a produção de mudas de canafístula, nem associados com substratos com resíduos orgânicos. Com relação a ausência de resposta inoculação por micorrizas em canafístula, podemos associar a fatores intrínsecos da espécie. Zangaro et al. (2002), estudando a ocorrência de colonização micorrízica em espécies florestais nativas da bacia do rio Tibagi no Paraná, relatou a colonização por fungos micorrízicos arbusculares em 81 espécies deste local, e 51 espécies do Parque Estadual Mata dos Godoy, sendo que apenas três espécies não responderam a inoculação em casa de vegetação, e não apresentaram colonização de raízes advindas do campo, entre estas a canafístula, peroba-rosa e ipê felpudo.

Situação similar a pesquisa referenciada de Zangaro et al. (2002), ocorreu na pesquisa realizada por Carneiro et al. (1998), que relatou a ocorrência de micorrizas arbusculares em 101 espécies de arbóreas e arbustivas do sudoeste brasileiro, em condições de cerrado, em campo, em viveiro, casa de vegetação, e na mata semidecídua, com exceção para oitos espécies, entre essas a canafístula.

No entanto, em pesquisa realizada por Bassan (2019), com a inoculação de fungos micorrízicos e fósforo observou-se que: as espécies *G. albida* e *C. etunicatum* apresentaram alta dependência e eficiência micorrízica; que a colonização e ação de *G. albida* no desenvolvimento de mudas de canafístula foram maiores na ausência de

adubação fosfatada; que a adubação fosfatada na dose 60 mg kg⁻¹ P proporcionou melhores condições para micorrização da espécie *C. etunicatum*; que a simbiose com as espécies *G. clarum* e *G. margarita* foi ineficaz; e que as espécies *G. albida* e *C. etunicatum* são promissoras para o crescimento e desenvolvimento de mudas de canafístula, sendo que em nosso trabalho as mesmas espécies foram as superiores que as demais, no entanto nota – se que não diferiu do controle sem FMAs.

As massas frescas e secas da parte aérea e total foram influenciadas pelos substratos, enquanto que a massa fresca e seca da raiz foram influenciadas pelos FMAs e substratos, isoladamente.

Tabela 22. Resumo da análise de variância (quadrado médio) de massa fresca da parte aérea (MFPA), massa fresca da raiz (MFR), massa fresca total (MFT), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR), massa seca total (MST) de *Peltophorum dubium* Spreng Taub.

F.V	G.L	MFPA	MFR	MFT	MSPA	MSR	MST
Fungos	5	820,91 ^{ns}	303,60*	1852,92 ^{ns}	103,33 ^{ns}	28,32*	226,44 ^{ns}
Substrato	3	30139,44*	189,82*	44954,64*	4048,08*	312,67*	6389,20*
Fungo x Substrato	15	551,96 ^{ns}	91,55 ^{ns}	789,97 ^{ns}	106,19 ^{ns}	11,37 ^{ns}	157,91 ^{ns}
Resíduo	72	53393,75	75,00	1037,22	108,75	10,02	163,75
C.V%		14,29	31,14	16,93	20,14	21,32	16,84

*e ^{ns}, significativo e não significativo respectivamente a 5% de probabilidade pelo teste F (p < 0,05). Performance do teste por log. Quadrados médios em escala original.

Em geral, os maiores valores de massas fresca e seca da parte aérea ocorreram nas mudas de canafístula produzidas com os três resíduos orgânicos Tabela 23, indicando que a presença de matéria orgânica é importante para a produção de fotoassimilados e acúmulo de biomassa. Esse resultado está associado ao fato que ao adicionar fontes de matéria orgânica (cama de frango, esterco bovino e esterco ovino) há enriquecimento do substrato base, liberando macro e micro nutrientes essenciais ao crescimento de mudas de *Peltophorum dubium* Spreng Taub.

As espécies de FMAs *G. albida* e *C. etunicatum*, contribuíram no incremento de matéria fresca e seca da raiz, superior aos FMAs *G. clarum* e *G. margarita*, que tais respostas podem estar associadas ao fato que algumas espécies de FMAs são mais eficientes que outras associadas as mudas de determinadas espécies arbóreas.

Tabela 23. Média de massa fresca da parte aérea(MFPA), massa fresca da raiz (MFR), massa fresca total (MFT), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz(MSR), massa seca total (MST) de *Peltophorum dubium* Spreng Taub inoculada com fungos micorrízicos aos 150 dias.

Fungos	MFPA	MFR	MFT g/planta	MSPA	MSR	MST
<i>C. eutunicatum</i>	61,87a	16,49a	78,36a	22,79a	6,28b	29,07a
<i>G. albida</i>	69,37a	19,29a	88,67a	27,11a	8,01a	35,12a
<i>G. clarum</i>	61,62a	10,65b	72,28a	22,74a	4,64b	27,38a
<i>G. margarita</i>	50,56a	10,98b	61,55a	19,96a	4,52b	24,48a
MIX	70,62a	19,00a	89,63a	25,83a	6,75a	32,58a
Sem FMAs	63,12a	20,60a	83,73a	22,98a	6,44a	29,42a

*Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).

Silva et.al (2018), avaliando mudas de *Callophyllum brasiliense* Cambes verificaram que a inoculação dos FMAs em mudas com associação de fósforo favoreceu o incremento em biomassa desta espécie. Em nosso estudo, com a inoculação de FMAs associados a adubação orgânica de origem animal nos substratos não ocorreu respostas, quanto à inoculação por fungos micorrízicos arbusculares, podendo estar relacionado as espécies utilizadas, provavelmente por não serem eficientes em realizar a simbiose com as mudas de *Peltophorum dubium* Spreng Taub, mas para referendar tal hipótese seria necessário pesquisas com outros fungos em futuros trabalhos.

Para o fator substrato houve respostas significativa ($p < 0,05$) para as variáveis MFPA, MFR, MFT, MSPA, MSR e MST, logo existe interferência do substrato com resíduos orgânicos utilizados nas suas respostas.

Para MFPA Tabela 23), o menor valor observado foi *G. margarita* com o menor desempenho, já o maior valor foi encontrado para o tratamento com o MIX de micorrizas, que é o coquetel de todas as espécies, que mesmo diferindo numericamente, não houveram diferenças ($p < 0,05$).

Foram observadas diferenças significativas para MFR ($P < 0,05$), na qual os tratamentos sem FMAs, MIX, *G. albida* e *C. eutunicatum* apresentaram respectivamente 20,60, 19,00, 19,26 e 16,49, e foram superiores a *G. albida*, *G. clarum* e *G. margarita* com valores de 10,65g e 10,98 g, no entanto, não é possível inferir que tais respostas se devem somente aos fungos micorrízicos arbusculares, isto é, porque o

tratamento sem FMAs também foi superior, logo tais efeitos, nesta variável, podem estar associados a efeitos aleatórios e não somente da inoculação micorrízica.

As mudas inoculadas com o fungo *G. albida* apresentou 88,67 g para MFT, diferença de 17,12 gramas em relação a *G. margarita*, mas tais diferenças não foram significativas ($p < 0,05$) nesta variável, e também não foram observadas nas variáveis MSPA, MSR, MST.

Embora não tenha ocorrido diferença significativa entre os valores de massa seca de raiz nas mudas produzidas sem FMAs e *G. albida*, vale destacar a diferença de 24 % superior a *G. albida* em relação ao controle sem FMA. Esse incremento em matéria seca, quando se utilizou essa espécie de FMA, pode estar associado ao benefício que os mesmos trouxeram na absorção de nutrientes pela extensão de suas hifas.

Mesmo que a inoculação micorrízica não tenha contribuído com a espécie nas condições propostas, o processo de inoculação com fungos micorrízicos tem outras vantagens, além da esperada absorção de nutrientes, o seu uso é multifuncional. Ao testarem o efeito da inoculação de micorrizas nas espécies *Mimosa scabrella* Benth. (bracatinga), *Mimosa bimucronata* (DC.) Kuntze (paricá) e *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan (angico-vermelho) cultivadas em um ambiente inóspito contaminado com rejeito de mineração de carvão, Stoffel et al. (2016) verificaram que a inoculação favorece a descontaminação de tais áreas.

Outra situação para se levar em consideração sobre a inoculação de micorrizas, é o tipo de solo para o cultivo, visto que espécies de vegetais podem responder bem a inoculação por fungos micorrízicos em solos pobres.

O uso de micorrizas sozinhas ou associadas na produção de Cedro Australiano, com diferentes doses de fósforo, Lima et al. (2015), obtiveram dados de desempenho das mudas similares para os tratamentos mix de micorrizas com baixa dose de P aos tratamentos com altas doses de P sem micorrizas, nas variáveis MSPA e MSR, mostrando o efeito positivo da inoculação de FMAs, em relação as mudas não inoculadas e adubadas com doses altas de fósforo, desta forma percebe-se que os FMAs suprimam a adubação, otimizando os nutrientes no substrato.

Quanto aos substratos com resíduos orgânicos estudados, verificamos que as mudas de *Peltophorum dubium* Spreng Taub responderam expressivamente, sendo que o maior resultado de matéria fresca da parte aérea foi de 86,25 g/planta, diferindo estatisticamente daquelas produzidas em substrato s +a (Tabela 24).

Tabela 24. Média de massa fresca da parte aérea (MFPA), massa fresca da raiz (MFR), massa fresca total (MFT), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR), massa seca total (MST) em mudas de *P. dubium* Spreng Taub cultivadas em substratos com resíduos orgânicos aos 150 dias.

Substratos	MFPA	MFR	MFT g/planta	MSPA	MSR	MST
S+A	10,45b	3,75c	14,29b	4,29b	1,03c	5,33b
S+A c/CF	71,66a	24,51a	69,18a	27,49a	9,16a	36,61a
S+A c/EB	83,00a	19,63b	102,63a	32,04a	8,11a	40,16a
S+A c/EO	86,25a	16,79b	103,04a	30,44a	6,11a	36,56a

*Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). Solo + areia (S+A), solo + areia com cama de frango (C/C.F), solo + areia com esterco bovino (S+A C/E.B), solo + areia com esterco ovino (S+A C/E.O).

A variável MFPA, ela é importante por se tratar da quantidade de biomassa verde acumulada na parte aérea, e com certeza responsável diretamente pelos processos biológicos da planta, incluindo a fotossíntese, logo se recomenda a utilização dos substratos contendo esterco bovino, esterco ovino ou cama de frango na produção de mudas de *Peltophorum dubium* Spreng Taub.

A mudas de canafístula, quanto a variável MFR, foram influenciadas pelo substrato contendo cama de frango, que apresentou 24,51 gramas, sendo estatisticamente ($p < 0,05$) diferente das demais, situação essa explicada pelo tipo de material, no qual tem em sua composição palha de arroz, maravalha de madeira e esterco de aves, combinação perfeita ao desenvolvimento radicular das mudas, e que teve o melhor desempenho. Os substratos contendo esterco bovino e esterco ovino apresentaram respectivamente 19,63 e 16,79 g de MFR, diferindo ($p < 0,05$) do substrato somente solo + areia, e do substrato contendo cama de frango.

A MFT de mudas foram substancialmente influenciadas pelos substratos, observando os valores de 103,04, 102,63 e 69,18 g, respectivamente, para substrato contendo esterco bovino, esterco bovino e cama de frango, diferindo do s+a com valores bem inferiores, apenas 14,29 g. A partir desta análise percebe-se que o substrato contendo esterco ovino favorece o crescimento da parte aérea e o com a cama de frango incrementa o desenvolvimento radicular, logo a utilização de ambos poderá trazer bons resultados na produção de mudas de canafístula.

A MSPA foi incrementada pelos substratos com resíduos orgânicos, com atenção especial para o substrato com esterco bovino que apresentou 32,04 g de matéria seca na parte aérea, no entanto, não diferindo ($p < 0,05$), de s+a c/ eo e s+a c/ e o que apresentaram respectivamente 30,44 e 27,49 g de matéria seca da parte aérea, sendo que todos diferiram do substrato s+a, este bem menos expressivo com incremento apenas de 4,29 g.

Ao estudarem diferentes tipos de substratos alternativos, a base de vermiculita, serragem, e suas combinações em mudas de *Peltophorum dubium* Spreng Taub Dutra et al. (2017) obtiveram os melhores resultados nas variáveis MSPA, MSR e MST com a mistura de 50 % de vermiculita e 50 % serragem. Pode-se elencar as diversas possibilidades de produção de mudas em diferentes tipos de substratos em substituição ao comercial, com bons resultados, como o deste trabalho que utilizou um substrato base composto por solo + areia grossa e adições de resíduos orgânicos em substituição a adubação química.

Avaliando a produção de mudas de *Mimosa setosa* cultivadas aos 150 dias em diferentes substratos a base de esterco bovino, cama de frango, esterco de codorna e substrato comercial Faria et al. (2016), encontraram o melhor resultado para MSPA, MSR e MST, para o substrato contendo 25% de substrato comercial + 35 % de cama de frango e 40 % de terra de subsolo, e quando compara-se ao tratamento com substrato comercial, tem-se uma implicação prática no reaproveitamento dos materiais na propriedade e redução de custos.

Trazzi et al. (2014), avaliando a concentração e quantidade de nutrientes em mudas de Teca produzidas em substratos orgânicos, obteve a maior concentração de nutrientes nas plantas cultivadas com 35% de cama de frango e solo, fato importante, pois, além do uso de substratos propiciar incrementos nas respostas das plantas, ainda permite uma melhor nutrição, fator a se considerar na sobrevivência das mudas a campo.

Em uma pesquisa avaliando diferentes substratos e a esporulação de FMAs e suas respostas para mudas de diferentes espécies de árvores nativas aos 180 DAT, sendo elas cutieira, jatobá, seringueira, e em especial a canafístula, Gonzaga et al. (2016), obtiveram os melhores resultados para MSPA, MSR e MST das mudas cultivadas nos substratos que continham cama de aviário e esterco bovino na mistura com o solo, além de possibilitarem o aumento significativo na esporulação de FMAs.

Filho et al. (2002) também obteve os melhores resultados em sua pesquisa utilizando esterco bovino em mudas de canafístula submetidas a diferentes tipos de

ambientes e tipos de recipientes. De certa forma o uso de substrato potencializa as respostas das mudas de canafístula. Marques et al. (2018), pesquisando diversas espécies de plantas nativas, não observou diferenças significativas para MSR e MSPA das espécies *Hymenaea courbaril*, *Peltophorum dubium* e *Myroxylon peruiferum*, cultivadas com solo e doses de cobre.

Foram observados na MSR para os substratos contendo cama de frango, esterco bovino e esterco ovino: 9,16, 8,11 e 6,11 g respectivamente, e não diferiram entre si ($p < 0,05$), somente para substrato com solo + areia. Na composição substrato não apresentou diferenças ($p < 0,05$).

Silva et al. (2020a), testando nove tipos de substratos, e dois tamanhos de recipientes, na produção de mudas de canafístula e encontraram respostas bem diferentes para MSR e MSPA, com melhores resultados utilizando 100% de vermicomposto e o com 100% de substrato comercial.

As mudas apresentaram resposta significativa para MST quando cultivadas nos substratos s+a c/eb, s+a c/eo e s+a c/ cf, diferentemente para s+a que nesta variável, e nas demais até aqui discutidas, apresentou respostas bem inferiores. A partir dos dados destas, o uso de substratos contendo esterco bovino, esterco bovino e cama de frango tornam-se ótima opção para produção de mudas da espécie em estudo por apresentarem respostas muito satisfatórias.

Na análise da relação parte aérea x raiz (RPAR) e o Índice de Qualidade Dickson (IQD) (Tabela 25), não houve interação significativa entre os fatores fungos e substratos com resíduos orgânicos para as variáveis, indicando falta de associação dos efeitos de ambos, sendo que apenas o fator substrato foi significativo ($p < 0,05$) para RPAR e IQD.

Tabela 25. Resumo da análise de variância (quadrados médios) da relação parte aérea x raiz (RPAR) e Índice de Qualidade de Dickson (IQD) em mudas de *P. dubium* Spreng Taub inoculadas com FMAs e cultivadas com substratos com resíduos orgânicos aos 150 dias.

F.V	RPAR	IQD
Fungos	25,55 ^{ns}	5,66 ^{ns}
Substrato	53,49*	85,74*
Fungo x Substrato	36,61 ^{ns}	2,73 ^{ns}
Resíduo	33,74	3,01
C.V (%)	39,29	52,00

*e^{ns}, significativo e não significativo respectivamente a 5% de probabilidade pelo teste F ($p < 0,05$). Performance do teste por log. Quadrados médios em escala original.

Em uma pesquisa sobre o efeito de fungos micorrízicos arbusculares e adubação no crescimento de mudas de *Eugenia uniflora* produzidas em diferentes tipos de substratos, Dalanhof et al. (2016), observaram efeitos semelhantes para IQD, isto é, as mudas não responderam a inoculação por micorrizas, e somente aos tipos de substratos.

Houve diferença significativa ($p < 0,05$) dos tipos de substratos para as variáveis RPAR e IQD (Tabela 26). Os substratos contendo esterco ovino e esterco bovino apresentaram RPAR de 6,98 e 5,27 respectivamente, diferindo somente de solo+ areia e o substrato com cama de frango com valores 4,51 e 3,44.

Tabela 26. Média da relação parte aérea x raiz (RPAR) e Índice de Qualidade Dickson (IQD) em mudas de *P. dubium* Spreng Taub cultivadas em substratos com resíduos orgânicos aos 150 dias após o transplante.

Substratos	RPAR	IQD
S+A	4,51b	0,58c
S+A c/CF	3,44b	4,70a
S+A C/EB	5,27a	4,47a
S+A c/EO	6,98a	3,38b

*Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).

Silva et al. (2020a), encontrou melhor desempenho em mudas de canafístula na variável RPAR, no substrato contendo 25% de vermicomposto e 75% de substrato comercial dos nove tipos de substratos de seu estudo, 100% de solo (S), 100 de vermicomposto (V), 100 % de substrato comercial (SC), e mais seis combinações dos três, e dois tamanhos de recipientes.

As respostas podem variar para RPAR, de acordo com a espécie estudada, por ser uma relação da parte aérea x raiz, e plantas com sistema radicular menos agressivo apresentarão valores menores, com resposta de acordo com o tipo de substrato, Faria et al. (2016), observou o valor desta variável mais alto no substrato contendo 25 % de substrato comercial + 35 % de esterco de codorna e 40 % de terra de subsolo em comparação ao contendo esterco bovino e cama de frango para a produção de mudas de *Mimosa setosa*.

O IQD das mudas de *Peltophorum dubium* Spreng Taub foi maior em mudas produzidas com cama de frango e esterco bovino (Figura 12), sendo que essa observação remete a maiores valores mensurados nas características de crescimento e biomassa das mudas nestes substratos com resíduos orgânicos.

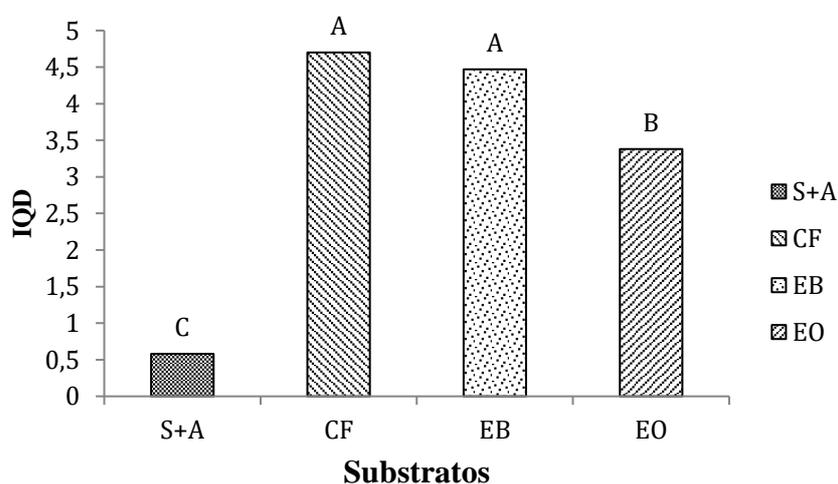


Figura 12. Índice de Qualidade Dickson (IQD) em mudas de *Peltophorum dubium* Spreng Taub em substratos com resíduos orgânicos aos 150 dias.

(*Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). Solo + areia(S+A), solo + areia com cama de frango (S+A C/C.F), solo + areia com esterco bovino (S+A C/E.B), solo + areia com esterco ovino (S+A C/E.O).

O IQD é um parâmetro muito importante na qualidade das mudas, pois em sua equação leva-se em conta a matéria seca da raiz e a matéria seca da parte aérea, relação altura x diâmetro e relação parte aérea x raiz. Segundo Fonseca (2000) é um parâmetro a ser considerada por medida em respostas a distribuição de vários parâmetros da planta, logo indicando as melhores mudas.

De maneira semelhante Kratka et al. (2015), em seu trabalho testando diferentes substratos na produção de mudas de aroeira do sertão, em particular para esterco bovino em três concentrações, obteve altos valores de IQD, se comparado ao controle somente

com solo e areia, evidenciando que o tipo de substrato influencia diferentes tipos de mudas de espécies florestais, a exemplo do presente estudo.

Foram observados em um estudos, o melhor valor do parâmetro IQD, medido em *Mimosa setosa* quando utilizou nas misturas dos diferentes substratos de sua pesquisa a adição de esterco de bovinos ou esterco de codorna Faria et al. (2016).

Avaliando IQD em mudas de copaíba cultivadas em diferentes substratos a base de solo, solo + areia, separados e ou em concentrações diferentes com substrato comercial, e o substrato solo + areia com cama de frango, Jeromini et al. (2017) verificaram valor inferior aos demais, e somente não diferiu do substrato com solo + areia, concluindo que além de diferentes tipos de substratos gerarem respostas diferentes, sua concentração de mistura também causa efeito nas resposta das variáveis.

Silva et al. (2020a) encontrou os melhores valor para IQD no substrato contendo 100% vermicomposto nos dois tipos de recipientes, e inferior no tratamento somente com solo.

A canafístula apresentou os seguintes valores quanto à dependência micorrízica: -59,67, -59,40, -29,46, -27,67 e -11,75% respectivamente para os tratamentos com FMAs: Mix, *G. margarita*, *G. albida*, *G. clarum* e *C. eutunicatum* (Tabela 26).

Tabela 32. Média da dependência micorrízica (DM) e eficiência micorrízica (EM) de *Peltophorum dubium* Spreng Taub aos 150 dias.

Fungos	DM	EM
<i>C. eutunicatum</i>	-11,75	5,50
<i>G. albida</i>	-29,46	19,64
<i>G. clarum</i>	-27,67	-5,36
<i>G. margarita</i>	-59,40	-8,94
MIX	-59,67	2,94

*Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

De acordo com Gerdeman (1975) a dependência micorrízica é definida por “o grau que a planta depende da condição micorrízica para obter seu crescimento e produção máxima, em certo nível de fertilidade do solo.” Como todas as espécies de micorrizas da presente pesquisa receberam as mesmas condições de substrato, observa-se que as plantas não apresentaram dependência micorrízica.

Em estudo com dependência micorrízica de leguminosas arbóreas tropicais (*Piptadenia gonoacantha* e *Piptadenia paniculata*), Jesus et al. (2005) obtiveram bons resultados com respostas à colonização de 92% para *P. gonoacantha* e de 83% para *P. paniculata*.

Abreu et al. (2018), também trabalhando com leguminosa arbórea, a espécie *Enterolobium contortisiquum*, testaram a inoculação de fungos micorrízicos *Gigaspora margarita* e espécies nativas (com e sem) e diferentes doses de fósforo, e observaram DM de 25,53% e EM de 34,89% para *Gigaspora margarita*.

No estudo do efeito de micorrizas e diferentes substratos no crescimento de mudas de *Campomanesia xanthocarpa* (MART.) O. BERG, em diferentes substratos, Dalanhol et al. (2017) não observaram influência da inoculação micorrízica para as variáveis estudadas, somente a interação de substratos x adubação, semelhante ao observado com a canafístula no presente trabalho, que só apresentou resultados satisfatórios para substratos com resíduos orgânicos.

Rodrigues et al. (2018), estudou a dinâmica de fungos micorrízicos em uma espécie arbórea de interesse comercial, a *Tectona grandis*, e obtiveram incrementos na biomassa e aumento na eficiência do uso de nutrientes.

A partir dos trabalhos supracitados, entende-se que existe uma dinâmica diferenciada sobre micorrizas e as respostas das plantas ao processo simbiótico, e devemos estudar cada caso à parte, porque as interações entre estes organismos podem diferir de acordo com quais espécies que estão interagindo, e desta forma poderemos esperar retornos deste processo de simbiose positiva, negativa ou indiferente.

Habte e Manjunath (1991), em trabalho clássico, estabeleceram que a dependência de determinada planta seja identificada com os seguintes valores: > 75% extremamente dependente, 50 a 75% altamente dependente, 25 a 50 % moderadamente dependente, <25 % marginalmente dependente, = 0 % não dependente. Na Figura 13 observamos os valores abaixo do eixo x, e desta forma, podemos sugerir, nas condições do experimento, uma dependência nula.

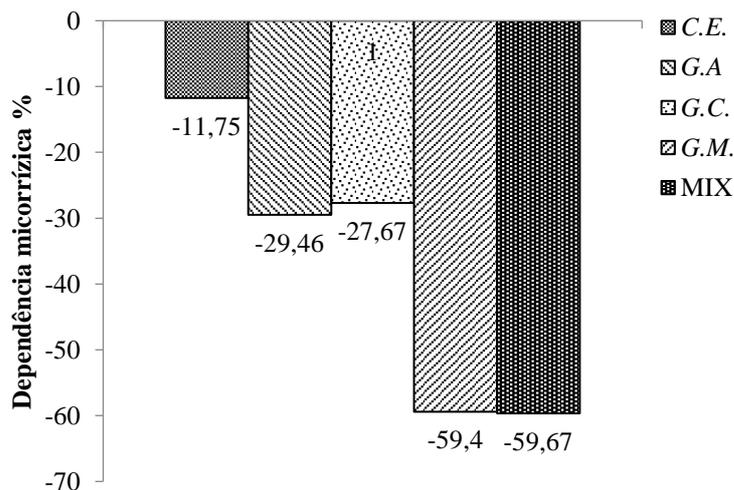


Figura 13. Dependência micorrízica em mudas de *P. dubium Spreng Taub* inoculadas com FMAs. (*C.E* (*Claroeidoglopus eutunicatum*), *G.A* (*Gigaspora albid*a), *G.C* (*Glomus clarum*), *G.M* (*Gigaspora margarita*), *MIX* (mistura de *C.E* + *G.A* + *G.C* + *G.M*)).

A eficiência micorrízica foi 5,5, 19,64, -5,36, -8,94 e 2,94, respectivamente para *Claroeidoglopus eutunicatum*, *Gigaspora albid*a, *Glomus clarum*, *Gigaspora margarita* e *MIX* (Figura 14). As espécies *Gigaspora albid*a e *C. eutunicatum* apresentaram eficiência simbiótica, com valores de 19,64% e 5,5%, respectivamente.

Analisando a Figura 14, observamos que o *C. eutunicatum* e o *MIX* apresentaram uma mínima contribuição quanto a eficiência simbiótica, *G. albid*a apresentou boa eficiência simbiótica, e duas espécies tiveram efeitos antagônicos, ou seja, além de não contribuir, reduziram a capacidade da planta, pois apresentaram EM negativa.

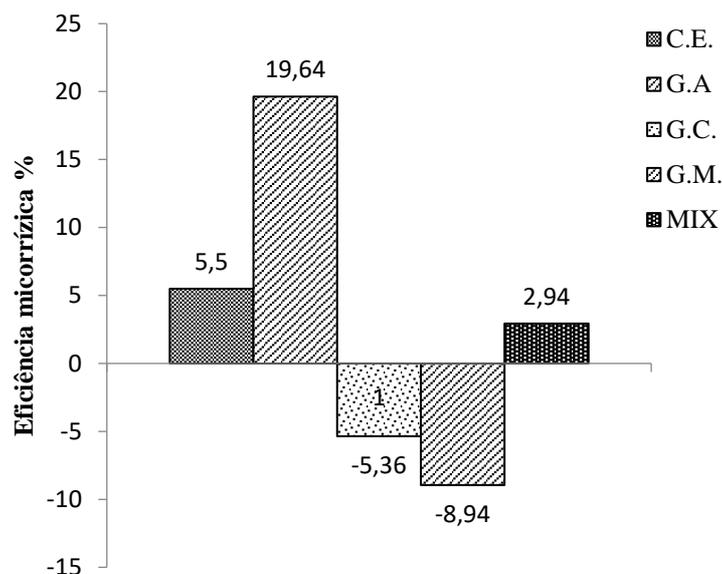


Figura 14. Eficiência micorrízica em mudas de *P. dubium* Spreng Taub inoculadas com FMAs. C.E (*Claroideoglomus etunicatum*), G.A (*Gigaspora albida*), G.C (*Glomus clarum*), G.M (*Gigaspora margarita*), MIX (mistura de C.E + G.A + G.C + G.M).

Com os resultados obtidos neste estudo, é evidente a influência dos tipos de substrato para a produção de mudas de canafístula, e seus usos reflete positivamente na qualidade das mudas, desta forma recomenda-se o uso dos mesmos individuais na mistura com solo e areia e ou combinados.

As espécies de FMAs *C. etunicatum* e *G. albida* se mostraram superiores aos demais FMAs estudados neste trabalho por apresentarem maior eficiência micorrízica.

6. CONCLUSÕES

As espécies de fungos micorrízicos arbusculares *C. etunicatum* e *G. albida* não influenciaram incremento de biomassa da espécie *Peltophorum dubium* Spreng Taub.

As mudas de *Peltophorum dubium* Spreng Taub não apresentaram dependência micorrízica, no entanto, eficiência simbiótica positiva para as espécies *C. etunicatum* e *G. albida*.

As mudas responderam expressivamente ao uso de resíduos orgânicos cama de frango, esterco bovino e esterco ovino.

O uso de resíduos orgânicos incrementaram positivamente a qualidade e crescimento de mudas de canafístula.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABBOTT, L. K.; ROBSON, A. D. Factors influencing the occurrence of vesicular arbuscular mycorrhizas. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 35, n. 2/3, p.121-150, Apr. 1991.
- ABREU, G. M.; SCHIAVO, J. A. ABREU, P. M.; BOBADILHA, G. S.; ROSSET, J. S. Crescimento inicial e absorção de fósforo e nitrogênio de *Enterolobium contortisiliquum* inoculada com fungos micorrízicos arbusculares. **Revista de Ciências Agrárias**, v.41, n.1, p. 156-164. 2018
- ALMEIDA, L. V. B.; MARINHO, C. S.; MUNIZ, R. A.; CARVALHO, A. J. C. Disponibilidade de nutrientes e crescimento de porta-enxertos de citros fertilizados com fertilizantes convencionais e de liberação lenta. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, n. 1, p. 289-296, 2012.
- ALVES, E. U; ANDRADE, L. A. de; BRUNO, R. de L.A.; VIEIRA, R.M.; CARDOSO, E.de A. Emergência e crescimento inicial de plântulas de *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taubert sob diferentes substratos. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n.2, p.439-447, 2011.
- ARAÚJO, M; NAVROSKI, M. C, SCHORN, L. A. **Produção de sementes e mudas: um enfoque à Silvicultura**. Ed. UFSM, 2018. 448 p.
- BACKES, P.; IRGANG, B. **Árvores do Sul: guia de identificação e interesse ecológico**. 1. ed. Porto Alegre: Pallotti, 2002. 326 p.
- BARTH, S.R.; EIBL, B.I.; PALANENCINO, J.A. **Plantación mixta de espécies forestales nativas en recuperación de áreas degradadas**. Universidade Nacional de Misiones. [Argentina], Disponível em: <<http://www.unam.edur.ar>>. 2006.
- BASSAN, D. A. Z. **Diversidade genética em populações de canafístula (*Peltophorum dubium* (Spreng) Taub), micropropagação e inoculação micorrízica na produção de mudas no Mato Grosso do Sul**. 2019. 117 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Universidade federal da Grande Dourados, dourados-MS, 2019.
- BATES, D.; MAECHLER, M.; BOLKER, B.; WALKER, S. Fitting linear mixed-effects models using lme4. **Journal of Statistical Software**, 67(1), 1-48. 2015. doi:10.18637/jss.v067.i01.
- CARNEIRO, M. A. C.; SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S.; CARVALHO, D.; BOTELHO, S. A.; JÚNIOR, O. J. S. Micorriza arbuscular em espécies arbóreas e arbustivas nativas de ocorrência no Sudeste do Brasil. **Cerne**, v.4, n.1, p.129-145, 1998.
- CARNEVALI, N.H.S. et al. Sobrevivência e crescimento inicial de espécies arbóreas nativas implantadas em pastagem degradada. **Revista Floresta**, v.46, n.2, p.277-286, 2016.

CARVALHO, P.E.R. **Espécies Florestais Brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso de madeira**. Brasília: EMBRAPA-CNPQ, 1994. 640p.

CARVALHO, P.E.R. **Canafístula**. Circular Técnica 64, Colombo -PR. 2002.

CARVALHO, P.E.R., **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: Embrapa Florestas, 2003, v1. 1039p.

COLODETE, C. M.; DOBBS L. B.; RAMOS, A. C. Aplicação das Micorrizas arbusculares na recuperação de áreas impactadas. **Natureza on line**, v. 12, n. 1, p.31-37, 2014.

COUTINHO, E.S.; BARBOSA, M.; BEIROZ, W.; MESCOLOTTI, D.L.C.; BONFIM, J.A.; BERBARA, R.L.L. & FERNANDES, G.W. (2019) - Soil constraints for arbuscular mycorrhizal fungi spore community in degraded sites of rupestrian grassland: Implications for restoration. **European Journal of Soil Biology**, Amsterdã, v. 90, p. 51–57.

CRUZ, C. A. F.; PAIVA, H. N.; CUNHA, A. C. M. C.; NEVES, J. C. L. Produção de mudas de canafístula cultivadas em latossolo vermelho álico em resposta a macronutrientes. **Cerne**, Lavras, v. 18, n. 1, p. 87-98, jan./mar. 2012.

CUNHA, A. O.; ANDRADE, L. A.; BRUNO, R. L. A.; SILVA, J. A. L.; SOUZA, V. C. Efeitos de substratos e das dimensões dos recipientes na qualidade das mudas de *Tabebuia impetiginosa* (Mart. ex D. C.) Standl. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 29, n. 4, p. 507-516, 2005.

DALANHOL, S. J.; NOGUEIRA, A. C.; GAIAD, S.; KRATZ, D. Efeito de fungos micorrízicos arbusculares e da adubação no crescimento de mudas de *Eugenia uniflora* L., produzidas em diferentes substratos. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal - SP, v.38, n. 1, p. 117-128, 2016.

DALANHOL, S.J.; NOGUEIRA, A.C.N.; GAIAD, S.; KRATZ, D. Efeito de micorrizas e da fertilização no crescimento de mudas de campomanesia xanthocarpa (mart.) O.berg., produzidas em diferentes substratos. **Revista Ciência Florestal**, v. 27, n. 3, 2017.

DAVIDE, A. C.; SILVA, E. A. A. **Produção de sementes e mudas de espécies florestais**. Lavras: UFLA, 2008, 175p.

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

DURIGAN, G.; FIGLIOLIA, M.B.; KAWABATA, M.; GARRIDO, M.A.O.; BAITELLO, J.B.; **Sementes e mudas de árvores tropicais**. Páginas e Letras: São Paulo. 1997. 65p.

DUTRA, R. T.; MASSAD. M. D.; SARMENTO, M. F. Q. Fertilizante de liberação lenta no crescimento e qualidade de mudas de canafístula (*Peltophorum Dubium*). **Floresta**, Curitiba, v. 46, n. 4, p. 491 - 498, out. / dez. 2016.

DUTRA, T. R.; MASSAD, M. D.; MENEZES, E. S.; SANTOS, A. R. Superação de dormência e substratos alternativos com serragem na germinação e crescimento inicial de mudas de *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub. **ACSA**, Patos-PB, v. 13, n.2, p. 113-120, Abril-Junho, 2017 ISSN: 1808-6845.

FARIA, J. C. T.; CALDEIRA, M. V. W.; DELARMELINA, W. M.; ROCHA, R. L. Substratos alternativos na produção de mudas de *Mimosa setosa* Benth. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 26, n. 4, p. 1075-1086, 2016.

FERRAZ, A. de V.; ENGEL, V. L. Efeito do tamanho de tubetes na qualidade de mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L. VAR. *stilbocarpa* (HAYNE) LEE ET LANG.), ipê-amarelo (*Tabebuia chrysotricha* (MART. EX DC.) SANDL.) e guarucaia (*Parapiptadenia rígida* (BENTH.) BRENNAN). **Revista Árvore**, v. 35, n. 3, p.413-423, 2011.

FERREIRA, D.F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011.

FILHO, J. L. S. C.; BLANK, M. F. A.; BLANK, A. F.; NETO, A. L. S.; AMÂNCIO, V. F. Produção de mudas de *Cassia grandis* L. em diferentes ambientes e misturas de substratos. **Ceres**, v.49, n. 284, p. 341-352, 2002.

FILHO, A. C.; NOGUEIRA, M. A. Micorrizas Arbusculares em plantas tropicais: café, mandioca e cana-de-açúcar. In: SILVEIRA, A. P. D.; FREITAS, S. S. **Microbiota do solo e qualidade ambiental**, Campinas: Instituto agrônômico, 2007, p.39-56.

FONSECA, E. P. **Padrão de qualidade de mudas de *Trema micrantha* (L.) Blume., *Cedrela fissilis* Vell. E *Aspidosperma polyneuron* Müll. Arg. produzidas sob 27 diferentes períodos de sombreamento**. Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista, 2000. 113 p. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista, 2000.

FRANCO, A. A.; CAMPELLO, E. F.; SILVA, E. M. R.; FARIA, S. M. **Revegetação de solos degradados**. Seropédica: Empresa Centro Nacional de Pesquisa de Agrobiologia (EMBRAPACNPAB), 8 p. (Comunicado Técnico, n. 9). 1992.

FRANCO, A.A.; RESENDE. A.S; CAMPELLO. E. F. C.; Importância das Leguminosas Arbóreas na Recuperação de Áreas Degradadas e na Sustentabilidade de Sistemas Agroflorestais. **EMBRAPA**, 2003.

GERDEMANN, J. W. Vesicular-arbuscular mycorrhizal. In: TORREY, J.G.; CLARKSON, D. T., (Ed.). **The Development and function of roots**. London: Academic, 1975. p. 575-591.

GOMES, F.P. **Curso de estatística experimental**. 12a edição, Livraria Nobel S.A, São Paulo, 1985. 467 p.

GOMES, J.M.; COUTO, L., LEITE H.G., XAVIER, A.; GARCIA, S.L.R. Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, v. 26, n. 6, p. 655-664, 2002.

GOMES, J.M.; PAIVA, H.N. **Viveiros florestais (propagação sexuada)**. Viçosa: UFV, 2011. 116p.

GONZAGA, L. M.; SILVA, S. S.; CAMPOS, S. A.; FERREIRA, R. P.; CAMPOS, A. N. R.; CUNHA, A. C. M. C. M. Evaluation of Substrates And Amf Sporulation In The Production Of Seedlings Of Native Forest Species. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.40, n.2, p.245-254, 2016.

GONDIN, T. M. S.; BELTRÃO, N. E. M.; PEREIRA, W. E.; OLIVEIRA, A. P.; FILHO, J. L. S.; Plasticidade fenotípica de mamoneira precoce sob diferentes arranjos espaciais em consórcio com feijão caupi. **Ciência Agrônômica**, v. 45, n. 1, p. 128-137, 2014.

HABTE, M.; MANJUNATH, A. Categories of vesicular-arbuscular mycorrhizal dependency of host species. **Mycorrhiza**, Heidelberg, v. 1, p. 3-12, 1991.

HARLEY, J. L.; SMITH, S. E. **Mycorrhizal Symbiosis**. London, Academic Press, 1983. 483p.

HENTZ, A; SILVA, E. M. R.; SAGGIN JUNIOR, O. J. Estabelecimento de fungos micorrízicos arbusculares de *Mimosa artemisiana* em diferentes substratos. **Revista Agroecossistema**, v. 4, p. 52-61, 2012.

HERRMAN, S., OELMMULLER, R., BUSCOT, F. Manipulation of the onset of ectomycorrhiza formation by indole-3-acetic acid, activated charcoal or relative humidity in the association between oak microcuttings and *Piloderma croceum* influence on plant development and photosynthesis. **Journal Plant Physiology**, v. 161, p. 509-517. 2004.

HOTHORN, BRETZ, T. F. AND WESTFALL, P. Simultaneous Inference in General Parametric Models. **Biometrical Journal**, v.50, n.3, p. 346–363, 2008.

JEROMINI, T. S.; FACHINELLI, R.; SILVA, G. Z.; PEREIRA, S. T. S.; SCALON, S. P. Q. Emergência de plântulas e crescimento inicial de copaíba sob diferentes substratos. **Pesq. flor. bras.**, Colombo, v. 37, n. 90, p. 219-223, abr./jun. 2017.

JESUS, E. C.; SCHIAVO, J. A.; FARIA, S. M. Dependência De Micorrizas Para A Nodulação De Leguminosas Arbóreas Tropicais. **R. Árvore**, Viçosa-MG, v.29, n.4, p.545-552, 2005.

JOHN FOX AND SANFORD WEISBERG. An {R} Companion to Applied Regression, Third Edition. Thousand Oaks CA: Sage. URL: <https://socialsciences.mcmaster.ca/jfox/Books/Companion/>. 2019.

KNAPIK, J. G. Crescimento inicial de *Mimosa scabrella* Benth., *Schinus terebinthifolius* Raddi e *Allophylus edulis* (St. Hil.) Radl. sob diferentes regimes de adubação. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, PR, v. 51, p. 33-44, 2005.

KRATKA, P. C.; CORREIA, C. R. M. A. Crescimento Inicial De Aroeira Do Sertão (*Myracrodruon urundeuva* Allemão) Em Diferentes Substratos. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.39, n.3, p.551-559, 2015.

KRATZ, D.; WENDLING, I. Produção de mudas de *Eucalyptus dunnii* em substratos renováveis. **Revista Floresta**, Curitiba, PR, v. 43, n. 1, p. 125 - 136, jan./mar. 2013.

KLEIN, K. et al. Desenvolvimento inicial de plântulas de *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub. sob protetores físicos com diferentes níveis de luminosidade. *Nativa*, v.5, n.3, p.92-100, 2017.

LENTH, R. Emmeans: **Estimated Marginal Means, aka Least-Squares Means. R package version 1.4**. <https://CRAN.R-project.org/package=emmeans>. 2019.

LIMA, R.L.S.; SEVERINO, L.S.; SILVA, M.I.L.; JERÔNIMO, J.F.; VALERIA, L.S.; BELTRÃO, N.E.M. Substratos para produção de mudas de mamoneira compostos por misturas de cinco fontes de matéria orgânica. **Revista de Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 3, p. 474-479, 2006.

LIMA, B. K.; NETTO, A. F. R.; MARTINS, M. A.; FREITAS, M. S. M. Crescimento, acúmulo de nutrientes e fenôis totais de mudas de cedro australiano (*Toona ciliata*) inoculadas com fungos micorrízicos. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 25, n. 4, p. 853-862, out.-dez., 2015.

LISBOA, A. C.; JUNIOR, C. J. A. H. M.; TAVARES, F. P. A.; ALMEIDA, R. B.; MELO, L. A.; MAGISTRALI, I. C. Crescimento e Qualidade de Mudanças de *Handroanthus heptaphyllus* em Substrato Com Esterco Bovino. *Pesq. flor. bras.*, Colombo, v. 38, e201701485, p. 1-6, 2018.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 1992, 352 p.

LORENZI, H.; SOUZA, H. M. de; TORRES, M. A. V.; BACHER, L. B. **Árvores exóticas no Brasil: madeireiras, ornamentais e aromáticas**. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2003. 352 p.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras: Manual de Identificação e Cultivo de Plantas Arbóreas Nativas do Brasil**. Instituto Plantarium, v. 2, 4. ed, São Paulo: Nova Odessa, 2014. 384p.

MARCHIORI, J.N.C. **Dendrologia das angiospermas: leguminosas**. Santa Maria: UFSM, 1997. 200 p.

MARQUES, D. M.; SILVA, A. B.; MANTOVANI, J. R.; PEREIRA, D. S.; SOUZA, T. C. growth and physiological responses of tree species (*Hymenaea Courbaril* L., *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub. and *Myroxylon Peruiferum* L. F.) exposed to different copper concentrations in the soil. **Revista Árvore**, v. 42, n.2, 2018.

MARSCHNER, H., DELL, B. Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.159, n.1, p.89-102, 1994.

MEDEIROS, D. C; LIMA, B. A. B; BARBOSA, M. R.; ANJOS, R. S. B; BORGES, R. D.; CAVALCANTE N.; O, JOSÉ G.; MARQUES, L. F.. Produção de mudas de alface com biofertilizantes e substratos. **Horticultura Brasileira**, v. 25, n. 3, 2007, p. 433-436.

MENDONÇA, A. R.; CARVALHO, S. P C.; CALEGARIO. N. Modelos Hipsométricos Generalizados Mistos Na Predição Da Altura De *Eucalyptus* sp. **Cerne**, |v. 21, n. 1, p. 107-115, 2015.

MENEGATTI, A.; ARRUDA, G. O. S. F.; NESI, C. N. O Adubo de Cama de Aviário Na Produção e na Qualidade de Mudas de *Eucalyptus dunnii* Maiden. **Revista Scientia Agraria**, v. 18, n. 1, Curitiba Jan/Mar, p. 43-49, 2017.

MORAES NETO, S.P; GONÇALVES, J.L de M; ARTHURJR, J.C.; DUCATTI, F.; AGUIRRE JR, J.H. Fertilização de mudas de espécies arbóreas nativas e exóticas. **Revista Árvore**, v27, n.2, p. 129-136, 2003.

MOREIRA, F.M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2002.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: Editora UFLA, 2006. 729 p.

MUSSI, N.S.; CARVALHO, M.O.; SILVA, M.M.; CAMPOS, A.N.R.; CUNHA, A.C.M.C.M. Substratos orgânicos na produção de mudas de canafístula. **Cadernos de Agroecologia**, Porto Alegre, v.8, n.2 p.1 – 5. 2013.

OEHL, F.; SIEVERDING, E.; PALENZUELA, J.; INEICHEN, K.; SILVA, G. A. Advances in Glomeromycota taxonomy and classification. **IMA Fungus**, v. 2, p. 191-199, 2011.

OLIVEIRA, G. M. V.; MELLO. J. M.; ALTOÉ. T. F.; SCALON, J. D.; SCOLFORO. J. R. S.; PIRES. J. V. Equações hipsométricas para *Eucalyptus spp*. Não manejado em idade avançada com técnicas de inclusão de covariantes. **Cerne**, v. 21, n. 3, p. 483-492, 2015.

OWEN, D.; WILLIAMS, A.P.; GRIFFITH, G.W. & WITHERS, P.J.A. Use of commercial bio-inoculants to increase agricultural production through improved phosphorus acquisition. **Applied Soil Ecology**, v. 86, p. 41–54, 2015.

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. **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer**, Goiânia, v.15, n.27, 2018.

PATERSON, E.; SIM, A.; DAVIDSON, J.; DANIELL, T.J. Arbuscular mycorrhizal hyphae promote priming of native soil organic matter mineralisation. **Plant and Soil**, v. 408, p. 243-254, 2016.

PLENCHETTE, C.; FORTIN, J. A.; FURLAN, V. Growth responses of several plant species to mycorrhizae in a soil of moderate P-fertility. **Plant and Soil**, 70, p. 199-209, 1983.

R Core Team (2019). **R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.** URL <https://www.R-project.org/>.

RAIJ, B. van; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais.** Campinas: Instituto Agrônomo, 284p, 2001.

RÉ, D. S.; ENGEL, V. L.; OTA, M, L.; JORGE, L. A. B. Equações alométricas em plantios mistos visando à restauração da floresta estacional semidecidual. **Cerne**, v. 21, n. 1, p. 133-140, 2015.

REITZ, R.; KLEIN, R.M.; REIS, A. **Projeto madeira de Santa Catarina.** Sellowia, n.34/35, p.525, 1978.

RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H. **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais.** Viçosa, MG, CFSEMG/UFV, 1999. 359p.

RODRIGUES, L. A.; BARROSO, D. G.; FIGUEIREDO, F. A. M. M. A. Fungos micorrízicos arbusculares no crescimento e na nutrição mineral de mudas de *Tectona Grandis* L. **F. Ci. Fl.**, v. 28, n. 1, jan. - mar., 2018.

ROJAS, E.P.; SIQUEIRA, J.O. Micorriza arbuscular e fertilização do solo no desenvolvimento pós-transplante de mudas de sete espécies florestais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.1, p.103-114, 2000.

RUCHEL, A.R. Evolução do uso e valorização das espécies madeiráveis da Floresta Estacional Decidual do alto Uruguai. **Ciência Florestal**, v.13, n.1, p.153-166, 2003.

SAGGIN JÚNIOR, O. J.; SIQUEIRA, J. O. Avaliação da eficiência simbiótica de fungos endomicorrízicos para o cafeeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 19, p. 221-228, 1995.

SANTOS, M. L.; RODRIGUES, R. P.; LIMA, M. D. R.; MARTINS, W. B. R.; COSTA, B. C.; SUZUKI, P. M. Hypsometric models for a clonal plantation of *Tectona grandis* Linn F. subjected to selective thinning. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 13, p. 35-45, 2019.

SCHIAVO, J. A., MARTINS, M. A., RODRIGUES, L. A. Avaliação nutricional de mudas de *Acacia mangium*, *Sesbania virgata* e *Eucalyptus camaldulensis* inoculadas com fungos micorrízicos, em casa de vegetação e em cava de extração de argila. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.31, n.4, p.701-707, 2009.

SCHORN, L. A.; MEYER, L.; SEVEGNANI, L.; VIBRANS, A. C.; VANESSA, D.; GASPER, L. A. L.; UHLMANN, A.; VERDI, M.; STIVAL-SANTOS, A.; Fitossociologia de fragmentos de floresta estacional decidual no estado de Santa Catarina - Brasil. **Ciência Florestal**, v. 24, n. 4, p. 821 – 831, 2014.

SEI, F. B. **Diversidade de rizobactérias e coinoculação com fungos micorrízicos na nutrição fosfatada e expressão gênica no feijoeiro**. 2012. 117 f. Tese (Doutorado em Manejo do solo) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages -SC, 2012.

SILVA, E. A. et al. Substratos na produção de mudas de mangabeira em tubetes. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 41, n. 2, p. 279-285, DOI: 10.5216/pat.v41i2.9042. 2011.

SILVA, V. E. Esterco bovino como substrato alternativo na produção de mudas de melão. **Revista Agropecuária Técnica**, Areia-PB, v. 39, n. 2, p. 112-119, 2018.

SILVA, E. N.; TAVARES, A. T.; SILVA, C. P.; FERREIRA, T. A.; CARLINE, J. V. G.; NASCIMENTO, I. R. Fungos Micorrízicos Arbusculares e doses de Fósforo no Desenvolvimento de Mudas de Guanandi. **Nativa**, Sinop, v. 6, n. 3, p. 246-251, mai./jun. 2018.

SILVA, F. R.; MARCO, DE R.; WELTER, P. D.; VIEL, P.; EOS, C. O. Substrates and container size on quality *Peltophorum dubium* Seedlings. **Floresta e Ambiente** V. 27 N.3 2020a.

SILVA, L. O. C.; FONSECA, A. C.; SIVISACA, D. C. L.; SILVA, M. R.; BOAS, L. V.; GUERRINI, I. A. Sewage sludge compost associated to frequency of irrigation for *Peltophorum Dubium* (Sprengel) Taubert seedlings production. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 50, n. 2, p. 1389 - 1398, abr/jun 2020b.

SIMÕES, D.; SILVA, R.B.G.; SILVA, M.R. Composição do substrato sobre o desenvolvimento, qualidade e custo de produção de mudas de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden x *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake. **Ciência Florestal**, v.22, n.1, p.91- 100, 2012.

SCHENCK, N. C.; KELLAM, M. K. The influence of vesicular-arbuscular mycorrhizae on disease development. Florida **Agricultural Experiment Station**, Gainesville, 16p. (Tech. b. 798), 1978.

SIEVERDING, E. Vesicular-arbuscular mycorrhiza management in tropical agrosystems. **Deutsche Gesellschaft Fur Technische Zusammenarbeit**, Germany: Bremer, 1991. 371p.

SILVA, R. P.; PEIXOTO, J. R.; Influência de diversos substratos no desenvolvimento de mudas do maracujazeiro azedo (*Passiflora edulis* Sims. f. Flavicarpa Deg.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 23, n. 2, p. 377-381, 2001.

SOBRAL, M. JARENKOW, J. A.; BRACK, P.; IRGANG, B. E.; LAROCCA, J.; RODRIGUES, R. S. **Flora arbórea e arborecente do Rio Grande do Sul, Brasil**. Novo Ambiente/ São Carlos. 2006. 362 p.

SOUZA, R.C.; PEREIRA, M.G.; GIÁCOMO, R.G.; SILVA, E.M.R da.; MENEZES, L.F.T. DE. Produção de mudas micorrizadas de schimus terebonthifolins Raddi em diferentes substratos. **Floresta**, Curitiba, v.39 n,1. P.197-206, 2009.

SOUZA, F. A.; GOMES, E. A.; VASCONCELOS, M. J. V.; SOUSA, S. M. **Micorrizas arbusculares: perspectivas para aumento da eficiência de aquisição de fósforo (P) em Poaceae (gramíneas)**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2011.

SOUZA, F. R; FILHO, J. S. S. Modelagem De Experimentos Planejados Com Respostas Discretas. **Rev. Bras. Biom.**, São Paulo, v.32, n.1, p.01-27, 2014.

STOFFEL, S. C. G.; ARMAS, R. D.; GIACHINI, A. J.; ROSSI, M. J.; GONZALEZ, D.; MEYER E.; NICOLEITE, C. H.; NICOLEITE, E. R.; SOARES, C. R. F. S. Micorrizas arbusculares no crescimento de leguminosas arbóreas em substrato contendo rejeito de mineração de carvão. **Cerne**, v. 22, n. 2, p. 181-188, 2016.

SUGAI, M. A. A.; COLLIER, L. S.; SAGGIN-JÚNIOR, O. J. Inoculação micorrízica no crescimento de mudas de angico em solo de cerrado. **Bragantia**, v. 70, n. 2, p. 416-423, 2011.

SZARESKI, J. V.; SOUZA, V. Q.; NARDINO, M.; FERRARI, M.; MARTINI, R. T. Influência de diferentes substratos na produção de *Peltophorum dubium*. **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer**, Goiânia, v.11 n.22; p. 2015. 2015.

TRAZZI, P. A.; DELARMELINA, W. M.; CALDEIRA, V. W. Concentração e quantidade de nutrientes em mudas de Teca produzidas em substratos orgânicos. **Ecologia e Nutrição Florestal**, Santa Maria-RS, v.2, n.1, p.19-31, jan./abr., 2014.

VIVIAN, M.A.; MODES, K.S.; BELTRAME, R.; MORAIS, C.W.; SOUZA, J.T.; MACHADO, W.G.; SANTINI, E.J.; HASELEIN, C.R. Resistência da madeira de canafístula (*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.) ao PSF e a umidade de equilíbrio. **Ciência da Madeira**, Pelotas, v.1, n.1, p.11-24, 2010.

WENDLING, I.; GATTO, A. **Substratos, adubação e irrigação na produção de mudas**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2002. 145p.

WICKHAM, H. **ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis**. Springer-Verlag New York, 2016.

ZANGARO, W.; NISIZAKI, S. M. A.; DOMINGOS, J. C. B.; NAKANO, E. M. Micorriza arbuscular em espécies arbóreas nativas da bacia do rio Tibagi, Paraná. **Cerne**, Lavras, v.8, n.1, p.77-87, 2002.