

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**MUDAS DE JATOBAZEIRO (*Hymenaea courbaril* L.)  
ASSOCIADAS A FUNGOS MICORRÍZICOS  
ARBUSCULARES E FÓSFORO**

**LUIZ GUILHERME VIEIRA DE CARVALHO**

**DOURADOS  
MATO GROSSO DO SUL  
2021**

**MUDAS DE JATOBAZEIRO (*Hymenaea courbaril* L.)  
ASSOCIADAS A FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES E  
FÓSFORO**

LUIZ GUILHERME VIEIRA DE CARVALHO  
Biotecnologista

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. 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  
2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

C331m Carvalho, Luiz Guilherme Vieira De  
Mudas de jatobazeiro (*Hymenaea courbaril* L.) associadas a fungos micorrízicos arbusculares e fósforo [recurso eletrônico] / Luiz Guilherme Vieira De Carvalho. -- 2021.  
Arquivo em formato pdf.

Orientadora: Silvia Correa Santos.  
Coorientadora: Elaine Reis Pinheiro Lourente.  
Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Universidade Federal da Grande Dourados, 2021.  
Disponível no Repositório Institucional da UFGD em:  
<https://portal.ufgd.edu.br/setor/biblioteca/repositorio>

1. Frutíferas nativas. 2. Dependência micorrízica. 3. Eficiência micorrízica. 4. Adubação fosfatada. 5. Qualidade de mudas. 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.

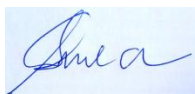
**MUDAS DE JATOBAZEIRO (*Hymenaea courbaril* L.) ASSOCIADAS A  
FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES E FÓSFORO**

Por

Luiz Guilherme Vieira de Carvalho

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

Aprovado em: 22/02/2021



Prof.ª. Dr.ª. Silvia Correa Santos  
Orientadora – UFGD/FCA



Prof.ª. Dr.ª. Lilian Maria Arruda Bacchi  
Membro interno - UFGD/FCA



Dr. Ricardo Fernando da Rui  
Membro titular externo – Forquímica

A todos os meus mestres. Essa conquista não seria possível se não fosse pela paciência e dedicação de cada docente que me ensinou.

**Dedico**

## AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a DEUS, pela minha vida e por sempre estar cuidando de mim, sendo meu porto seguro me dando continuamente graça e força para perseverar e seguir meus sonhos.

À minha família, em especial aos meus pais Luzinete e Nivalcir e meu irmão Lucas Gabriel, que durante essa jornada me apoiaram incondicionalmente.

À minha orientadora, Profa. Dra. Silvia Correa Santos, pelo suporte, apoio, dedicação e paciência. Além dos conselhos e ensinamentos que sem dúvidas levarei para a vida toda.

À minha co-orientadora Profa. Dra. Elaine Reis P. Lourente, por fornecer a estrutura e os materiais do laboratório de microbiologia de solo.

Ao Dr. Francisco Adriano de Souza, pelo apoio e suporte.

Ao Dr. Cleberton Correia Santos, que ajudou e contribuiu imensamente para a realização desse trabalho.

À Dra. Daniella Bassan, que me incentivou e aconselhou a fazer o mestrado.

À Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), por proporcionar a estrutura e os recursos para concretização desse trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa.

A todos os servidores da UFGD, em especial o técnico de laboratório Tiago Taira que me auxiliou em meu treinamento e capacitação no laboratório.

Aos meus colegas do grupo de pesquisa, Viviane Trovato e Gilmar Gabriel, que me ajudaram em toda a execução desse trabalho, contribuindo imensamente para o mesmo.

Aos meus amigos da Pós-Graduação, Geisianny Nunes, Viviane Aparecida, Catirene Fernandes, Jessica Mônico e Valéria Chaves, por todo apoio e ajuda prestados.

Aos meus amigos, Natã Vinicius, Evelyn Rosa, Rafaela Tambasco, Karla Dayani, Kamila Santos, Suelem Dionizio, Laura Eliza, Rosalino e Delian, pela amizade, confiança e pelos incentivos que sem dúvidas foram cruciais para a elaboração desse trabalho.

A Alexandra Elbakyan por proporcionar acesso ao material científico que foi essencial para a conclusão desta pesquisa.

A todos os professores que contribuíram com seus ensinamentos e orientações durante essa minha jornada.

A todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho, meu muito obrigado!

*“Feliz é o homem que encontra sabedoria, e  
o homem que adquire entendimento.”*

*(Provérbios 3.13)*



**SUMÁRIO**

	PÁGINA
RESUMO.....	viii
ABSTRACT.....	ix
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	3
2.1 Jatobá .....	3
2.2 Adubação fosfatada.....	5
2.3 Fungos Micorrízicos Arbusculares .....	6
2.4 Efeito dos FMAs na produção de mudas .....	8
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	10
3.1 Local do experimento e material vegetal .....	10
3.2 Delineamento Experimental .....	10
3.2 Obtenção e multiplicação dos inóculos de FMA .....	11
3.3 Preparo do experimento .....	11
3.3 Avaliações.....	13
3.4 Análises Estatísticas.....	14
4. RESULTADOS .....	16
4.1 Crescimento e índice de clorofila .....	16
4.2 Biomassas de planta e qualidade de mudas .....	18
4.3 Dependência e eficiência micorrízica .....	21
6. CONCLUSÃO .....	33
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	34
ANEXOS .....	43

## RESUMO

A associação simbiótica entre espécies frutíferas nativas com fungos micorrízicos arbusculares (FMA) pode contribuir no maior crescimento e qualidade de mudas em solos com baixa disponibilidade de nutrientes, principalmente de fósforo (P). Desse modo, objetivou-se com este trabalho avaliar os efeitos da inoculação com fungos micorrízicos arbusculares e nutrição fosfatada sobre o crescimento e qualidade de mudas de jatobazeiro (*Hymenaea courbaril* L.). O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 5x5. Os tratamentos foram constituídos pela inoculação com os FMAs: *Clareoideoglomus etunicatum*, *Rhizoglomus heterosporum*, *Rhizoglomus clarum*, MIX (mistura dos inóculos) e sem inoculação com FMAs, associados a cinco doses de P: 0, 60, 120, 180 e 240 mg kg<sup>-1</sup>, com avaliação de crescimento aos 30, 60, 90, 120 e 150 dias após o transplântio (DAT). Aos 150 DAT determinou-se a produção de biomassa, qualidade das mudas, análise química do solo, dependência micorrízica e eficiência micorrízica. O fósforo não contribuiu no crescimento das mudas de *H. courbaril*. Mudas inoculadas com *R. clarum* e MIX tiveram maior crescimento, enquanto que as mudas inoculadas com *R. clarum* também tiveram maior acúmulo de biomassa. Os FMAs apresentaram maior eficiência na ausência de adubação fosfatada. O efeito da associação micorrízica no *H. courbaril* é afetada pela adubação fosfatada, evidenciando que o *H. courbaril* é uma espécie de associação micorrízica facultativa.

**Palavras-chave:** frutíferas nativas; dependência micorrízica; eficiência micorrízica; adubação fosfatada; qualidade de mudas.

## ABSTRACT

The symbiotic association between native fruit species with arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) can contribute to greater growth and quality of seedlings in soils with low nutrient availability, especially phosphorus (P). Thus, the objective of this work was to evaluate the effects of inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi and phosphate nutrition on the growth and quality of jatobazeiro (*Hymenaea courbaril* L.) seedlings. The experiment was carried out in a completely randomized design, in a 5x5 factorial scheme. The treatments consisted of inoculation with the AMFs: *Clareoideoglosum etunicatum*, *Rhizoglosum heterosporum*, *Rhizoglosum clarum*, MIX (inoculum mix) and without inoculation with FMAs, associated with five doses of P: 0, 60, 120, 180 and 240 mg kg<sup>-1</sup>, with growth assessment at 30, 60, 90, 120 and 150 days after transplantation (DAT). At 150 DAT, biomass production, seedling quality, soil chemical analysis, mycorrhizal dependence and mycorrhizal efficiency were determined. Phosphorus did not contribute to the growth of *H. courbaril* seedlings. Seedlings inoculated with *R. clarum* and MIX had greater growth, while seedlings inoculated with *R. clarum* also had greater biomass accumulation. FMAs showed greater efficiency in the absence of phosphate fertilizer. The effect of the mycorrhizal association on *H. courbaril* is affected by phosphate fertilization, showing that *H. courbaril* is a kind of optional mycorrhizal association.

**Keywords:** native fruit; mycorrhizal dependence; mycorrhizal efficiency; phosphate fertilization; seedling quality.

## 1. INTRODUÇÃO

O jatobazeiro (*Hymenaea courbaril* L., Fabaceae) é uma espécie arbórea frutífera nativa das regiões tropicais e de ocorrência natural da maioria dos estados, em Floresta Estacional Semidecidual (GONZAGA et al., 2016). Embora essa espécie tenha uma ampla distribuição geográfica, ela ocorre em baixa densidade populacional (SILVA et al., 2014).

Sua polpa farinácea é utilizada na fabricação de bolos, pães e biscoitos e as sementes para o artesanato. Além disso, devido suas características farmacológicas é muito utilizada na medicina popular, para tratar gripe, cistite, bronquite, infecções de bexiga e anemia (COSTA et al., 2011). Já sua madeira é o produto mais explorado e que apresenta o maior potencial comercial, devido sua alta qualidade e empregabilidade (LACERDA, 2007).

O jatobazeiro também pode ser utilizado em programas de reflorestamento para recuperação ambiental, sistemas agroflorestais e arborização (SILVA et al., 2017b; HEEMANN et al., 2018; COSTA et al., 2019; LORENZI, 2020), devido sua capacidade de se desenvolver em ambientes com diferentes características edafoclimáticas (CAMARGO et al., 2020), e por ser uma importante fonte alimentar para espécies de animais silvestres (LORENZI, 2020). No entanto, ainda são incipientes estudos com tecnologias para um modelo e/ou rotina de produção de mudas de jatobazeiro de elevada qualidade.

A micorrização com fungos arbusculares pode ser empregada para produção de mudas de jatobazeiro, como uma ferramenta biotecnológica alternativa. Os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) são organismos simbioses biotróficos obrigatórios pertencentes ao filo Glomeromycota, que constituem a rizosfera e fazem parte das raízes da maioria das plantas superiores (DAVISON et al., 2015). Eles formam associações simbióticas nas raízes da maioria das plantas vasculares, tendo como principal efeito o aumento no crescimento da planta em reflexo a maior absorção de nutrientes, especialmente os de menor mobilidade, tal como o fósforo (P), apresentando dessa forma um efeito estimulante no desenvolvimento das plantas (SILVA et al., 2017a; PEREIRA et al., 2018).

O fósforo é um dos elementos que mais limita o desenvolvimento e crescimento das plantas nas regiões tropicais (DIEL et al., 2014), devido sua baixa

solubilidade e mobilidade, o que o torna um elemento pouco disponível (VU et al., 2008; LIU et al., 2016). Porém, de grande importância para o metabolismo energético e funções estruturais das plantas (TAIZ et al., 2017), o que realça a importância da busca por tecnologias que melhorem a absorção e a eficiência desse nutriente pelas plantas.

Geralmente as espécies frutíferas e florestais apresentam boa resposta a inoculação micorrízica, sendo a absorção de fósforo o efeito mais significativo (DALANHOL et al., 2017). O fósforo rege os efeitos da simbiose micorrízica arbuscular nas plantas, sendo que dependendo da quantidade de P disponível, a simbiose pode ser de natureza mutualística, neutralista ou parasitária (SMITH et al., 2010; MOREIRA et al., 2019).

Dentre as vantagens da utilização dos FMAs está o amplo espectro de colonização, uma vez que uma espécie vegetal pode ser colonizada por quase qualquer espécie de FMA (CAVALCANTE et al., 2009). Algumas espécies têm respondido positivamente quanto à associação com FMA tais como mirtilheiro (FARIAS et al., 2014), eucalipto (LIMA e SOUSA, 2014) e cedro-Australiano (LIMA et al., 2015). Entretanto, para utilização dessa ferramenta biotecnológica como prática agrícola eficiente é necessária à realização de estudos que busquem a melhor combinação entre espécies de FMAs com plantas de interesse, uma vez que os FMAs possuem eficácia diferenciada, e cada espécie de planta hospedeira tem dependência micorrízica variável (BERUDE et al., 2015).

Com base no exposto, objetivou-se avaliar o crescimento e qualidade das mudas de jatobazeiro, quando submetidas à inoculação com FMAs e adubação fosfatada, tendo como hipótese que a inoculação com FMAs e a adubação fosfatada promoverão o maior crescimento e desenvolvimento das mudas de jatobazeiro. Visando responder às questões: Qual(is) o(s) isolado(s) de FMA(s) será(ão) mais eficiente(s) para a promoção do crescimento de mudas de *H. courbaril*? Qual(is) a(s) dose(s) de fósforo favorecerá(ão) o crescimento das mudas de *H. courbaril*? A adubação fosfatada influenciará na dependência e eficiência micorrízica?

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Jatobá

*Hymenaea courbaril* L., conhecido popularmente como jatobá-verdadeiro, jatobá de mata, jatobazeiro ou apenas jatobá é uma espécie leguminosa-arbórea, pertencente à família Fabaceae e subfamília Caesalpinioideae, que possui ampla distribuição natural, indo desde a costa sul do Brasil até a costa ocidental da região central do México, sendo encontrado principalmente na Bacia Amazônica e no Planalto Central Brasileiro (LACERDA et al., 2008; SILVA e LAMARCA, 2018). É uma árvore heliófita ou esciófita, seletiva xerófito e característica da floresta latifoliada semidecídua (LORENZI, 2020).

A palavra jatobá vem do tupi e significa “fruto de casca dura”, pois possui vagens lenhosas indeiscentes com comprimento de 10 a 15 cm (Anexo 1A), pesando em torno de 185 g, suas sementes são duras e de coloração castanho-avermelhadas (Anexo 1B) sendo encontradas de três a cinco sementes por fruto (AIDAR et al., 2002; ANDRADE et al., 2010). A polpa dos frutos apresenta uma coloração amarelada e textura farinácea, sendo rica em proteínas, sais minerais (potássio, magnésio, zinco e cálcio) e fibras, além de possuir um sabor e aroma bem característicos, que são facilmente reconhecidos (LEITE et al., 2017).

O tamanho dessa espécie de jatobá varia em relação ao habitat em que se encontra, enquanto que as populações que crescem nas savanas e nas florestas semi-áridas podem chegar a atingir até 20 metros de altura com até 1 metro de diâmetro (Anexo 1D) as que crescem nas florestas tropicais tendem a atingir alturas de até 65 metros (LACERDA et al., 2008; SILVA e LAMARCA, 2018).

O fruto do jatobá é muito apreciado na culinária regional, pois sua polpa pode ser consumida tanto *in natura* quanto para a fabricação de bolos, biscoitos, pães, dentre outros. Suas flores são actinomorfas, hermafroditas, unicarpelares e uniloculares, estando dispostas em panículas terminais, possuem quatro sépalas de coloração verde e cinco pétalas obovadas de coloração branca, já suas folhas são pecioladas, bifoliadas e com disposição alterna e seus folíolos são subsésseis, com disposição oposta e formato oblongo-lanceolado e falciforme (Anexo 1C) (COSTA et al., 2011).

Devido às características químicas da polpa de jatobá e seu alto teor de fibras, Silva et al. (2001) conseguiram elaborar biscoitos isentos de açúcares e fontes de fibras alimentares com a substituição de 10% de farinha de trigo pela farinha de jatobá. Resultados similares foram observados por Ramos et al. (2018), onde os biscoitos do tipo cookie, formulados com 10% e 20% de farinha de jatobá apresentaram alta aceitação e intenção de compra de 88%, mostrando a eficiência da polpa de jatobá como fonte de incremento nutricional e sua boa aceitação.

Essa espécie também é amplamente utilizada na medicina popular, por possuir diversas aplicações farmacológicas, que podem ser aplicadas na indústria farmacêutica e/ou alimentícia. Segundo Silva et al. (2015), a casca, entrecasca e fruto do jatobá são muito empregados na medicina popular para gripe, béquico, anemia e depurativo podendo ser usado na forma de chá, infusão, decocção, lambedor e xarope.

De seus frutos, folhas e resina, podem ser isolados óleos essenciais e produzidos extratos que possuem atividade antimicrobiana e podem ser utilizados como agentes de controle biológico em alimentos (SALES et al., 2014; SANTANA, 2015). Também há relatos da utilização da casca de jatobá para tratar gripe, cistite, bronquite, infecções de bexiga e vermífugo (COSTA et al., 2011).

O jatobá possui uma madeira de alta densidade com resistência natural a ataque de fungos e cupins, seu cerne é de coloração marrom-avermelhada e alburno marrom muito pálido, grã cruzada irregular, brilho moderado e textura média (MARCHESAN, 2012). Devido a essas características, o jatobá está entre as espécies florestais mais exploradas pelo setor madeireiro, sendo sua madeira o produto mais comercializado dessa espécie (COSTA et al., 2011). Sua madeira geralmente é destinada para construção civil, móveis, instrumentos musicais, laminados, cabos para ferramentas, serraria, postes entre outros (LORENZI, 2020).

Embora o jatobá tenha uma ampla distribuição geográfica e uma grande importância econômica, essa espécie geralmente se encontra em densidades populacionais baixas, sendo encontradas menos de uma árvore por hectare (LACERDA et al., 2008). Ainda, segundo esses autores, a espécie começa a ser intensivamente colhida ainda antes de atingir 50 cm de diâmetro à altura do peito (DAP), deixando pouquíssimo número de árvores reprodutivas na área, afetando dessa forma a reprodução e a distância de dispersão do pólen.

Devido sua fácil multiplicação, rusticidade e por ser uma importante fonte alimentar para espécies de animais silvestres, o jatobá tem sido amplamente utilizado

em programas de reflorestamento para recuperação ambiental, sistemas agroflorestais e plantios mistos (ZUBA JUNIOR et al., 2010; COSTA et al., 2019; LORENZI, 2020). Outra característica que torna o jatobá uma espécie de interesse em programas de reflorestamento é a sua capacidade de se desenvolver em ambientes com diferentes características edafoclimáticas, devido sua capacidade adaptativa (CAMARGO et al., 2020). Além disso, possui baixa exigência hídrica e nutricional (DUBOC et al., 1996; NASCIMENTO et al., 2011).

## **2.2 Adubação fosfatada**

O fósforo (P) é um macronutriente essencial para o desenvolvimento e crescimento das plantas, sendo indispensável para o metabolismo energético, atuando nas reações de transferência de energia e regulação de rotas metabólicas, como a fotossíntese e a respiração, além de atuar como componente estrutural de ácidos nucleicos, fosfolipídios, açúcares-fosfato, ácido fítico, coenzimas, entre outros componentes celulares (TAIZ et al., 2017).

Apesar de sua importância, o fósforo é um dos nutrientes que mais restringe o crescimento e o metabolismo das plantas em muitos solos, pois apresenta baixa solubilidade e mobilidade, o que leva a uma baixa disponibilidade desse mineral no solo (LIU et al., 2016). Além disso, estima-se que cerca de 80 a 90% dos fertilizantes minerais aplicados ao solo não podem ser absorvidos pelas plantas, devido principalmente à precipitação química ou adsorção física aos óxidos/hidróxidos de Fe e hidróxidos Al que acabam sendo adsorvidos ou complexados nas frações orgânicas e inorgânicas do solo (SILVA e DELATORRE, 2009; VILAR et al., 2010), o que leva a frequentes aplicações de fertilizantes fosfatados em elevadas doses.

O uso de fertilizante fosfatado, em doses acima das indicadas, leva a impactos ambientais, associados principalmente com a contaminação dos corpos de água, além de elevar os preços dos fertilizantes ao agricultor (GEORGE et al., 2016; ZAMBROSI, 2018).

A fonte de fósforo utilizada para a fabricação dos fertilizantes fosfatados é geralmente advinda de rochas fosfáticas, ou seja, uma fonte não renovável (PANTANO et al., 2016). Devido à falta de reposição natural e à progressiva escassez das fontes naturais desse mineral, o P se apresenta como um dos elementos mais críticos para a produção agrícola e se estima que as fontes desse nutriente sejam totalmente



consumidas já nas próximas décadas (KARUNANITHI et al., 2015; TROUILLEFOU et al., 2015), a menos que novas tecnologias para um melhor aproveitamento do P sejam adotadas, a fim de minimizar os danos ao meio ambiente e proporcionar um melhor aproveitamento desse mineral à planta.

Alves et al. (2015), ao avaliarem as doses (0 e 30 g planta<sup>-1</sup>) e o efeito de fontes de fósforo (super fosfato triplo e super fosfato simples) no crescimento de jatobá-do-cerrado (*H. stigonocarpa*), observaram que adubação com fósforo promoveu crescimento inicial das mudas de jatobá-do-cerrado, sendo a fonte super fosfato simples a mais recomendada, segundo os autores, para o crescimento inicial das mudas. Silva et al. (2020), testaram diferentes doses de fósforo (0, 100, 200, 300 e 400 mg dm<sup>-3</sup> solo), na forma de fosfato monoamônio, para a produção de mudas de *H. stigonocarpa*, e observaram que a fertilização fosfatada promoveu variações positivas no comportamento fisiológico e morfológico das mudas, sendo a dose de 200 mg dm<sup>-3</sup> a recomendada pelos autores.

Silva et al. (2020), também, observaram que tanto o excesso quanto a deficiência de fósforo podem afetar negativamente a taxa de crescimento das plantas. Sendo importante na produção de mudas, realizar estudos com doses crescentes de fósforo.

### 2.3 Fungos Micorrízicos Arbusculares

Os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs), são fungos pertencentes ao filo Glomeromycota, classe Glomeromycetes (glomeromicetos) (DAVISON et al., 2015). São organismos biotróficos obrigatórios, ou seja, o crescimento e desenvolvimento de hifas dependem da associação simbiótica com raízes vivas. Nessa associação simbiótica, que é considerada uma associação mutualística nutricional, a planta proporciona para o fungo fotoassimilados necessários para seu desenvolvimento, e em contrapartida, o fungo, através de seus micélios externos, aumenta a capacidade da planta de explorar o solo (BERBARA et al., 2006; NOVAIS et al., 2017).

Os FMAs ou endomicorizas se diferenciam de outros fungos micorrízicos por colonizarem as células do córtex das raízes inter e intracelularmente e por apresentarem a formação de arbúsculos dentro das células das raízes (RODRIGUES et al., 2014). Os arbúsculos são estruturas intrarradiculares altamente ramificadas e de ciclo curto (efêmeras), são formados exclusivamente dentro das células do córtex das

células das raízes e surgem da interação e modificação das hifas do fungo com a membrana plasmática de algumas células do córtex (SANTOS JUNIOR et al., 2019; NOVAIS et al., 2017). É nos arbúsculos que ocorrem as trocas de carboidratos e nutrientes entre fungo e planta (NOVAIS et al., 2017).

Esses fungos são considerados de ocorrência generalizada nos solos e na maioria das plantas vasculares. Estima-se que cerca de 80% das espécies vegetais formam associações com os fungos micorrízicos arbusculares, isto é, cerca de 200 mil espécies de plantas são colonizadas por essa classe de fungos (SMITH e READ, 2008; SANTANDER et al., 2017).

A associação micorrízica proporciona diversos benefícios para a planta hospedeira, sendo o principal o aumento da absorção de água e nutrientes, principalmente nos de baixa mobilidade como o fósforo, zinco e cobre, aumentando consequentemente a sua produtividade (BERBARA et al., 2006; GOMES JÚNIOR et al., 2018). Este efeito é proporcionado pelas hifas dos FMAs que funcionam como uma extensão do sistema radicular, sendo muito mais eficientes na aquisição de P do solo que o sistema radicular das plantas (SMITH e READ, 2008; SOUZA et al., 2011). Devido ao pequeno diâmetro das hifas, elas podem acessar poros dos solos que seriam inacessíveis para plantas não micorrizadas, além disso, as hifas podem se estender além da zona de depleção de nutrientes, aumentando a área de absorção de nutrientes (SAMPAIO, 2012; NOVAIS et al., 2017).

Em razão desses efeitos benéficos que a inoculação proporciona para as plantas hospedeiras, a inoculação micorrízica pode ser utilizada como uma alternativa para a redução de insumos agrícolas, uma vez que além de aumentar a absorção de nutrientes no solo também proporciona para a planta um melhor aproveitamento de fertilizantes (MIRANDA, 2008; NUNES et al., 2019).

Possivelmente, o benefício mais significativo e importante da micorrização arbuscular é o aumento da absorção de fósforo em situações de baixa disponibilidade (BERBARA et al., 2006; MOREIRA et al., 2019). Como o fósforo apresenta baixa taxa de difusão no solo, sua absorção promove a formação de zonas de depleção, precisando ser obtido por interceptação, sendo assim ou o sistema radicular da planta ou o micélio fúngico precisam crescer para além da zona de depleção para adquirir fósforo inorgânico (SOUZA et al., 2011).

Além disso, o P é o fator edáfico que mais controla a porcentagem de colonização e os efeitos da simbiose nas plantas (MOREIRA et al., 2019), sendo que a

simbiose pode ser classificada como mutualística, neutralista ou parasitária, dependendo da quantidade de P disponível (SMITH et al., 2010). As altas doses de P no substrato podem levar a ausência ou diminuição da inoculação micorrízica, como observado no crescimento de mudas de *Eugenia uniflora* por Dalanhhol et al. (2016), onde as altas concentrações de íons P levaram a ausência da resposta à inoculação micorrízica.

Além dos conhecidos e evidentes benefícios nutricionais, os FMAs também podem aumentar a sobrevivência das plantas em período de seca (LIANG et al., 2018; LIU et al., 2018), em solos contaminados com metais pesados (MARTINS et al., 2017), proporcionar resistência a infecções que causam doenças (LI et al., 2017; EL-SHARKAWY et al., 2018), estimular a produção de fitohormônios (FUSCONI, 2014) e até mesmo atuando como agentes de controle biológico contra microrganismos radiculares fitopatogênicos, competindo pelos locais de colonização (FERREIRA et al., 2018). Além disso, plantas micorrizadas possuem uma alta taxa de sobrevivência em campo, sendo também mais tolerantes ao estresse do transplântio (DALANHOL et al., 2016).

Embora a simbiose dos FMAs ocorra com a grande maioria das plantas superiores e essa classe de fungo dependa da associação com raízes fisiologicamente ativas para sobreviver, para as plantas o grau de resposta à simbiose pode variar. Sendo que as espécies vegetais apresentam diferentes graus de dependência micorrízica e podem ser classificadas quanto à dependência micorrízica em facultativas, obrigatórias ou não-micorrízicas (SMITH e READ, 2008; BARROS, 2018).

Desse modo, a dependência micorrízica apresenta um papel importante para as plantas, principalmente para as espécies arbóreas, pois o sucesso do estabelecimento e formação de mudas depende da dependência que a planta apresenta a essa simbiose (DALANHOL et al., 2016).

## **2.4 Efeito dos FMAs na produção de mudas**

Plantas micorrizadas se desenvolvem mais rápido do que plantas não micorrizadas, ficando dessa forma menos tempo em viveiro e podendo ser disponibilizadas de forma mais rápida para o produtor, bem como expedidas para o campo (DALANHOL et al., 2017). Além disso, outro benefício da utilização dessa tecnologia é que os FMAs proporcionam maior tolerância a estresses bióticos e abióticos (ZUCCARINI e SAVÉ, 2015; NATH et al., 2017), proporcionando também

maior taxa de sobrevivência dessas mudas a campo (CARNEIRO et al., 2004; BRITO et al., 2017). Desse modo, pode-se afirmar que a utilização de micorrizas em mudas favorece o seu crescimento inicial no viveiro e o seu estabelecimento a campo (LACERDA et al., 2011), acelerando o desenvolvimento das plantas e agregando valor comercial a elas.

A adesão à tecnologia de inoculação de FMA se mostra de suma importância para a produção de mudas e deve ser estimulada na fase de viveiro, uma vez que garante o sucesso do estabelecimento e crescimento das mudas em campo (MOREIRA-SOUZA e CARDOSO, 2002; ROCHA et al., 2006). Nessa fase, é comum a utilização de solos/subsolos/substratos esterilizados, como uma medida fitossanitária, todavia essa prática também leva a eliminação dos fungos arbusculares nativos (MIRANDA, 2008), sendo desse modo essencial a inoculação de micorrizas arbusculares.

O uso dos FMAs vem se mostrando eficiente na produção de mudas de espécies florestais nativas. Exemplo disso é o estudo realizado por Brito et al. (2017) com paricá (*Schizolobium parahyba*), em que o uso de FMA proporcionou um melhor estado nutricional e de crescimento, sem a necessidade de utilizar adubação fosfatada. Em mudas de teca (*Tectona grandis*), outra espécie florestal, a inoculação com FMAs também proporcionou uma alta eficiência na utilização de nutrientes, principalmente o P (RODRIGUES et al., 2018).

Santos et al. (2016) observaram que a espécie florestal angico-branco (*Albizia polycephala*) teve seu crescimento promovido pela utilização de cinco inocúlos de FMAs, sendo eles: *Gigaspora margarita*, *Dentiscutata heterogama*, *Scutellospora calospora*, *Claroideoglossum etunicatum* e *Acaulospora colombiana*, mostrando a fácil adaptação entre essa espécie florestal com diferentes espécies de fungos.

Diante do exposto, pelos estudos mais recentes, os fungos micorrízicos arbusculares são considerados uma importante ferramenta biotecnológica para a produção de mudas, já que o uso da inoculação de fungos micorrízicos pode contribuir para a produção de mudas mais vigorosas e de boa qualidade, com desenvolvimento rápido, com alto valor econômico agregado, com baixo custo de produção, além de exigir menos insumos agrícolas.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Local do experimento e material vegetal

O experimento foi conduzido em ambiente protegido – estufa coberta com filme plástico transparente de polietileno de baixa densidade (PEBD) com 150 micras de espessura e cercada lateralmente por estrutura revestida com tela de nylon preta com 75% de sombreamento, sem sistema automatizado de irrigação, na Faculdade de Ciências Agrárias (FCA) 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, no período de junho/2020 a dezembro/2020. O clima de Dourados, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Am (Tropical Monçônico), com verões quentes e invernos secos, temperaturas máximas observadas nos meses de dezembro e janeiro e temperaturas mínimas entre maio e agosto, coincidindo com chuvas excedentes na primavera/verão e déficit hídrico no outono/inverno (FIETZ et al., 2017).

O experimento foi conduzido a partir de mudas de *Hymenaea courbaril* L. (jatobazeiro) obtidas através de sementes coletadas em área remanescente de Cerrado. As sementes foram submetidas à escarificação mecânica e térmica, para realizar a quebra de dormência, de acordo com a metodologia adaptada de Costa et al. (2017). Foi realizado um pequeno orifício nas sementes a fim de facilitar a embebição do embrião, posterior a isso as sementes foram imersas em água a 80°C, permanecendo embebidas por 12h.

As mudas foram produzidas em tubetes de polietileno com capacidade de 120 cm<sup>3</sup> em substrato comercial Bioplant® e mantidas em viveiro com 70% de sombreamento durante 40 dias (Anexo 2A e B), logo após foram transplantadas para vasos com capacidade volumétrica de 7 dm<sup>3</sup> (Anexo 3), que correspondiam as unidades experimentais do experimento.

#### 3.2 Delineamento Experimental

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado (DIC), sendo que os tratamentos foram arrançados em esquema fatorial 5 x 5, com parcelas subdividas no tempo para as variáveis de crescimento e índice de clorofila. Sendo que

os tratamentos foram: inoculação com espécies de fungos micorrízicos arbusculares (Sem FMAs, *Clareoideoglobus etunicatum*, *Rhizoglobus heterosporum*, *Rhizoglobus clarum* e o MIX - mistura das três espécies de FMAs), e aplicação de doses de P (0, 60, 120, 180 e 240 mg kg<sup>-1</sup> solo), com quatro repetições. Cada unidade experimental foi constituída por um vaso contendo 7 dm<sup>3</sup> de substrato, com duas plantas por vaso (Anexo 2D).

### 3.3 Obtenção e multiplicação dos inóculos de FMA

O isolado de FMA *Clareoideoglobus etunicatum* foi doado pelo Laboratório de Matéria Orgânica e Microbiologia do Solo da Universidade Estadual do Mato Grosso do Sul. Já os isolados de FMAs *Rhizoglobus heterosporum* e *Rhizoglobus clarum* (nº de registro: A27569B) foram obtidos da Embrapa Milho e Sorgo.

Antes do início do experimento, foram multiplicadas as espécies de fungos micorrízicos em substrato composto da mistura de solo com areia grossa na proporção de 1:1 (v/v), esterilizado em autoclave por 1 hora, a uma temperatura de 121 °C e pressão de 1 atm.

O substrato estéril foi colocado em bandejas plásticas de 20 dm<sup>3</sup> de capacidade, preenchendo, no entanto, somente 70% do volume da mesma, sendo aplicado sobre o substrato estéril uma camada de solo contendo os propágulos dos FMA (esporos, hifas e fragmentos de raiz) completando o volume da bandeja com o substrato estéril.

Como planta hospedeira utilizou-se a *Brachiaria ruziziensis*, com semeadura em bandejas e mantidas em viveiro por 150 dias, molhando diariamente. Após esse período foi suspensa a irrigação, desidratando lentamente as bandejas, até a morte das plantas hospedeiras. Os substratos foram então armazenados em sacos plásticos e posteriormente foram utilizados como fonte de inóculo dos FMAs.

### 3.4 Preparo do experimento

O substrato utilizado no experimento foi composto de uma mistura de solo – Latossolo Vermelho Distroférrico (Quadro 1) e areia grossa na proporção de 2:1 (v/v). A correção do solo foi realizada conforme Raij (2011), sendo aplicado 1 grama por dm<sup>3</sup>

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%.

QUADRO 1. Análise química do solo utilizado no experimento

<b>Características</b>	<b>Valor</b>
P – Mehlich (mg/dm <sup>3</sup> )	5,57
K (cmol/dm <sup>3</sup> )	0,10
Ca (cmol/dm <sup>3</sup> )	2,91
Mg (cmol/dm <sup>3</sup> )	0,85
Al (cmol/dm <sup>3</sup> )	0,30
H + Al (cmol/dm <sup>3</sup> )	4,44
CTC (cmol/dm <sup>3</sup> )	8,30
SB (cmol/dm <sup>3</sup> )	3,86
M.O (g/dm <sup>3</sup> )	9,79
S (mg/dm <sup>3</sup> )	7,65
B (mg/dm <sup>3</sup> )	0,25
Fe (mg/dm <sup>3</sup> )	41,60
Cu (mg/dm <sup>3</sup> )	2,40
Mn (mg/dm <sup>3</sup> )	16,50
Zn (mg/dm <sup>3</sup> )	1,45
Sat. Bases (%)	46,5
pH (CaCl <sub>2</sub> )	4,69

P= fósforo; K= potássio; Ca= cálcio; Mg= magnésio; Al= alumínio; H+Al= hidrogênio + alumínio; CTC= capacidade de troca de cátions; SB= soma de bases; M.O= matéria orgânica; S= enxofre; B= boro; Fe= ferro; Cu=cobre; Mn= manganês; Zn=zinco, Sat. Bases= saturação de bases; pH= potencial hidrogeniônico; CaCl<sub>2</sub>= cloreto de cálcio.

Após o devido preparo e correção, o substrato foi esterilizado em autoclave vertical por uma hora, a uma temperatura de 121 °C e pressão de 1 atm, a fim de garantir que somente os fungos micorrízicos do inoculo estavam presentes no substrato. Logo após a esterilização, o substrato foi colocado em vasos plásticos de 7 dm<sup>3</sup> de capacidade e levados até a estufa de vegetação.

A adubação fosfatada foi realizada adicionando as doses de P (0, 60, 120, 180 e 240 mg kg<sup>-1</sup> ao solo) de acordo com cada tratamento, utilizando como fonte de fósforo o KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> (fosfato de potássio monobásico anidro P.A). Em função das doses crescentes de P, fez-se necessário equilibrar as doses de K, utilizando-se como fonte o KCl (cloreto de potássio P.A). Neste processo, o solo de cada vaso novamente foi transferido para sacos plásticos, que foram inflados com ar e agitados até ocorrer completa mistura com os minerais.

A inoculação com os fungos micorrízicos foi realizada no momento do transplântio das mudas. Os tratamentos contendo os fungos micorrízicos foram inoculados no substrato a partir da mistura de solo e raízes colonizadas (50 cm<sup>3</sup> vaso<sup>-1</sup> de inóculo), sendo que a inoculação foi realizada a uma profundidade aproximada de 3 cm, em contato direto com o sistema radicular das mudas (Anexo 2C).

A irrigação foi realizada periodicamente para manter 75% da capacidade de retenção de água no substrato. Para o controle de formigas saúva (*Atta* spp) foi aplicado no entorno das bancadas e nos olheiros dos formigueiros o inseticida Fipronil<sup>®</sup>. Já para o controle de lagartas era aplicado uma vez a cada 15 dias, sobre as folhas do jatobá o repelente e inseticida óleo de Neem<sup>®</sup>. Aos 112 dias após o transplântio foi realizada uma adubação nitrogenada (N) com 0,70 g de N planta<sup>-1</sup>, tendo como fonte a ureia.

### 3.5 Avaliações

Aos 30, 60, 90, 120 e 150 dias após o transplântio (DAT) das mudas, foram avaliadas as seguintes características morfológicas: i) altura de plantas – AP (cm), determinada pela distância do coleto até inflexão da folha mais alta, com o auxílio de trena; ii) diâmetro do coleto – DC (mm),  $\pm 1,0$  cm acima do nível do substrato, com o uso de paquímetro digital; iii) relação entre altura e diâmetro do coleto – RAD, calculado através da fórmula:  $RAD = (AP/DC)$ .

Também foi avaliado o índice de clorofila com clorofilômetro SPAD-502 (Konica-Minolta, Tokyo, Japan), sendo as avaliações realizadas entre as oito e dez horas da manhã sempre no primeiro par de folhas, padronizando as avaliações.

Decorrido 150 DAT, as mudas foram retiradas dos vasos, separando-as em parte aérea (folhas+caule) e sistema radicular. A parte aérea e as raízes foram pesadas em balança analítica de precisão (0,001 g) para determinação da massa fresca da parte aérea – MFPA e massa fresca da raiz – MFR. Posteriormente foram acondicionadas



separadamente em sacos de papel Kraft® e submetidos à secagem em estufa de circulação forçada de ar a  $60^{\circ} \pm 5$ , por 72 horas, para obtenção da massa seca de parte aérea – MSPA; massa seca da raiz – MSR; massa seca total das plantas – MST. A variável relação parte aérea e raiz – RPAR, foi calculado através da formula:  $RPAR = (MSPA/MSR)$ .

O padrão de qualidade das mudas – IQD, proposto por de Dickson et al. (1960) foi obtido a partir dos dados de relação altura/diâmetro (RAD), relação parte aérea/raiz (RPAR) e massa seca total (MST) por meio da formula:

I – Índice de qualidade – IQD:

$$IQD = MST / (RAD + RPAR)$$

As características dependência micorrízica – DM e eficiência micorrízica – EM (PLENCHETTE et al., 1983), foram obtidas a partir dos dados da massa seca de mudas micorrizadas (MSM) e massa seca de mudas não micorrizadas (MSN), por meio das fórmulas:

II – Dependência micorrízica – DM:

$$DM (\%) = ((MSM - MSN) / MSM) \times 100;$$

II – Eficiência micorrízica – EM:

$$EM (\%) = ((MSM - MSN) / MSN) \times 100.$$

Ao final do experimento (150 DAT) foi realizada a coleta de amostras dos substratos de cada tratamento. Essas amostras foram armazenadas em sacos plásticos e encaminhadas para análise química em laboratório certificado.

### 3.6 Análises Estatísticas

Os dados de todas as características foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro Wilks ( $P < 0,05$ ), e transformadas quando não se mostravam

normais pela fórmula:  $\text{ARCOSENO}\sqrt{\bar{x}}/100$ . Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e, quando significativas pelo teste F ( $P \leq 0,05$ ), as médias foram comparadas pelo teste Tukey para FMA e à análise de regressão para dose de fósforo ( $P \leq 0,05$ ), utilizando o *software* SISVAR. (FERREIRA, 2011).

As características de crescimento (AP, DC e RAD) e o índice de clorofila foram analisados em parcelas subdivididas no tempo e, quando significativas (teste F), as médias foram submetidas à análise de regressão ( $P \leq 0,05$ ). Para as características dependência e eficiência micorrízica e para a caracterização química do solo, foi feita análise descritiva dos dados.

A partir dos dados dos 150 DAT foi determinada a correlação linear de Pearson ( $P \leq 0,05$ ) e análise de agrupamento pelo método do vizinho mais distante, utilizando o *software* PAST 3.21.

## 4. RESULTADOS

### 4.1 Crescimento e índice de clorofila

Não houve efeito significativo da interação entre as doses de P (fósforo) e fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) para as variáveis de crescimento de planta e índice de clorofila (Quadro 2). O fator doses de P também não proporcionou efeito significativo. Entretanto, houve efeito da interação de época de avaliação somente com FMAs para o diâmetro de coleto, já para as demais características não houve interação entre época e os demais fatores estudados (Quadro 2).

A altura das mudas de jatobá foi influenciada pelas espécies de FMAs e tempo de avaliação, isoladamente, sendo que as mudas cultivadas com os inóculos MIX e *R. clarum* tiveram maior valor (45,77 e 45,73 cm, respectivamente), diferindo estaticamente daquelas sem inoculação (Figura 1A). Quanto aos períodos de avaliação, as mudas apresentaram crescimento linear, com maior altura (57,40 cm) aos 150 DAT (Figura 1B). Para relação altura/diâmetro de coleto (RAD), as respostas foram semelhantes a AP para os FMA, isto é, mudas inoculadas com MIX e *R. clarum*, tiveram maior valor (10,06 e 9,87 cm, respectivamente), diferindo estatisticamente das mudas cultivadas com *C. etunicatum* e das mudas que não receberam inoculação (Figura 1C). Por outro lado, para o período de avaliação observamos resposta quadrática, com valor máximo de 11,98 aos 141 DAT (Figura 1D).

QUADRO 2. Análise de variância (ANOVA). Valores do quadrado médio de altura de plantas, diâmetro de coleto, relação altura/diâmetro (RAD) e índice de clorofila de mudas de jatobazeiro (*H. courbaril*), submetidas à inoculação com fungos micorrízicos e aplicação de doses de fósforo em função do tempo

<b>FV</b>	<b>Altura de plantas</b>	<b>Diâmetro de coleto</b>	<b>RAD</b>	<b>Índice de clorofila</b>
<b>FMAs</b>	485,540*	0,628 <sup>ns</sup>	20,548*	33,899 <sup>ns</sup>
<b>P</b>	46,566 <sup>ns</sup>	0,336 <sup>ns</sup>	2,069 <sup>ns</sup>	44,821 <sup>ns</sup>
<b>P*FMAs</b>	113,000 <sup>ns</sup>	0,576 <sup>ns</sup>	4,173 <sup>ns</sup>	44,752 <sup>ns</sup>
<b>Época</b>	15774,505*	55,735 *	250,061*	2320,101*
<b>Época*P</b>	45,110 <sup>ns</sup>	0,064 <sup>ns</sup>	3,255 <sup>ns</sup>	4,694 <sup>ns</sup>
<b>Época*FMAs</b>	51,249 <sup>ns</sup>	0,168*	3,472 <sup>ns</sup>	18,928 <sup>ns</sup>
<b>Época*P*FMAs</b>	33,858 <sup>ns</sup>	0,075 <sup>ns</sup>	2,695 <sup>ns</sup>	10,539 <sup>ns</sup>

...,continua...

## QUADRO 2, Cont.

<b>CV1 %</b>	21,61	15,27	21,30	11,86
<b>CV2 %</b>	14,35	6,19	17,13	7,95

\* (significativo a  $P < 0,05$ ); ns (não significativo); FMA (fungos micorrízicos); P (doses de fósforo); Época (dias após plantio); CV (coeficiente de variação).

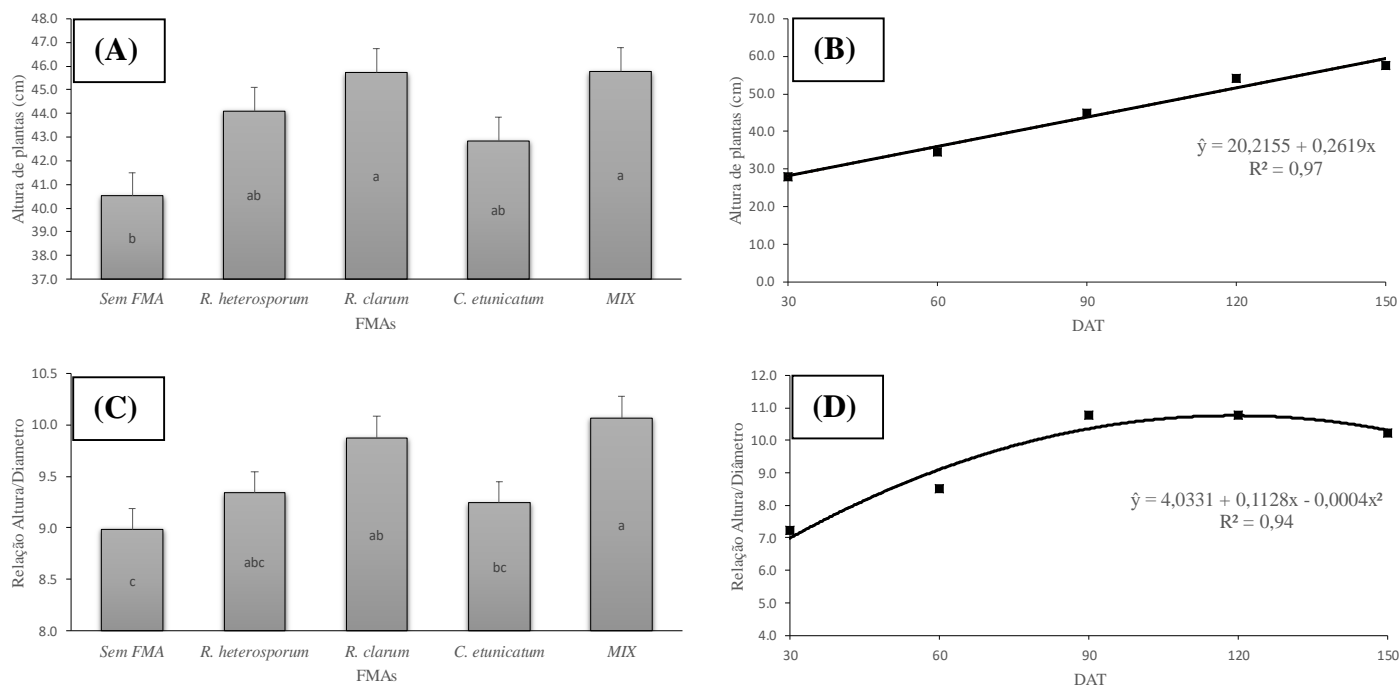


FIGURA 1. Altura (A-B) e relação altura/diâmetro de coleto (C-D) de mudas de jatobazeiro (*H. courbaril*), cultivadas com inoculação com fungos micorrízicos arbusculares (FMAs), em função da época de avaliação (DAT= dias após o transplante) (B-D). Letras iguais não diferem entre si, pelo teste Tukey ( $P > 0,05$ ). Dourados-MS, UFGD, 2021.

Os dados do diâmetro de coleto (DC) das mudas se ajustaram ao modelo de regressão linear, houve pouca variação do DC em função dos inóculos de FMA ao longo das épocas de avaliação. As mudas apresentaram maior DC aos 150 DAT, sendo que as mudas inoculadas com FMAs apresentaram valores de DC levemente superiores as mudas não inoculadas (Figura 2). O índice de clorofila das folhas das mudas de jatobazeiro foi influenciado apenas pelo tempo de avaliação (Figura 3), com ajuste quadrático, sendo que até os 90 DAT os valores do índice de clorofila se mantiveram constantes, em torno de 48 SPAD, porém reduzindo ao longo do ciclo de cultivo.

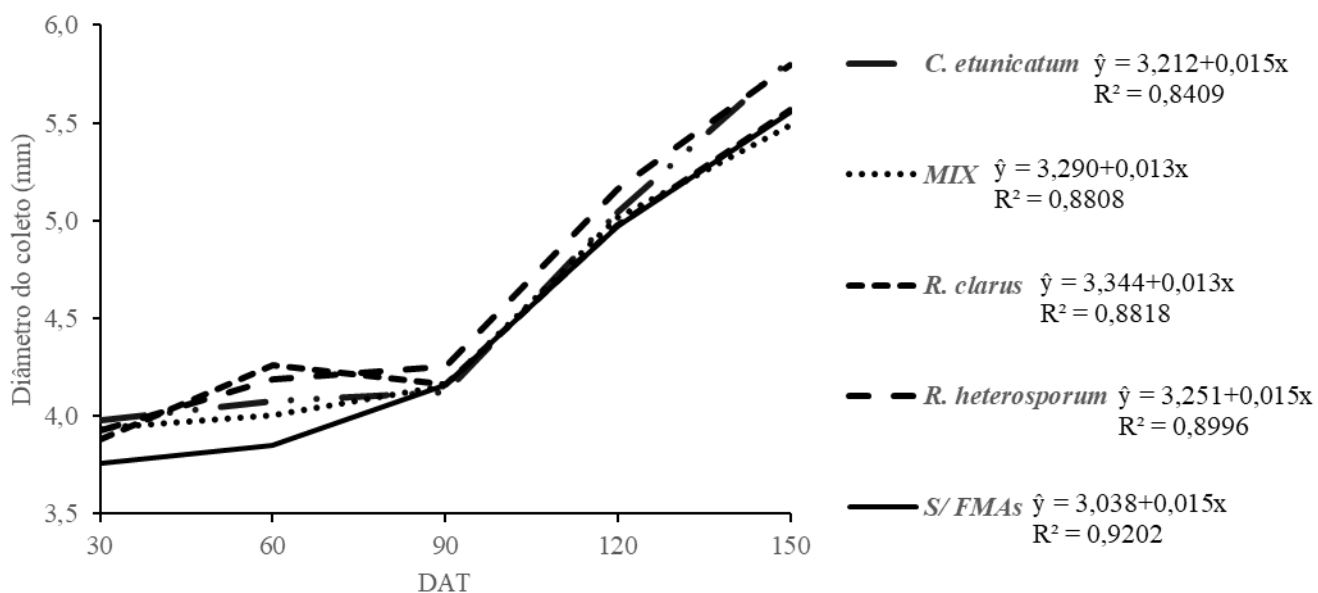


FIGURA 2. Diâmetro de coleto (mm) de mudas de jatobazeiro (*H. courbaril*) submetidas à inoculação com fungos micorrízicos em função da época de avaliação (DAT= dias após o transplântio). Dourados-MS, UFGD, 2021.

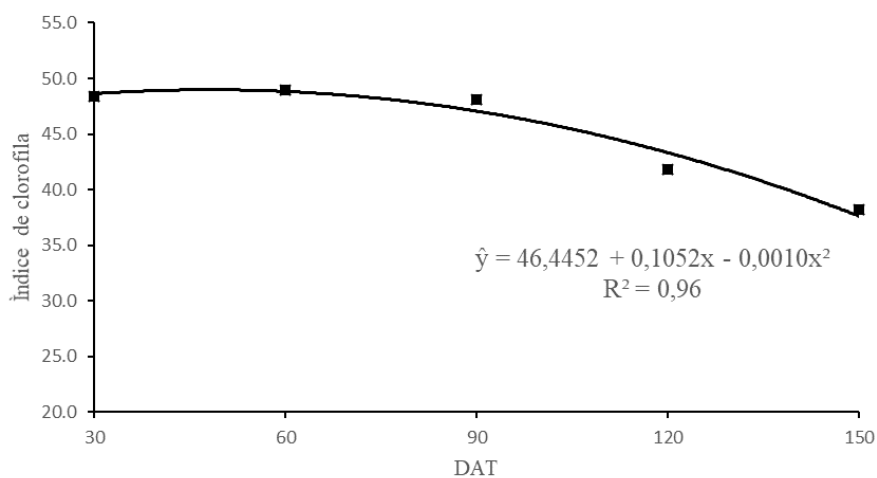


FIGURA 3. Índice de clorofila em mudas de jatobazeiro (*H. courbaril*) em função da época de avaliação (DAT= dias após o transplântio). Dourados-MS, UFGD, 2021.

#### 4.2 Biomassas de planta e qualidade de mudas

Não foi observado efeito significativo na interação entre as doses de P e as espécies de FMAs e nem no fator doses de P isolado, para as características de produção de biomassa e de qualidade de mudas de *H. courbaril* (Quadro 3). A massa fresca da

raiz, relação parte aérea/raiz e índice de qualidade de Dickson não foram influenciadas por nenhum dos fatores em estudo (Quadro 3).

A massa fresca da parte aérea (MFPA) foi influenciada pelas espécies de FMAs (Figura 4), sendo que mudas não inoculadas apresentaram as maiores médias (22,78 g), não diferindo estatisticamente das mudas inoculadas com *R. heterosporum*.

Mudas de *H. courbaril* inoculadas com *R. clarum* e *R. heterosporum* tiveram maiores médias de matéria seca de parte aérea (8,72 e 8,55 g, respectivamente). As mudas inoculadas com *R. clarum* também apresentaram maiores valores de massa seca de raiz (3,45 g) e massa seca total (12,27 g) (Figura 5A, B e C). Demonstrando que mudas de *H. courbaril* inoculadas com *R. clarum* tiveram maior acúmulo de matéria seca do que mudas sem inoculação.

QUADRO 3. Análise de variância (ANOVA). Valores de quadrado médio de massa fresca de parte aérea (MFPA), massa fresca de raiz (MFR), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR), massa seca total (MST), relação parte aérea/raiz (RPAR) e índice de qualidade de Dickson (IQD) de mudas de jatobazeiro (*H. courbaril*), submetidas à inoculação com fungos micorrízicos e aplicação de doses de fósforo

<b>FV</b>	<b>MFPA</b>	<b>MFR</b>	<b>MSPA</b>	<b>MSR</b>	<b>MST</b>	<b>RPAR</b>	<b>IQD</b>
<b>FMAs</b>	190,432*	5,202 <sup>ns</sup>	7,512*	2,329*	17,121*	0,685 <sup>ns</sup>	0,041 <sup>ns</sup>
<b>P</b>	25,969 <sup>ns</sup>	3,505 <sup>ns</sup>	0,672 <sup>ns</sup>	0,487 <sup>ns</sup>	0,730 <sup>ns</sup>	0,468 <sup>ns</sup>	0,017 <sup>ns</sup>
<b>P*FMAs</b>	12,784 <sup>ns</sup>	5,062 <sup>ns</sup>	2,745 <sup>ns</sup>	0,682 <sup>ns</sup>	5,207 <sup>ns</sup>	0,303 <sup>ns</sup>	0,056 <sup>ns</sup>
<b>CV %</b>	15,29	31,09	17,41	29,48	18,06	29,02	24,51

\* (significativo a  $p < 0,05$ ); ns (não significativo); FMAs (fungos micorrízicos arbusculares); P (dose de fósforo); CV (coeficiente de variação).

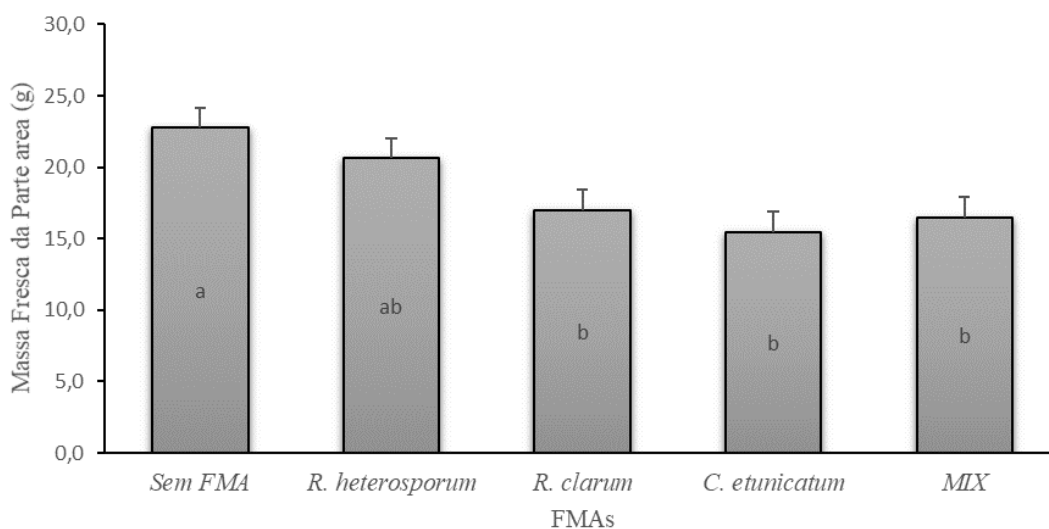


FIGURA 4. Massa fresca da parte aérea (g) das mudas de jatobazeiro (*H. courbaril*) submetidas à inoculação com fungos micorrízicos (FMAs). Letras iguais não diferem entre si, pelo teste de Tukey ( $P > 0,05$ ). Dourados-MS, UFGD, 2021.

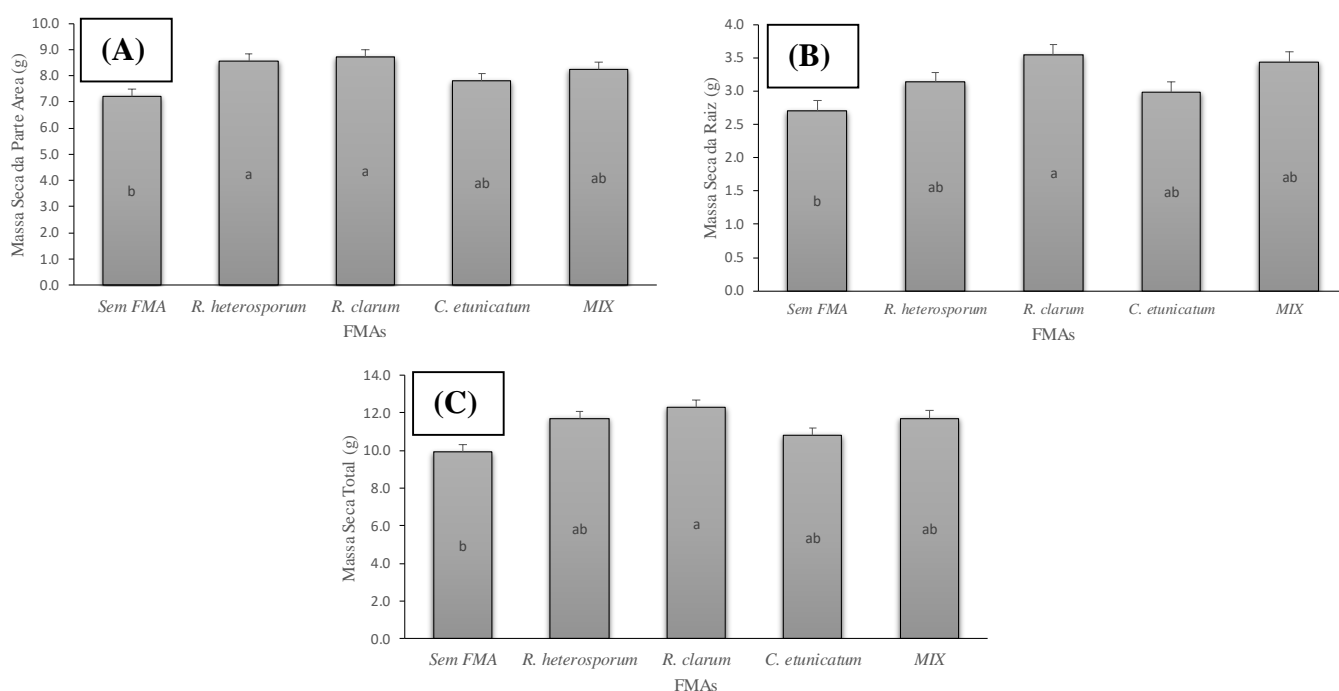


FIGURA 5. Massa seca da parte aérea (A); massa seca da raiz (B) e massa seca total (C) das mudas de jatobazeiro (*H. courbaril*) submetidas à inoculação com fungos micorrízicos (FMAs). Letras iguais não diferem entre si, pelo teste de Tukey ( $P > 0,05$ ). Dourados-MS, UFGD, 2021.

### 4.3 Dependência e eficiência micorrízica

Na ausência de fósforo a dependência micorrízica (DM) e eficiência micorrízica (EM) das mudas inoculadas com *C. etunicatum* foram de 32% e 48%, respectivamente, ocorrendo uma redução dessas características até a dose de 120 mg kg<sup>-1</sup> de P (Figura 5), refletindo em valores de -5% para ambas as características. No entanto, a partir da dose de 180 mg kg<sup>-1</sup> de P os valores das características aumentaram, chegando até 7% de DM e 8% de EM na maior dose (240 mg kg<sup>-1</sup> de P).

A DM e a EM das mudas cultivadas com o MIX tiveram respostas similares aquelas com *C. etunicatum*. Na ausência de fósforo a DM foi de 44%, enquanto que a EM foi de 79%, sendo os maiores valores observados neste trabalho. Já na dose de 60 mg kg<sup>-1</sup> de P, os valores de DM e EM decaíram para -8%. A partir da dose 120 mg kg<sup>-1</sup> de P, os valores de DM e EM tornaram a aumentar chegando até 15% de DM e 18% de EM para a maior dose de P (Figura 6).

Mudas de *H. courbaril* inoculadas com *R. clarum* tiveram na ausência de fósforo, uma DM de 42% e uma EM de 74% que decaíram na dose de 60 mg kg<sup>-1</sup> de P, e aumentaram na dose de 120 mg kg<sup>-1</sup> de P, chegando até 17% de DM e 21% de EM na dose máxima de 240 mg kg<sup>-1</sup> de P (Figura 6). Já as mudas inoculadas com *R. heterosporum* tiveram uma diminuição da DM e EM conforme as doses de P aumentavam, variando de 42% na ausência de fósforo a 0,87% na dose de 120 mg kg<sup>-1</sup> de P para a DM e de 70% a 0,88% para EM (Figura 6).



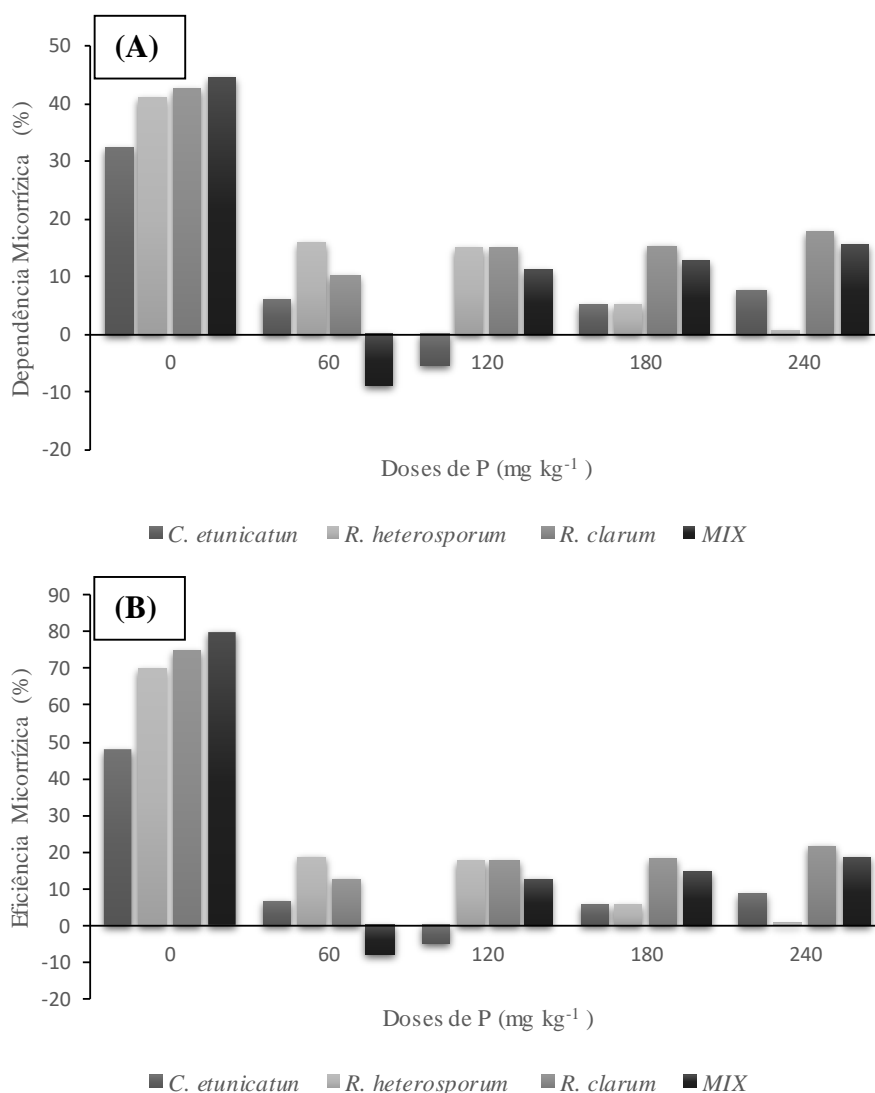


FIGURA 5. Dependência micorrízica (A) e Eficiência micorrízica (B) em mudas de jatobazeiro (*H. courbaril*) submetidas à inoculação com fungos micorrízicos (FMAs) e aplicação de doses de fósforo. Dourados-MS, UFGD, 2021.

A Figura 7 apresenta os resultados da análise de correlação de Pearson aplicada para os parâmetros de crescimento, índice de clorofila, biomassa, qualidade de mudas, bem como para a dependência e eficiência micorrízica em mudas de jatobá. Podem-se observar correlações significativas positivas e negativas, em todos os níveis de intensidade (*heat map*). As fortes correlações positivas ( $\sim 1.0$ ) ocorreram entre: Ap e RAD; Ap e MST; Ap e MSPA; MST e MSPA; EM e DM, e negativas ( $\sim -1.0$ ) entre: RPAR e MSR.

O IQD, a DM e a EM apresentaram correlações positivas de nível intermediário ( $\sim 0,50$  a  $0,33$ ), com a AP, MSPA, MSR e MST, sendo que o IQD também

apresentou esse nível de correlação com DC e MFR, e também observamos correlações positivas nesse nível entre: MSPA e RAD; MSR e MFR; MSR e MSPA; MST e RAD; MST e MFR; MST e MSR, e negativas ( $\sim 0,33$ ) entre: RAD e DC; MSR e índice de clorofila.

O dendrograma obtido a partir da análise multivariada de agrupamento hierárquico demonstrou que os tratamentos testados se dividiram em dois grupos, a partir de um corte subjetivo na distância 6 (Figura 8). O primeiro grupo é composto pelos tratamentos contendo os inóculos de FMAs com e sem adubação fosfatada, e pelos tratamentos sem inoculação com FMAs, mas com adubação fosfatada, indicando que esses tratamentos são similares. O segundo grupo foi composto somente pelo tratamento sem inoculação com FMAs e sem adubação fosfatada.

A caracterização do solo após o experimento mostra pouca variação nas concentrações de ferro, manganês, cobre, zinco, matéria orgânica, cálcio e magnésio entre os tratamentos testados e quando comparados com a análise inicial. Já o fósforo, potássio e alumínio apresentaram variação quando comparado a análise de solo inicial. O pH dos substratos se mantiveram em torno de pH 7 enquanto que a saturação de bases foi elevada para entorno de 65% (Quadro 4).

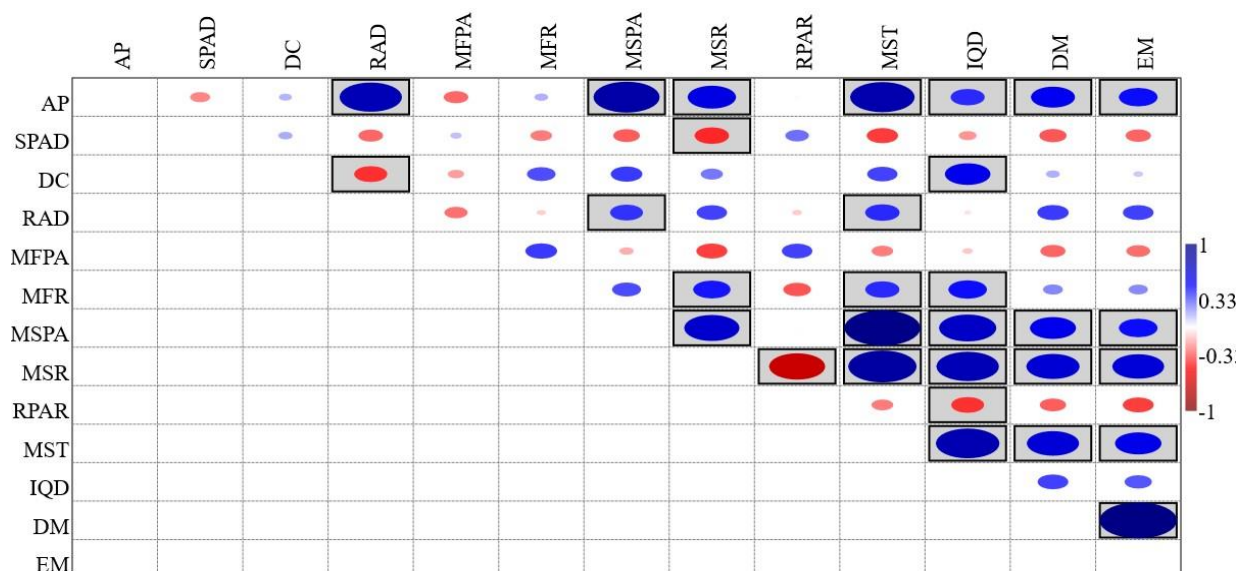


FIGURA 7. Heat map da análise de correlação de Pearson bivariada entre as características avaliadas em mudas de jatobá submetidas à inoculação com fungos micorrízicos e de doses de fósforo. Dourados-MS, UFGD, 2021.

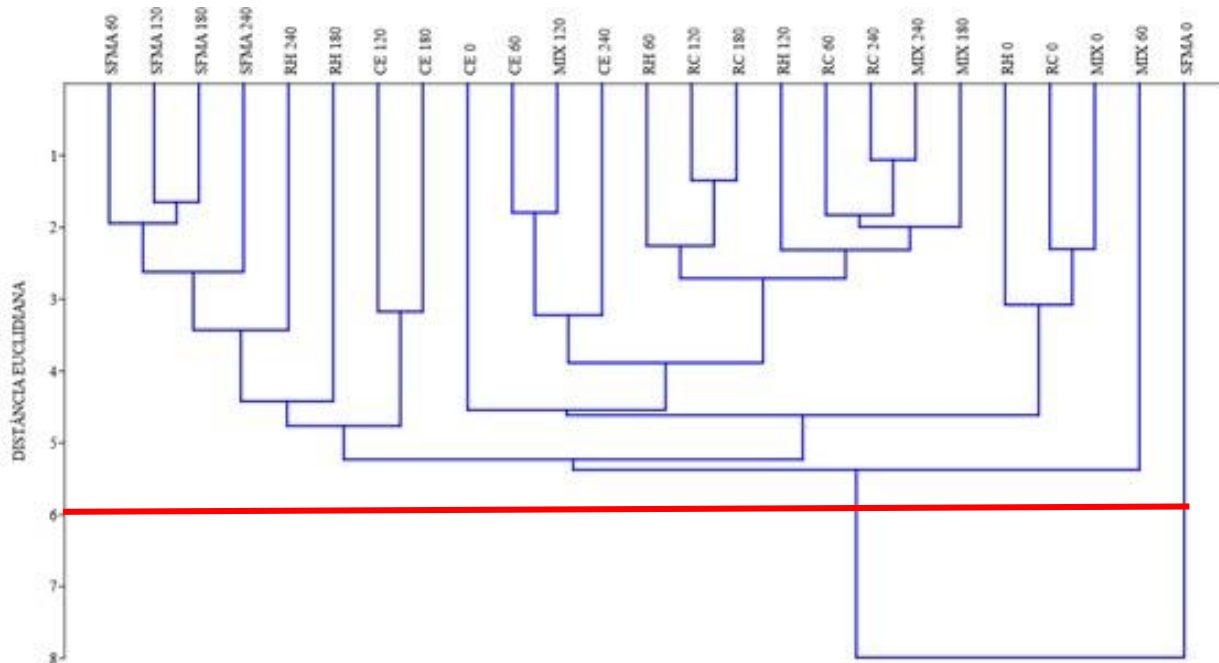


FIGURA 8. Dendrograma de similaridade em mudas de jatobá (*H. courbaril*) submetidas à inoculação com fungos micorrízicos (SFMA= sem fungos micorrízicos arbusculares; RH= *R. heterosporum*; RC= *R. clarum*; CE= *C. etunicatum*; MIX= mistura de inóculos) e doses de fósforo (0, 60, 120, 180 e 240 mg kg<sup>-1</sup> solo). Dourados-MS, UFGD, 2021.

QUADRO 4. Análise química do solo utilizado no experimento e dos substratos 150 dias após o transplântio

	<b>P</b> (mg/dm <sup>3</sup> )	<b>Ca</b> (Cmol/dm <sup>3</sup> )	<b>Mg</b> (Cmol/dm <sup>3</sup> )	<b>K</b> (Cmol/dm <sup>3</sup> )	<b>Al</b> (Com/dm <sup>3</sup> )	<b>Al+H</b> (Cmol/dm <sup>3</sup> )	<b>M.O</b> (g/dm <sup>3</sup> )	<b>Fe</b> (mg/dm <sup>3</sup> )	<b>Mn</b> (mg/dm <sup>3</sup> )	<b>Cu</b> (mg/dm <sup>3</sup> )	<b>Zn</b> (mg/dm <sup>3</sup> )	<b>pH</b> (SMP)	<b>Sat.</b> Bases (%)
Solo inicial	5,57	2,91	0,85	0,10	0,30	4,44	9,79	41,60	16,50	2,40	1,45	6,21	46,50
S/ FMA+0	10,08	2,97	1,85	0,67	0,00	2,13	9,46	40,40	24,40	5,50	0,90	6,90	77,86
S/ FMA+60	17,64	2,36	1,98	0,67	0,00	2,64	11,40	35,30	28,00	5,90	1,10	6,70	69,22
S/ FMA+120	27,37	2,58	1,60	0,59	0,00	1,92	9,89	36,30	24,60	5,20	1,00	7,00	71,30
S/ FMA+180	44,94	2,8	1,86	0,58	0,00	2,37	9,46	39,90	23,70	5,50	1,10	6,80	65,49
S/ FMA+240	53,90	2,87	1,96	0,62	0,00	1,55	8,17	35,90	19,30	4,90	1,10	7,20	72,05
C.E+0	8,33	2,87	1,83	0,47	0,00	0,15	7,74	38,70	19,50	5,10	0,70	7,20	76,93
C.E+60	16,31	2,96	1,86	0,48	0,00	2,13	11,86	42,50	19,90	5,20	0,80	6,90	71,33
C.E+120	25,20	2,94	1,91	0,50	0,00	1,55	7,74	34,90	19,40	5,30	0,80	7,20	77,54
C.E+180	46,62	2,60	1,54	0,61	0,00	2,37	9,25	44,80	24,30	5,00	1,00	6,80	66,71
C.E+240	52,01	3,10	2,00	0,62	0,00	1,72	8,82	38,60	20,10	5,40	0,80	7,10	76,88
R.H+0	6,93	3,25	2,00	0,65	0,00	2,13	9,68	33,50	24,80	5,60	0,80	6,90	73,47
R.H+60	12,32	2,74	1,74	0,50	0,00	1,55	7,74	32,50	15,30	4,70	0,50	7,20	76,26
R.H+120	29,47	2,91	1,87	0,62	0,00	2,13	11,18	47,00	27,70	5,50	0,90	6,90	71,71
R.H+180	42,56	3,01	1,97	0,57	0,00	1,72	9,46	40,10	29,20	5,70	1,10	6,70	76,34
R.H+240	60,12	3,24	2,08	0,73	0,00	2,64	9,86	40,00	23,90	5,20	0,80	7,10	69,62
R.C+0	8,05	2,66	1,57	0,57	0,00	1,72	9,89	33,10	19,90	5,00	0,60	7,10	73,62
R.C+60	19,11	3,04	1,90	0,59	0,00	2,37	10,11	40,70	24,10	5,40	0,80	6,80	70,00
R.C+120	24,99	2,53	1,60	0,46	0,00	1,55	7,31	36,60	15,80	4,70	0,70	7,20	74,76
R.C+180	38,08	3,44	1,97	0,51	0,00	1,92	8,82	37,00	17,20	5,10	0,70	7,00	75,51
R.C+240	45,65	2,83	1,78	0,58	0,00	1,92	9,46	33,30	15,90	5,10	0,70	7,00	73,00

,,continua...

## QUADRO 4, Cont.

MIX+0	10,29	3,14	1,97	0,68	0,00	2,37	10,11	36,90	29,00	5,60	0,80	6,80	70,96
MIX+60	16,31	2,98	1,74	0,53	0,00	1,92	9,03	35,50	20,40	5,10	0,80	7,00	73,22
MIX+120	28,28	2,53	1,63	0,57	0,00	2,37	8,60	38,20	22,90	5,10	0,70	6,80	66,62
MIX+180	50,54	3,03	1,91	0,70	0,00	1,72	9,25	33,00	27,50	6,10	1,20	7,10	76,63
MIX+240	65,74	3,16	1,71	0,84	0,00	2,93	10,97	36,00	31,20	5,80	1,60	6,60	66,09

P= fósforo; K= potássio; Ca= cálcio; Mg= magnésio; Al= alumínio; H+Al= hidrogênio + alumínio; M.O= matéria orgânica; Fe= ferro; Cu=cobre; Mn= manganês; Zn=zinco, Sat. Bases= saturação de bases; pH= potencial hidrogeniônico; S/ FMA= Sem fungos micorrízicos arbusculares; RH= *R. heterosporum*; RC= *R. clarum*; CE= *C. etunicatum*; MIX = mistura de inóculos; P= 0, 60, 120, 180 e 240 mg kg<sup>-1</sup> solo.

## 5. DISCUSSÃO

As mudas de *H. courbaril* não responderam as doses de P testadas, o que pode indicar que as doses aplicadas ao solo foram supra ótimas para o desenvolvimento inicial do jatobazeiro, refutando desse modo, uma de nossas hipóteses iniciais.

Esse resultado pode estar associado ao fato de que a espécie é classificada como clímax, sendo pouco exigente em nutrientes e mais adaptada a solos ácidos e de baixa fertilidade, portanto menos responsiva ao fornecimento de fertilizantes e consequentemente pouco afetada pela disponibilidade de P no solo (SANTOS et al., 2008; ALVES et al., 2015; SOARES et al., 2013). Além disso, o jatobá possui sementes grandes, o que permitiria um maior conteúdo de P na forma de compostos de reserva acumulados nas sementes, que possivelmente supriram as demandas nutricionais desse nutriente para o desenvolvimento inicial das mudas de jatobazeiro (FARIA et al., 2013; LACERDA et al., 2011). Desse modo, a dose de 5,57 mg/md<sup>3</sup> de P (Quadro 4), presente no solo utilizado no experimento associado ao P presente nas sementes como composto de reserva, mostraram-se suficientes para suprir a necessidade P para o desenvolvimento inicial da planta, uma vez que as plantas que não receberam a adubação fosfatada não diferiram das plantas adubadas.

A diminuição nos teores de alumínio ocorreu, principalmente, devido a correção do solo, que é realizada com o intuito de neutralizar o alumínio (Quadro 4). Já o aumento nos teores de fósforo, nos tratamentos que receberam adubação, e de potássio, ocorreram devido a adubação com fosfato de potássio e cloreto de potássio, indicando que as mudas de jatobazeiro pouco absorveram esses minerais (Quadro 4).

A pouca variação entre a concentração dos minerais em função do tempo, pode indicar que as mudas de *H. courbaril*, em seu crescimento inicial, absorveram pouca quantidade dos minerais que estavam disponíveis no solo. O que corrobora com o fato do jatobazeiro ser uma espécie de baixa exigência nutricional (DUBOC et al., 1996; ALVES et al., 2015; LORENZI, 2020), realçando também nossos resultados de que a adubação fosfatada não influenciou no crescimento e qualidade de mudas de jatobazeiro.

A resposta no crescimento da planta e na micorrização, em diferentes níveis de fertilidade do solo, é dependente da espécie vegetal. Segundo Ouledali et al. (2018), essas diferenças podem ser definidas geneticamente pela espécie vegetal (dependência

micorrízica), sendo variáveis ou dependentes da interação entre os genomas e pelas condições do solo, pela resposta e eficiência micorrízica. Desta forma, é imprescindível conhecer a dependência e a eficiência micorrízica da planta hospedeira, definindo assim, até que ponto a planta hospedeira irá responder à colonização com FMAs e quais as espécies trarão melhores resultados à simbiose em determinada condição (SCHIAVO et al., 2010).

As mudas atingiram seu crescimento máximo, somente por volta dos 150 DAT (Figura 1B e D; Figura 2), esse crescimento tardio está associado ao fato de que o jatobá apresenta um lento crescimento vegetativo, na fase inicial (CARVALHO, 2003). As características de crescimento (AP, DC e RAD) servem como parâmetros para classificação e seleção de mudas, exprimindo a qualidade das mudas que serão expedidas a campo, e demonstrando o equilíbrio de crescimento e desenvolvimento das mudas (BRACHTVOGEL e MALAVASI, 2010; ARAÚJO et al., 2017; ABREU et al., 2020). Desse modo, o tempo de permanência das mudas na fase de viveiro, nas condições desse estudo, devem ser por volta dos 150 DAT, garantindo que as mudas tenham maior qualidade e taxa de sucesso no desenvolvimento após o transplante.

A redução nos valores do índice clorofila após os 120 DAT (Figura 3), pode ser atribuída ao início da fase de senescência foliar, uma vez que as avaliações do índice de clorofila do jatobá foram realizadas sempre no primeiro par de folhas e já na última avaliação foi observado que as folhas já estavam em fase de abscisão foliar, sendo que algumas mudas já haviam perdido pelo menos uma de suas folhas, ocasionando desse modo em uma redução no índice de clorofila, uma vez que as folhas estavam envelhecendo.

A inoculação com a espécie de FMA *R. clarum*, influenciou na promoção do crescimento e aumento de biomassa das mudas de *H. courbaril* (Figura 1A e C; 5A, B e C), possivelmente pelo aumento da absorção de nutrientes do solo causado por essa associação micorrízica (BERUDE et al., 2015). De maneira semelhante, Brito et al. (2017), avaliando mudas de paricá (*Schizolobium parahyba*), espécie arbórea de áreas tropicais, observaram melhores respostas de crescimento e produção de biomassa quando associadas aos FMAs (*Rhizophagus clarus* e MIX). Mudas de bracatinga (*Mimosa scabrella*) e maricá (*Mimosa bimucronata*) também tiveram bons resultados ao serem inoculadas com os FMAs *Rhizophagus clarus*, *Rhizophagus irregulares*, *Acaulospora morrowiae*, *Acaulospora colombiana*, e *Dentiscutata heterogama* (STOFFEL et al., 2016).

Embora o índice de qualidade de Dickson (IQD) não tenha sido significativo em função dos fatores estudados, as mudas tiveram média geral de 0,87, indicando resultados satisfatórios. Gomes e Paiva (2011) descrevem que para que as mudas possam ser consideradas de qualidade, devem apresentar  $IQD > 0,20$ . No enteando, salientamos que esses valores podem variar de acordo com diversos fatores, tais como idade das mudas, espécies, entre outros. Neste estudo, as mudas de *H. courbaril* tiveram bom padrão de qualidade, independente do uso de fósforo e FMA.

A correlação positiva entre IQD com AP e DC (Figura 7), está associada ao fato de serem características que constituem a qualidade de mudas, uma vez que se relacionam com a capacidade de equilíbrio. O IQD considera o equilíbrio da distribuição da biomassa na planta, ponderando os resultados de várias características importantes empregadas para avaliação da qualidade da muda (MEDEIROS et al., 2018).

A correlação positiva entre as variáveis de biomassa seca (MSPA, MSR e MST) com as variáveis de qualidade de mudas (IQD, AP e RAD) indicaram que a produção de biomassa das mudas de *H. courbaril* está diretamente relacionada com a qualidade de mudas desta espécie (Figura 7). As mudas de *H. courbaril* inoculadas com o FMA *R. clarum*, apresentaram maior acúmulo de biomassa seca (Figura 5A, B e C), indicando dessa maneira que a inoculação com essa espécie proporcionou mudas de jatobazeiro de maior qualidade.

A simbiose micorrízica pode ser de natureza mutualística, neutralista ou parasitária, dependendo da espécie de FMA envolvido na simbiose e da disponibilidade de P no solo (SMITH et al., 2010). O estabelecimento de associações/colonizações micorrízicas não deve ser utilizado como parâmetro ou garantia de eficiência, uma vez que certas espécies de FMAs podem ser altamente infectivas, mas ineficientes em fornecer os nutrientes para a planta, não favorecendo seu crescimento.

De acordo com a categoria de dependência micorrízica criada por Habte e Manjunath (1991), as mudas de jatobazeiro apresentaram dependência micorrízica moderada (DM entre 25 e 50%), na ausência de fósforo para todas as espécies de FMAs. Mudas inoculadas com *R. clarum* e *R. heterosporum* nas demais doses de P foram marginalmente dependentes ( $DM < 25\%$ ). Na dose de  $120 \text{ mg kg}^{-1}$  de P mudas inoculadas com *C. etunicatum* e na dose de  $60 \text{ mg kg}^{-1}$  de P mudas inoculadas com o MIX não apresentaram respostas a inoculação micorrízica, todavia com o aumento dessas doses as plantas passaram a ser marginalmente dependentes, uma vez que os



valores de DM aumentaram (Figuras 6A). Portanto, o efeito da associação micorrízica na espécie *Hymenaea courbaril* (jatobazeiro) é afetada pela adubação fosfatada.

Esses resultados corroboram com os observados por Mello et al. (2017), que observaram que o jatobazeiro (*H. courbaril*) apresentou dependência micorrízica facultativa quando inoculado em substratos solo de barranco Argissolo Vermelho, isto é, apresentam baixa concentração de P e solo de barranco misturado com esterco bovino e vermiculita com média a alta concentração de P.

Os valores de DM e EM negativos, nos tratamentos: *C. etunicatum* + 120 mg kg<sup>-1</sup> de P e MIX + 60 mg kg<sup>-1</sup> de P (Figura 6A e B), indicam que as mudas apresentaram menor acúmulo de massa seca em comparação aquelas sem FMA, indicando que os inóculos de FMAs podem não ter encontrado condições favoráveis para beneficiar as mudas (BASSAN et al., 2020).

Ramírez-Gil (2019), em seu trabalho com a espécie florestal *Gmelina arborea*, verificou dependência micorrízica moderada nas condições de baixo e moderado P quando inoculadas com as espécies *Rhizoglosum fasciculatum*, *Rhizoglosum aggregatum* e *Rhizoglosum irregulare* e dependência marginal quando inoculadas com *Glomus fstulosum* e *Entrophospora colombiana* produziu. Já na condição de alto P (0,2 mg L<sup>-1</sup>) todas as espécies de FMA inoculadas em *Gmelina arborea* tiveram valores de dependência micorrízica negativos, indicando que nessas condições de alta dose de P no solo a associação simbiótica torna-se adversa para a planta.

Bassan et al. (2020), em estudo com canafistula (*Peltophorum dubium*), também verificaram respostas quanto à dependência e eficiência micorrízica diferentes em razão do inóculo de FMA e das doses de P, onde os FMAs *Glomus clarum* e *Gigaspora margarita* apresentaram alta dependência e eficiência micorrízica nas doses de 60 e 120 mg kg<sup>-1</sup> de fósforo, e valores negativos para as demais doses.

As mudas de jatobazeiro apresentaram valores de eficiência micorrízica satisfatórios, especialmente aquelas cultivadas com os FMAs *R. heterosporum*, *R. clarum* e MIX, os quais promoveram valores superiores a 70% na ausência de adubação fosfatada (Figura 6B). Isso refletiu também na produção de biomassa e promoção de crescimento das mudas, uma vez que plantas inoculadas com os FMA apresentaram maiores valores de biomassa e de crescimento de mudas, e tanto DM quando EM tiveram alta correlação positiva com a produção de biomassa e altura das mudas.

Desse modo, o *H. courbaril* pode ser classificada como uma espécie de associação micorrízica facultativa. Na baixa disponibilidade de P no solo, a associação micorrízica se intensifica, no entanto, quando há altas concentrações de P no solo a associação diminui, uma vez que a planta já tem P suficiente para seu desenvolvimento (ROCHA et al., 2006; SOUZA et al., 2017).

A eficiência das micorrizas, para promover o crescimento das plantas, varia de acordo com a combinação do FMA com a espécie vegetal, associado com fatores bióticos e abióticos do sistema, como o tipo de solo e o emprego de adubação fosfatada, podendo apresentar diferentes graus de eficiência, sendo até mesmo ineficaz ou parasítico temporário (SMITH et al., 2010; FEITOSA e SANTOS, 2017; BASSAN et al., 2020).

Silva et al. (2017a), observaram em seus estudos com cedro-australiano (*Toona ciliata*), que nas condições de baixo P no solo ( $25 \text{ mg dm}^{-3}$ ), os FMAs *C. etunicatum* e *A. colombiana*, tiveram uma alta eficiência micorrízica, enquanto que nas condições de P alta ( $250 \text{ mg dm}^{-3}$ ) esses mesmos inóculos tiveram uma redução na porcentagem de EM similar aos encontrados em nosso estudo, em torno de 20%, indicando que mesmo em concentrações de P extremamente elevadas, algumas espécies de FMAs quando associadas a determinadas espécies ainda promovem benefícios a planta, mesmo que reduzidos.

Salienta-se que tanto a dependência micorrízica quanto a eficiência micorrízica são relativas e se baseiam na comparação entre as espécies de FMAs testados combinados à determinada espécie vegetal, ou seja, mesmo que uma espécie de FMA tenha apresentado baixa dependência ou eficiência nas condições desse estudo, não significa que quando comparado a outras espécies de FMAs, ou mesmo em outras situações de cultivo combinadas com outras espécies vegetais, apresentará o mesmo desempenho, ou será menos eficiente (ROCHA et al., 2006).

Considerando o agrupamento baseado no dendograma de similaridade das variáveis avaliadas, observamos que as mudas sem inoculação micorrízica, mas que receberam adubação com P (0, 60, 120, 180 e  $240 \text{ mg kg}^{-1}$  solo) apresentaram desempenho semelhante às plantas que foram inoculadas com os FMAs, independente da adubação fosfatada. Isto reforça a ideia que a inoculação com os FMAs avaliados substitui a necessidade de adubação fosfatada para a produção de mudas de jatobazeiro.

Desse modo, pode-se afirmar que a espécie de FMA *R. clarum* e o MIX), se mostraram eficientes na promoção de crescimento, enquanto que a espécie *R. clarum*

proporcionou maior incremento de biomassa das mudas de jatobazeiro, comprovando nossa hipótese inicial de que os FMA influenciam no crescimento do jatobazeiro.

Com base na literatura apresentada e diante das observações experimentais, recomenda-se a utilização do FMA *R. clarum*, sem a necessidade de adubação fosfatada, para a produção de mudas de jatobazeiro (*H. courbaril*), e que o tempo de permanência mínimo das mudas em viveiro, nas condições desse estudo, seja entorno dos 150 DAT.

## 6. CONCLUSÃO

1. A espécie de fungo micorrízico arbuscular *Rhizoglonus clarum* e a mistura de inóculos – MIX, proporcionaram maior crescimento para as mudas de jatobazeiro;
2. Mudanças de jatobazeiro inoculadas com a espécie de fungo micorrízico arbuscular *Rhizoglonus clarum*, apresentaram maior qualidade, crescimento e incremento de biomassa;
3. A adubação fosfatada não contribuiu na produção de mudas de jatobazeiro;
4. As mudas de jatobá apresentaram valores de eficiência micorrízica satisfatórios para as espécies testadas;
5. O jatobazeiro é uma espécie de associação micorrízica facultativa.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, G. M.; SCHIAVO, J. A.; GUIRARDI, B. D.; PAYÁ, T. I. A.; ABREU, P. M.; BOBADILHA, G. S.; OLIVEIRA, N. S. Crescimento inicial e qualidade de mudas de *Dipteryx alata* inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares sob adubação fosfatada. In: SANTOS, C. C.; SCALON, S. P. Q. **Ecofisiologia e Nutrição de Espécies Frutíferas e Arbóreas**. 1ª ed. Nova Xavantina: Pantanal, 2020. p. 60-69.

AIDAR, M. P. M.; MARTINEZ, C. A.; COSTA, A. C.; COSTA, P. M. F.; DIETRICH, S. M. C.; BUCKERIDGE, M. S. Effect of atmospheric CO<sub>2</sub> enrichment on the establishment of seedlings of Jatobá, *Hymenaea Courbaril* L. (Leguminosae, Caesalpinioideae). **Biota Neotropica**, Campinas, v. 2, n. 1, p. 1–10, 2002.

ALVES, J. D. N.; SOUZA, F. C. A. de; OLIVEIRA, M. L. de; OLIVEIRA, M. C. M. A.; OKUMURA, R. S. Fontes de fósforo no crescimento inicial de mudas de jatobá-do-cerrado (*Hymenaea stigonocarpa* Mart.). **Nucleus**, Ituverava, v. 12, n. 2, p. 299–307, 2015.

ANDRADE, L. A. D. de; BRUNO, R. D. L. A.; OLIVEIRA, L. S. B. D. de; SILVA, H. T. F. D. da. Aspectos biométricos de frutos e sementes, grau de umidade e superação de dormência de jatobá. **Acta Scientiarum - Agronomy**, Maringá, v. 32, n. 2, p. 293–299, 2010.

ARAÚJO, E. F.; AGUIAR, A. S.; ARAUCO, A. D. S.; GONÇALVES, E. D. O.; ALMEIDA, K. D. de. Crescimento e qualidade de mudas de paricá produzidas em substratos à base de resíduos orgânicos. **Nativa**, Sinop, v. 5, n. 1, p. 16–23, 2017.

BARROS, J. M. T. D. M. **Fungos micorrízicos em mudas de *Jatropha curcas* L. Submetidas a estresse hídrico**. 2018. 30 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Alagoas. Rio Largo-AL.

BASSAN, D. A. Z.; SANTOS, S. C.; LOURENTE, E. R. P.; DAVIDE, L. M. C.; MEDEIROS, E. S. de; CARVALHO, L. G. V. de; RUI, R. F. da; SOUZA, G. G. de. Mudas de canafístula (*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.) com fungos micorrízicos arbusculares. In: SANTOS, C. C.; SCALON, S. P. Q. **Ecofisiologia e Nutrição de Espécies Frutíferas e Arbóreas**. 1ª ed. Nova Xavantina: Pantanal, 2020. p. 126–148.

BERBARA, R. L. L.; SOUZA, F. A.; FONSECA, H. M. A. C. Fungos micorrízicos arbusculares: muito além da nutrição. In: FERNANDES, M. S. **Nutrição Mineral de Plantas**. 1ª ed. Viçosa: SBCS, 2006. p. 53–88.

BERUDE, M. C.; ALMEIDA, D. S. de; RIVA, M. M.; CABANÊZ, P. A.; AMARAL, A. A. do. Micorrizas e sua importância agroecológica. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 11, n. 22, p. 132–146, 2015.

BRACHTVOGEL, E. L.; MALAVASI, U. C. Volume do recipiente, adubação e sua forma de mistura ao substrato no crescimento inicial de *Peltophorum dubium* (sprengel) taubert em viveiro. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 34, n. 2, p. 223–232, 2010.

BRITO, V. N.; TELLECHEA, F. R. F.; HEITOR, L. C.; FREITAS, M. S. M.; MARTINS, M. A. Fungos micorrízicos arbusculares e adubação fosfatada na produção

- de mudas de paricá. **Ciencia Florestal**, Santa Maria, v. 27, n. 2, p. 485–497, 2017.
- CAMARGO, P. L. T.; MARTINS JUNIOR, P. P.; TEIXEIRA, M. B.; BESERRA, R. K. P. Uso de sigs para geração de mapas com a localização média da aroeira (*Schinus terebinthifolius*) na margem noroeste do município de São Francisco, bacia hidrográfica do Rio São Francisco, MG. **Revista Geográfica Acadêmica**, v. 19, n. 1, p. 162–173, 2020.
- CARNEIRO, M. A. C.; SIQUEIRA, J. O.; DAVIDE, A. C. Fósforo e inoculação com fungos micorrízicos arbusculares no estabelecimento de mudas de embaúba (*Cecropia pachystachya* Trec). **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 34, n. 3, p. 119–125, 2004.
- CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. 1ª ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. v. 1, 1042p.
- CAVALCANTE, U. M. T.; GOTO, B. T.; MAIA, L. C. Aspectos da Simbiose Micorrízica Arbuscular. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônômica**, Recife, v. 5-6, p. 180–208, 2008-2009.
- COSTA, C. H. M. da; DIARIS, K. B.; GUIMARÃS, T. M. Métodos de escarificação para superação de dormência de sementes de jatobá. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**, v. 30, n. 1, 2017.
- COSTA, E.; LOPES, K. G.; BINOTTI, F. F. D. S.; BINOTTI, E. D. C.; DALASTRA, C. Technologies for jatoba seedling formation. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 26, n. 1, p. 1–8, 2019.
- COSTA, W. S.; SOUZA, A. L. de; SOUZA, P. B. de. Ecologia, Manejo, Silvicultura e Tecnologia de Espécies Nativas da Mata Atlântica. **Espécies Nativas da Mata Atlântica**, Viçosa, v. 2, p. 1–21, 2011.
- 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. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 38, n. 1, p. 117–128, 2016.
- DALANHOL, S. J.; NOGUEIRA, A. C.; GAIAD, S.; KRATZ, D. Efeito de micorrizas e da fertilização no crescimento de mudas de *Campomanesia xanthocarpa* (MART.) O.BERG., produzidas em diferentes substratos. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 27, n. 3, p. 931–945, 2017.
- DAVISON, J.; MOORA, M.; ÖPIK, M.; ADHOLEYA, A.; AINSAAR, A.; BÂ, A.; BURLA, S.; DIEDHIU, A. G.; HIIESALU, I.; JAIRUS, T.; JOHNSON, N. C.; KANE, A.; KOOREM, K.; KOCHAR, M.; NDIAYE, C.; PÄRTEL, M.; REIER, Ü.; SAKS, Ü.; SINGH, R.; VASAR, M.; ZOBEL, M. Global assessment of arbuscular mycorrhizal fungus diversity reveals very low endemism. **Science**, New York, v. 349, n. 6251, 2015.
- DICKSON, A.; LEAF, A. L.; HOSNER, J. F. Quality Appraisal of White Spruce and White Pine Seedling Stock in Nurseries. **The Forestry Chronicle**, New York, v. 36, n. 1, p. 10–13, 1960.
- DIEL, D.; BEHLING, M.; NETO, A. L. D. F.; ISERNHAGEN, E. C. C. Distribuição horizontal e vertical de fósforo em sistemas de cultivos exclusivos de soja e de

- integração lavoura-pecuária-floresta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 49, n. 8, p. 639-647, 2014.
- DUBOC, E.; VENTORIM, N.; VALE, F. R. do; DAVIDE, A. C. Nutrição do jatobá (*Hymenaea courbaril* L. var. *stilbocarpa* (Hayne) Lee et Lang.). **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 2, n. 1, p. 138–152, 1996.
- EL-SHARKAWY, H. H. A.; RASHAD, Y. M.; IBRAHIM, S. A. Biocontrol of stem rust disease of wheat using arbuscular mycorrhizal fungi and *Trichoderma* spp. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, v. 103, p. 84–91, 2018.
- FARIA, T. M.; SCABORA, M. H.; MALTONI, K. L.; CASSIOLATO, A. M. R. Micorrização e crescimento de progênies de *Hymenaea stignocarpa* Mart. ex. Hayne em subsolo de área degradada. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 23, n. 1, p. 233–243, 2013.
- FARIAS, D. D. H.; PINTO, M. A. B.; CARRA, B.; SCHUCH, M. W.; SOUZA, P. V. D. D. de. Desenvolvimento de mudas de mirtilheiro inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 36, n. 3, p. 655–663, 2014.
- FEITOSA, A. G.; SANTOS, D. R. dos. Fósforo e fungos micorrízicos no crescimento de mudas arbóreas da caatinga. **Agropecuária Científica no Semiárido**, Patos, v. 12, n. 4, p. 392–396, 2017.
- FERREIRA, B. S.; SANTANA, M. V.; MACEDO, R. S.; SILVA, J. O.; CARNEIRO, M. A.; ROCHA, M. R. Co-occurrence patterns between plant-parasitic nematodes and arbuscular mycorrhizal fungi are driven by environmental factors. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 265, p. 54–61, 2018.
- FERREIRA, D. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.
- FIETZ, C. R.; FISCH, G. F. **O clima na região de Dourados, MS**. 2ªed. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2017. 34p.
- FUSCONI, A. Regulation of root morphogenesis in arbuscular mycorrhizae: what role do fungal exudates , phosphate , sugars and hormones play in lateral root formation? **Annals of Botany**, v. 113, n. 1, p. 19–33, 2014.
- GEORGE, T. S.; HINSINGER, P.; TURNER, B. L. Phosphorus in soils and plants – facing phosphorus scarcity. **Plant and Soil**, v. 401, n. 1–2, 2016.
- GOMES, J. M.; PAIVA, H. D. **Viveiros florestais: propagação sexuada**. 1ª ed. Viçosa: UFV, 2011. 116p.
- GOMES JÚNIOR, G. A.; PEREIRA, R. A.; SODRÉ, G. A.; SACRAMENTO, K. C. do; GROSS, E. Absorption of nutrients by soursop seedlings in response to mycorrhizal inoculation and addition of organic compost. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 48, n. 3, p. 287–294, 2018.
- GONZAGA, L. D. M.; SILVA, S. S. da; CAMPOS, S. A.; FERREIRA, R. P.; CAMPOS, A. N. R.; CUNHA, A. C. M. C. M. da. Recipientes e substratos na produção de mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.). **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, Viçosa, v. 6, n. 1, p. 64–73, 2016.

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

HEEMANN, T. P.; ARANTES, S.; ANDRADE, E.; VIANA, D.; SELLA, H. Phytoremediation capacity of forest species to herbicides in two types of soils. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 25, n. 3, 2018.

KARUNANITHI, R.; SZOGI, A. A.; BOLAN, N.; NAIDU, R.; LOGANATHAN, P.; HUNT, P. G.; VANOTTI, M. B.; SANTO, C. P.; OK, Y. S.; KRISHNAMOORTHY, S. Phosphorus recovery and reuse from waste streams. In: SPARKS, D. L. **Advances in Agronomy**. Elsevier, 2015. V. 131. p. 173–250.

LACERDA, A. E. B. de. **Ecological and genetic impacts of reduced-impact logging in the Brazilian Amazonian Forest : the case of *Hymenaea courbaril* L.** 2007, Tese - University of Reading. Reading.

LACERDA, A. E. B. de; KANASHIRO, M.; SEBBENN, A. M. Effects of Reduced Impact Logging on genetic diversity and spatial genetic structure of a *Hymenaea courbaril* population in the Brazilian Amazon Forest. **Forest Ecology and Management**, v. 255, n. 3–4, p. 1034–1043, 2008.

LACERDA, K. A. P.; SILVA, M. M. D. S.; CARNEIRO, M. A. C.; REIS, E. F. D. dos; SAGGIN JÚNIOR, O. J. Fungos micorrízicos arbusculares e adubação fosfatada no crescimento inicial de seis espécies arbóreas do cerrado. **Cerne**, Lavras, v. 17, n. 3, p. 377–386, 2011.

LEITE, B. N.; FEITOSA, B. F.; ROCHA, É. M. F. F. Formulação e caracterização de biscoito amanteigado à base de farinha de jatobá, adoçado com rapadura. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v. 11, n. 4, p. 55–61, 2017.

LI, F.; GUO, Y.; CHRISTENSEN, M. J.; GAO, P.; LI, Y.; DUAN, T. An arbuscular mycorrhizal fungus and *Epichloë festucae* var. *lolii* reduce *Bipolaris sorokiniana* disease incidence and improve perennial ryegrass growth. **Mycorrhiza**, Honolulu, v. 28, n. 2, p. 159–169, 2017.

LIANG, J. F.; AN, J.; GAO, J. Q.; ZHANG, X. Y.; YU, F. H. Effects of arbuscular mycorrhizal fungi and soil nutrient addition on the growth of *Phragmites australis* under different drying- rewetting cycles. **Plos one**, v.13, n. 1, p. 1–10, 2018.

LIMA, F. S.; SOUSA, C. S. Crescimento e nutrição de mudas de clones de eucalipto inoculadas com fungos micorrízicos. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 44, n. 2, p. 110–118, 2014.

LIMA, K. B.; RITER NETTO, A. F.; 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. **Ciencia Florestal**, Santa Maria, v. 25, n. 4, p. 853–862, 2015.

LIU, C.; RAVNSKOV, S.; LIU, F.; RUBÆK, G. H.; ANDERSEN, M. N. Arbuscular mycorrhizal fungi alleviate abiotic stresses in potato plants caused by low phosphorus and deficit irrigation / partial root- zone drying. **The Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 156, n. 1, p. 46–58, 2018.

LIU, W.; ZHANG, Y.; JIANG, S.; DENG, Y.; CHRISTIE, P.; MURRAY, P. J.; LI, X.; ZHANG, J. Arbuscular mycorrhizal fungi in soil and roots respond differently to



phosphorus inputs in an intensively managed calcareous agricultural soil. **Scientific Reports**, v. 6, n. 1, p. 1–11, 2016.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 8<sup>a</sup> ed. Nova Odessa: Plantarum, 2020. V. 1. 384 p.

MARCHESAN, R. **Rendimento e qualidade de madeira serrada de três espécies tropicais**. 2012. 92 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

MARTINS, R. M. S.; MELLONI, R.; MELLONI, E. G. P. Crescimento micelial de fungos micorrízicos arbusculares e formação de micorriza em solo contaminado por cádmio. **Scientia Agraria**, Itajubá, v. 18, n. 3, p. 48–60, 2017.

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

MELLO, A. H. de; NASCIMENTO, S. F. do; OLIVEIRA, G. F. de. Avaliação do desenvolvimento e dependência micorrízica do jatobá (*Hymenaea courbaril* L.). **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 14, n. 25, p. 244–257, 2017.

MIRANDA, J. C. C. DE. **Cerrado: Micorriza Arbuscular-ocorrência e manejo**. 1<sup>a</sup> ed. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2008. 169 p.

MOREIRA-SOUZA, M.; CARDOSO, E. J. B. N. Dependência micorrízica de *Araucaria angustifolia* (BERT.) O. KTZE. sob doses de fósforo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 26, n. 1, p. 905–912, 2002.

MOREIRA, S. D.; FRANÇA, A. C.; GRAZZIOTTI, P. H.; LEAL, F. D. S.; SILVA, E. D. B. Arbuscular mycorrhizal fungi and phosphorus doses on coffee growth under a non-sterile soil. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 32, n. 1, p. 72–80, 2019.

NASCIMENTO, H. H. C. do; NOGUEIRA, R. J. M. C.; SILVA, E. C. da; SILVA, M. A. da. Análise do crescimento de mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 35, n. 3, p. 617–626, 2011.

NATH, M.; BHATT, D.; PRASAD, R.; TUTEJA, N. Reactive Oxygen Species (ROS) Metabolism and Signaling in Plant-Mycorrhizal Association Under Biotic and Abiotic Stress Conditions. In: VARMA, A.; PRASAD, R.; TUTEJA, N. **Mycorrhiza-ecophysiology, secondary metabolites, nanomaterials**. 4<sup>a</sup> ed. Cham: Springer International Publishing, 2017. p. 223–232.

NOVAIS, C. B. et al. **Técnicas básicas em micorrizas arbusculares**. 1<sup>a</sup> ed. Lavras: Editora UFLA, 2017. 132 p.

NUNES, A. B. C.; SAGGIN JÚNIOR, O. J.; SILVA, E. M. R. da; PINTO, F. A.; SANTOS, J. V. dos; CARNEIRO, M. A. C. Steel slag and phosphate nutrition of corn inoculated with arbuscular mycorrhizal fungi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 54, n. 1, p. 1–9, 2019.

OULEDALI, S.; ENNAJEH, M.; ZRIG, A.; GIANINAZZI, S.; KHEMIRA, H. Estimating the contribution of arbuscular mycorrhizal fungi to drought tolerance of

- potted olive trees (*Olea europaea*). **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 40, n. 5, 2018.
- PANTANO, G.; GROSSELI, G. M.; MOZETO, A. A.; FADINI, P. S. Sustainability in phosphorus use: A question of water and food security. **Quimica Nova**, São Paulo, v. 39, n. 6, p. 732–740, 2016.
- PEREIRA, J. E. S.; BARRETO-GARCIA, P. A. B.; SCORIZA, R. N.; SAGGIN JUNIOR, O. J.; GOMES, V. S. Arbuscular mycorrhizal fungi in soils of arboreal Caatinga submitted to forest management. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 13, n. 1, p. 1–6, 2018.
- PLENCHETTE, C.; FORTIN, J. A.; FURLAN, V. Growth responses of several plant species to mycorrhizae in a soil of moderate P-fertility - I. Mycorrhizal dependency under field conditions. **Plant and Soil**, v. 70, n. 2, p. 199–209, 1983.
- RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. 1ª ed. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2011. 420 p.
- RAMÍREZ-GIL, J. G. Dependencia, colonización y crecimiento en *Gmelina arborea* inoculada con cinco cepas de hongos micorrízicos arbusculares. **Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín**, Bogota, v. 72, n. 2, p. 8775–8783, 2019.
- RAMOS, F. S. A. R.; SANTOS, T. C. dos; FERREIRA, T. H. B.; GOMES, M. C. S.; MUNHOZ, C. L. Aceitabilidade de biscoito tipo cookie enriquecidos com farinha de jatobá. **Cadernos de Agroecologia**, v. 13, n. 2, p. 1–7, 2018.
- ROCHA, F. S.; SAGGIN JÚNIOR, O. J.; SILVA, E. M. R. da; LIMA, W. L. de. Dependência e resposta de mudas de cedro a fungos micorrízicos arbusculares. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 1, p. 77–84, 2006.
- RODRIGUES, L. A.; BARROSO, D. G.; FIQUEIREDO, F. A. M. M. A. Fungos micorrízicos arbusculares no crescimento e na nutrição mineral de mudas de *Tectona grandis* L. F. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 28, n. 1, p. 25–34, 2018.
- RODRIGUES, L. G. S. M.; GOI, S. R.; RODRIGUES, F. M. Associação micorrízica como uma estratégia para o estabelecimento de espécies em áreas impactadas. **Journal of Bioenergy and Food Science**, Macapá, v. 1, N.1: p. 7-19, 2014
- SALES, G. W. P.; BATISTA, A. H. M.; ROCHA, L. Q.; NOGUEIRA, N. A. P. Efeito antimicrobiano e modulador do óleo essencial extraído da casca de frutos da *Hymenaea courbaril* L. **Revista de Ciências Farmaceuticas Basica e Aplicada**, Araraquara, v. 35, n. 4, p. 709–715, 2014.
- SAMPAIO, Á. M. DO N. C. **O papel das micorrizas no modo de produção biológico da alface (*Lactuca sativa* L.)**. 2012. 64 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Biológica) - Escola Superior Agrária Instituto Politécnico Viana do Castelo Escola Superior Agrária de Ponte de Lima, Ponte de Lima.
- SANTANA, T. C. de. **Uso do extrato de folhas do jatobá (*Hymenaea martiana* Hayne) na redução das contagens de *Salmonella* spp., *Escherichia coli* e *Staphylococcus aureus* em leite cru**. 2015. 52 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura e Biodiversidade) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão-SE.
- SANTANDER, C.; AROCA, R.; RUIZ-LOZANO, J. M.; OLAVE, J.; CARTES, P.; BORIE, F.; CORNEJO, P. Arbuscular mycorrhiza effects on plant performance under

osmotic stress. **Mycorrhiza**, Honolulu, v. 27, n. 7, p. 639–657, 2017.

SANTOS, R. S. dos; SCORIZA, R. N.; SILVA, E. M. R. da; SAGGIN JÚNIOR, O. J. Selection of mycorrhizal fungi for the initial growth of *Albizia polycephala*. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 11, n. 2, p. 98–103, 2016.

SANTOS JUNIOR, P. S. dos; COGO, F. D.; COGO, F. A. D.; SOUSA, L. L. de. Fungos micorrízicos arbusculares: abordagem no ensino de Biologia. **Ciência ET Praxis**, v. 12, n. 23, p. 19-24, 2019.

SANTOS, J. Z. L.; RESENDE, Á. V. de; FURTINI NETO, A. E.; CORTE, E. F. Crescimento, acúmulo de fósforo e frações fosfatadas em mudas de sete espécies arbóreas nativas. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 32, n. 5, p. 799–807, 2008.

SCHIAVO, J. A.; SILVA, C. A. da; ROSSET, J. S.; SECRETTI, M. L.; SOUSA, R. A. C. de; CAPPI, N. Composto orgânico e inoculação micorrízica na produção de mudas de pinhão manso. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 40, n. 3, p. 322–329, 2010.

SILVA, C. G.; MARINHO, M. G. V.; LUCENA, M. F. A.; COSTA, J. G. M. Levantamento etnobotânico de plantas medicinais em área de Caatinga na comunidade do ítio Nazaré, município de Milagres, Ceará, Brasil. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 17, n. 1, p. 133–142, 2015.

SILVA, A. A. da; DELATORRE, C. A. Alterações na arquitetura de raiz em resposta à disponibilidade de fósforo e nitrogênio. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 8, n. 2, p. 152–163, 2009.

SILVA, E. P. da; FERREIRA, P. A. A.; FURTINI-NETO, A. E.; SOARES, C. R. F. S. Micorrizas arbusculares e fosfato no desenvolvimento de mudas de cedro-australiano. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 27, n. 4, p. 1269–1281, 2017a.

SILVA, M. R. da; LAMARCA, E. V. Registros etnobotânicos e potenciais medicinais e econômicos do jatobá. **Revista da Universidade Ibirapuera**, Ibirapuera, n. 15, p. 8–12, 2018.

SILVA, P. O. da; CARLOS, L.; MENEZES-SILVA, P. E.; COSTA, A. M. da; BARBOSA, K. D. P. Physiological and morphological behavior of *Hymenaea stigonocarpa* seedlings submitted to Phosphorus. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 27, n. 1, p. 1–9, 2020.

SILVA, M. A.; PACHECO, C. M.; SILVA, C. A.; NASCIMENTO, H. H. C.; NOGUEIRA, R. J. M.C. Tolerance mechanisms in *Hymenaea courbaril* L. and *Jatropha curcas* L. plants AS a response to water deficit and contamination by oil derivatives. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 41, n. 2, 2017b.

SILVA, M. R.; SILVA, M. S.; MARTINS, K. A.; BORGES, S. Utilização tecnológica dos frutos de jatobá-do-cerrado e de jatobá-da-mata na elaboração de biscoitos fontes de fibra alimentar e isentos de açúcares. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 21, n. 2, p. 176–182, 2001.

SILVA, S. M. M.; MARTINS, K.; MESQUITA, A. G. G.; WADT, L. H. D. O. Parâmetros genéticos para a conservação de *Hymenaea courbaril* L. na Amazônia sul-ocidental. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 24, n. 1, p. 87–95, 2014.

SMITH, S. E.; FACELLI, E.; POPE, S.; SMITH, F. A. Plant performance in stressful

environments: Interpreting new and established knowledge of the roles of arbuscular mycorrhizas. **Plant and Soil**, v. 326, n. 1, p. 3–20, 2010.

SMITH, S. E.; READ, D. J. **Mycorrhizal symbiosis**. 3ª ed. Califórnia: Academic Press, 2008. 605 p.

SOARES, J. N.; REIS, J. M. R.; PEREIRA, I. S.; REIS, M. R.; GONTIJO, R. G. Avaliação do desenvolvimento de mudas de jatobá-do-cerrado (*Hymenaea stigonocarpa* Mart.) em diferentes fontes de fósforo. **Cerrado Agrociências**, Patos de Minas, v. 1, n. 4, p. 35–41, 2013.

SOUZA, F. A. de; GOMES, E. A.; VASCONCELOS, M. J. V. de; SOUSA, S. M. de. **Micorrizas Arbusculares: Perspectivas para Aumento da Eficiência de Aquisição de Fósforo (P) em Poaceae - Gramíneas**. 1ª ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo (INFOTECA-E), 2011. 30 p.

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

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

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2017, 858 p.

TROUILLEFOU, C. M.; LE CADRE, E.; CACCIAGUERRA, T.; CUNIN, F.; PLASSARD, C.; BELAMIE, E. Protected activity of a phytase immobilized in mesoporous silica with benefits to plant phosphorus nutrition. **Journal of Sol-Gel Science and Technology**, New York, v. 74, n. 1, p. 55–65, 2015.

VILAR, C. C.; COSTA, A. C. S. da; HOEPERS, A.; SOUZA JUNIOR, I. G. de. Capacidade máxima de adsorção de fósforo relacionada a formas de ferro e alumínio em solos subtropicais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, n. 1, p. 1059–1068, 2010.

VU, D. T.; TANG, C.; ARMSTRONG, R. D. Changes and availability of P fractions following 65 years of P application to a calcareous soil in a Mediterranean climate. **Plant and Soil**, v. 304, n. 1, p. 131–138, 2008.

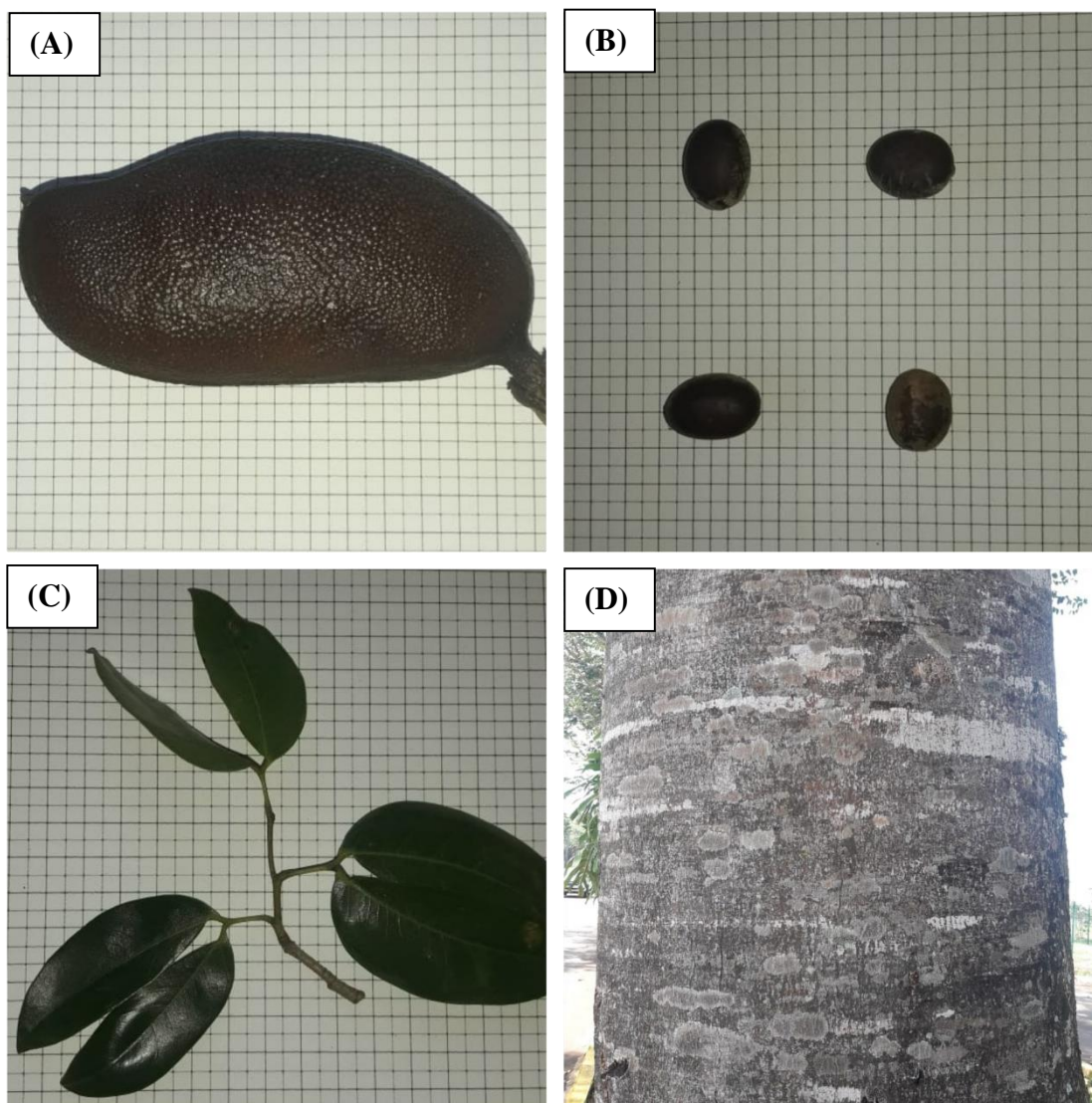
ZAMBROSI, F. C. B. Uso Eficiente de Fósforo: Necessidade e Desafio para uma Agricultura Sustentável do Século XXI. O agrônomo, Campinas, v. 20, abr. 2018. Disponível em: <<http://oagronomico.iac.sp.gov.br/?p=1180>>. Acesso em: 20 ago. 2020.

ZUBA JUNIOR, G. R.; SAMPAIO, R. A.; PEREIRA, C. M.; PRATES, F. B. S.; FERNANDES, L. A.; ALVARENGA, I. C. A. Crescimento do jatobá e de leguminosas arbóreas em diferentes espaçamentos, em área degradada. **Revista Caatinga**, Mossoró v. 23, n. 4, p. 63–68, 2010.

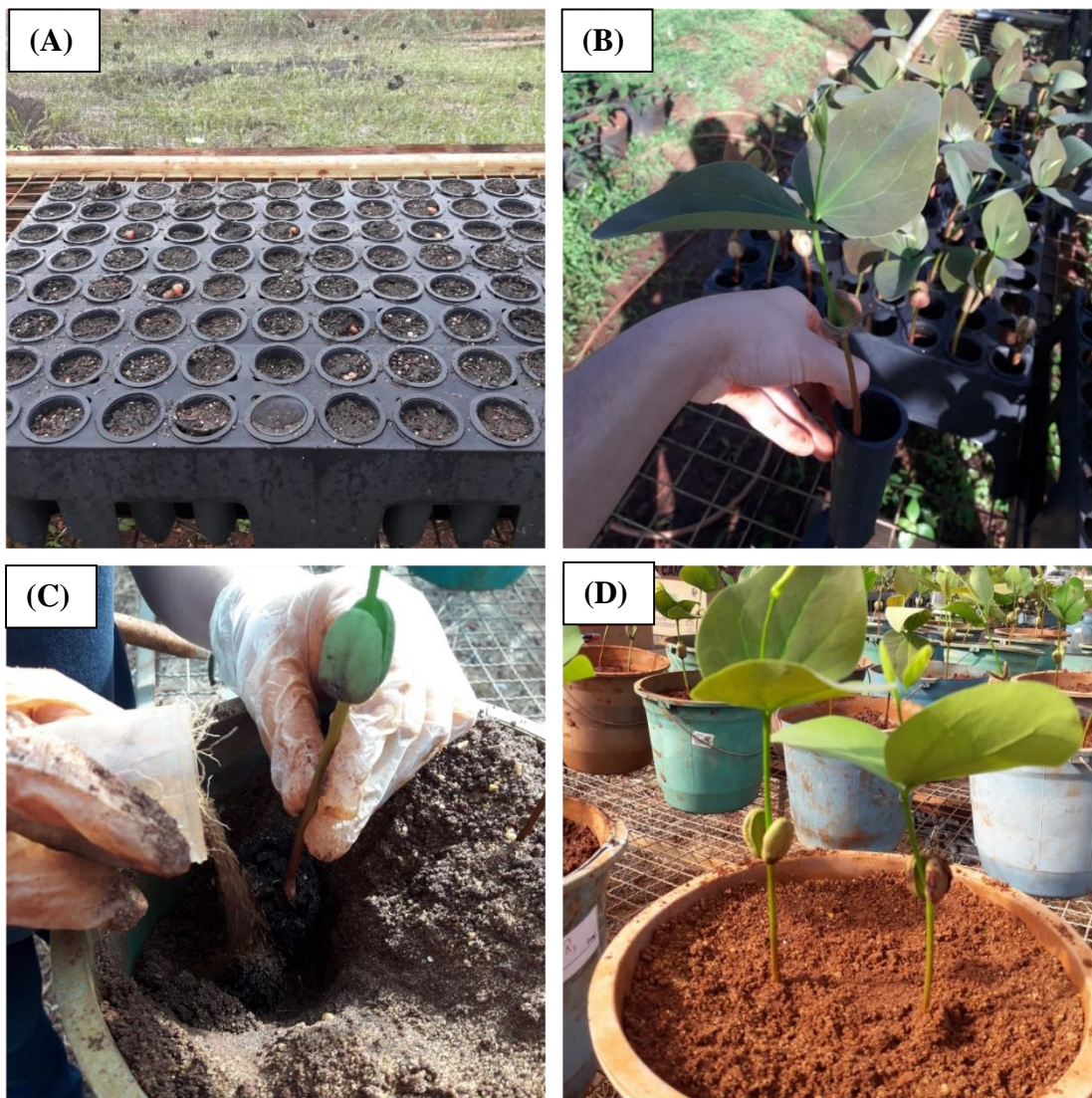
ZUCCARINI, P.; SAVÉ, R. Three species of arbuscular mycorrhizal fungi confer different levels of resistance to water stress in *Spinacia oleracea* L. **Plant Biosystems**,

v. 150, n. 5, p. 851–854, 2015.

## ANEXOS



ANEXO 1. Fruto maduro do jatobazeiro (A); sementes de jatobá (B); pares de folhas de jatobazeiro (C); superfície do tronco de um jatobazeiro de tamanho médio (D). Dourados-MS, UFGD, 2021.



ANEXO 2. Emergência das plântulas de jatobazeiro (A); mudas de jatobazeiro no pré-transplântio (B); inoculação dos FMAs no momento do transplântio das mudas de jatobá (C); mudas de jatobá estabelecidas no vaso (D). Dourados-MS, UFGD, 2021.



ANEXO 3. Imagem panorâmica do experimento na estufa de vegetação, aos 90 DAT. Dourados-MS, UFGD, 2021.