

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS

**FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES E
FÓSFORO EM MUDAS DE *Musa* spp. (cv. Grand Naine) E
Myrciaria glomerata (O. Berg)**

RICARDO FERNANDO DA RUI

**DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL
2019**

**FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES E FÓSFORO EM
MUDAS DE *Musa* spp. (cv. Grand Naine) E *Myrciaria glomerata* (O.
Berg)**

RICARDO FERNANDO DA RUI
Engenheiro Agrônomo

Orientadora: Prof^ª. Dra. SILVIA CORREA SANTOS

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

**Dourados
Mato Grosso do Sul
2019**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

R934f Rui, Ricardo Fernando Da

Fungos micorrízicos arbusculares e fósforo em mudas de *Musa* spp. (cv. Grand Naine) e *Myrciaria glomerata* (O. Berg) [recurso eletrônico] / Ricardo Fernando Da Rui. -- 2019.

Arquivo em formato pdf.

Orientadora: Silvia Correa Santos.

Tese (Doutorado em Agronomia)-Universidade Federal da Grande Dourados, 2019. Disponível no Repositório Institucional da UFGD em: <https://portal.ufgd.edu.br/setor/biblioteca/repositorio>

1. bananeira. 2. cabeludinha. 3. associação simbiótica mutualística. 4. micorrizas. 5. nutrição de plantas. I. Santos, Silvia Correa. II. Título.

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

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

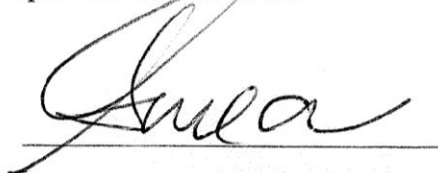
**FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES E FÓSFORO EM MUDAS DE
Musa spp. (cv. Grand Naine) E *Myrciaria glomerata* (O. Berg)**

por

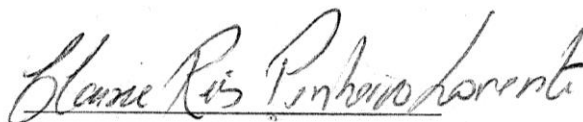
Ricardo Fernando Da Rui

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

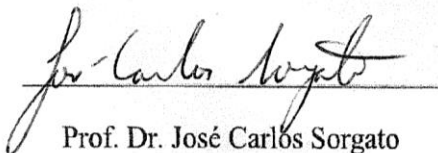
Aprovado em: 28/04/2019



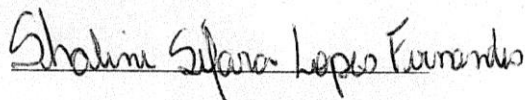
Prof.^a Dra. Silvia Correa Santos
Orientador – UFGD/FCA



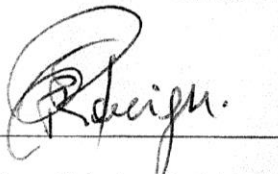
Prof.^a Dra. Elaine Reis Pinheiro Lourente
Membro interno – UFGD/FCA



Prof. Dr. José Carlos Sorgato
Membro interno – UFGD/FCA



Prof.^a Dra. Shaline Séfara Lopes Fernandes
Membro externo – UEMS



Prof. Dr. Edson Talarico Rodrigues
Membro externo - UEMS

A minha mãe e meu pai, Irene Salete da Rui e Euclides Claudino da Rui, pelo apoio e ensinamento em todos os momentos de minha vida, mostrando os melhores caminhos a seguir, sempre dando bons conselhos.

À minha irmã, Andréia Eliete da Rui, pela presença, amizade e ajudar sempre que possível perante as dificuldades encontradas.

Aos professores que participaram de minha vida acadêmica.

Ao prof. Dr. Edson Talarico Rodrigues, orientador na graduação; prof. Dr. Jolimar Antônio Schiavo, orientador no mestrado e; a prof^a. Dra. Silvia Correa Santos, orientadora no doutorado, que me conduziram nessa caminhada.

A Deus por me iluminar a cada dia e sempre estar ao meu lado.

A todos aqueles que ajudaram na construção deste trabalho.

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus por iluminar o caminho percorrido, por dar forças, coragem e motivação para seguir sempre em frente, não desanimando com os obstáculos, e por dar um propósito a cada momento de nossas vidas.

À minha família.

À UFGD pela oportunidade de realização do curso e pela qualidade de ensino.

À CAPES pela concessão da bolsa de estudos.

À prof. Dra. Silvia Correa Santos pela orientação, apoio, cobrança e pela convivência na condução deste trabalho.

À prof. Dra. Silvana de Paula Quintão Scalon por todo apoio, incentivo e contribuição.

Ao amigo Wander Cardoso Valim e todos que de algum modo contribuíram no desenvolvimento do trabalho.

Aqueles que se mostraram presentes durante o período de curso, fortalecendo nosso crescimento.

“E ele deu a opinião, segundo a qual quem conseguisse obter duas espigas de milho e duas folhas de grama num pedaço de chão onde somente uma crescia antes, merecerá mais da humanidade e prestará um serviço mais essencial a seu País do que toda a raça de políticos juntos.”

(Jonathan Swift)

SUMÁRIO

RESUMO GERAL	x
GERAL ABSTRACT	xi
1. INTRODUÇÃO GERAL.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1 A Cultura da banana.....	3
2.1.1 Origem e importância econômica.....	3
2.1.2 Exigências e nutrição da bananeira	4
2.2 Características gerais da <i>Myrciaria glomerata</i> (O. Berg).....	6
2.3 Fósforo (P)	8
2.4 Micorrizas	9
2.4.2 Importância dos Fungos Micorrízicos Arbusculares	10
2.4.3 Associações Micorrízicas e seus benefícios	11
3. OBJETIVOS GERAIS.....	13
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	14
CAPÍTULO I	22
Produção de mudas de <i>Musa</i> spp. (cv. Grand Naine) com fungos micorrízicos arbusculares e fósforo: crescimento, ecofisiologia e dependência micorrízica	22
RESUMO.....	23
ABSTRACT.....	24
1. INTRODUÇÃO	25
2. MATERIAL E MÉTODOS	27
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	30
4. CONCLUSÕES	44
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45
CAPÍTULO II.....	51
Produção de mudas de <i>Musa</i> spp. (cv. Grand Naine) com fungos micorrízicos arbusculares e fósforo: teores de nutrientes	51
RESUMO.....	52
ABSTRACT.....	53
1. INTRODUÇÃO	54
2. MATERIAL E MÉTODOS	56

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	59
4. CONCLUSÕES	70
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	71
CAPÍTULO III.....	76
Produção de mudas de <i>Myrciaria glomerata</i> (O. Berg.) com fungos micorrízicos arbusculares e fósforo: crescimento e dependência micorrízica.....	76
RESUMO.....	77
ABSTRACT.....	78
1. INTRODUÇÃO	79
2. MATERIAL E MÉTODOS	81
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	84
4. CONCLUSÕES	97
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	98
CONSIDERAÇÕES GERAIS	102
APÊNDICE.....	103

Fungos micorrízicos arbusculares e fósforo em mudas de *Musa* spp. (cv. Grand Naine) e *Myrciaria glomerata* (O. Berg)

RESUMO GERAL

No território brasileiro é possível encontrar cultivos de frutíferas em larga escala, como é o caso da banana (*Musa* spp.), ou até mesmo frutíferas pouco conhecidas e de exploração ainda pouco relevante, mas com enorme potencial, como é o caso da cabeludinha (*Myrciaria glomerata*). Dessa forma, visando à produção de mudas dessas espécies frutíferas, com maior qualidade, torna-se necessário a seleção de espécies de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) que, associadas a doses de fósforo (P), podem favorecer o crescimento e desenvolvimento das mudas quando levadas a campo, garantindo maior viabilidade no plantio. Objetivou-se com esse trabalho verificar a influência de espécies de FMAs e doses de P na produção de mudas de bananeira e de *M. glomerata*. O experimento foi conduzido em casa de vegetação da Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Grande Dourados, localizada em Dourados - MS. O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados, em arranjo fatorial 5 x 5, sendo os fatores inoculação com os FMAs (*Glomus clarum*, *Gigaspora margarita*, *Gigaspora albida* e *Clareoideoglomus etunicatum* e o controle sem FMAs), e cinco doses de P, sendo que as doses para o experimento com banana foram de 0, 50, 100, 200 e 400 mg kg⁻¹ e para *M. glomerata* foram de 0, 25, 50, 100 e 200 mg kg⁻¹. Os FMAs favorecem o crescimento e a qualidade das mudas de bananeira, com incrementos na taxa de fotossíntese e nos teores de nutrientes. A dose 50 mg kg⁻¹ de P favorece a dependência e eficiência micorrízica entre os inóculos testados e as mudas de bananeira. As espécies de FMAs *C. etunicatum*, *G. clarum* e *G. albida* favoreceram o crescimento e a qualidade de mudas de *M. glomerata*. O aumento do P no solo eleva a qualidade das mudas de *M. glomerata*, sendo a dose de 100 mg kg⁻¹ suficiente para o crescimento das plantas. Os resultados observados mostram que a colonização micorrízica em conjunto com adubação fosfatada aumenta a qualidade de mudas das espécies frutíferas estudadas.

PALAVRAS-CHAVE: bananeira, cabeludinha, associação simbiótica mutualística, micorrizas, nutrição de plantas

Arbuscular micorrizal fungi and phosphorus in *Musa* spp. (cv. Grand Naine) and *Myrciaria glomerata* (O. Berg.)

GERAL ABSTRACT

In Brazilian territory, it is possible to find large-scale fruit crops, such as bananas (*Musa* spp.), Or even little-known fruit trees and still not very relevant, but with enormous potential, such as the cabeludinha (*Myrciaria glomerata*). Therefore, the selection of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) species, which, together with phosphorus (P) doses, may favor growth and development of the seedlings when taken to the field, guaranteeing greater viability in planting. The objective of this work was to verify the influence of AMF species and P rates on the production of banana and *M. glomerata* seedlings. The experiment was conducted in a greenhouse of the Faculty of Agrarian Sciences of the Federal University of Grande Dourados, located in Dourados - MS. The experimental design was randomized blocks, in a factorial arrangement of 5 x 5, and the factors were inoculation with the AMF (*Glomus clarum*, *Gigaspora margarita*, *Gigaspora albida* and *Claroideoglomus etunicatum* and the control without AMF), and five doses of P, being that the doses for the *Musa* spp. experiment were 0, 50, 100, 200 and 400 mg kg⁻¹ and for *M. glomerata* were 0, 25, 50, 100 and 200 mg kg⁻¹. AMF favor the growth and quality of banana seedlings, with increases in the rate of photosynthesis and nutrient contents. The 50 mg kg⁻¹ dose of P favors the dependence and mycorrhizal efficiency between the inoculums tested and the *Musa* spp. seedlings. AMF species *C. etunicatum*, *G. clarum* and *G. albida* favored the growth and quality of *M. glomerata* seedlings. The increase of P in soil increases the quality of *M. glomerata* seedlings, and the dose of 100 mg kg⁻¹ is sufficient for plant growth. The observed results show that the mycorrhizal colonization together with phosphate fertilization increases the seedling quality of the fruit species studied.

KEY-WORDS: bananas, cabeludinha, symbiotic association, mycorrhizae, plant nutrition

1. INTRODUÇÃO GERAL

O Brasil possui uma grande extensão territorial, com ampla diversidade biológica e cultural. Com variados tipos de solos, climas e temperaturas, permite o cultivo de inúmeras espécies de plantas, sendo essas exóticas ou nativas, com destaque para as frutíferas (ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA, 2018). A maioria das frutíferas introduzidas no Brasil são consideradas espécies naturalizadas, como é o caso da bananeira (*Musa* spp.). Porém, cabe ressaltar, que existem diversas espécies nativas frutíferas pouco conhecidas, não domesticadas, mas que podem compor a cadeia alimentar da população mundial, como é o caso da cabeludinha (*Myrciaria glomerata*).

A banana está entre as culturas agrícolas mais importantes nas regiões tropicais e subtropicais não só no Brasil como no mundo. Segundo os dados da Food and Agriculture Organization - FAO (2018) a banana ocupa a primeira posição no ranking mundial de frutas, é o quarto produto alimentar mais consumido e no Brasil perde apenas para a laranja em volume de produção. Já a cabeludinha ou jabuticaba amarela, é uma espécie nativa do Brasil e típica da região da Mata Atlântica, ocorrendo naturalmente nos estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo (LORENZI, 2002).

Poucos são os estudos relacionando a cabeludinha, destes citam a espécie como possuidora de efeitos terapêuticos, sendo esses estudos desenvolvidos devido a esta pertencer a uma família botânica com espécimes amplamente utilizados como plantas medicinais (FISCHER, 2007; SERAFIN et al., 2007). Essa fruta é utilizada na fabricação de geleia e refrescos, além de ser apreciada por pássaros e outros animais silvestres (SUGUINO et al., 2006), também é recomendada em programas de recuperação de áreas degradadas.

Para produção dessas plantas é importante ser considerado a qualidade do solo, assim, estudos relacionados ao solo, nas últimas décadas, se intensificaram, principalmente quando se refere sua diversidade biológica, pelo conhecimento do papel fundamental que seus organismos representam na manutenção da integridade e no funcionamento dos ecossistemas. Nestes aspectos se destacam os simbiontes, como os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) (SOUZA et al., 2006).

Os fungos micorrízicos (FMAs), de maneira geral, favorecem o aumento da produção, reduzindo o uso de fertilizantes e contribuindo para conquista de uma

agricultura mais sustentável e com menor dependência de insumos (SIQUEIRA e MOREIRA, 1996; DA RUI, 2015).

Muitos são os gêneros de fungos capazes de formar associação com plantas, sendo o sucesso da inoculação micorrízica dependente das relações entre fungos, plantas e ambiente, que devem ser atenciosamente estudadas, verificando a compatibilidade entre as espécies de fungos micorrízicos do solo e as variações nas características genéticas do hospedeiro (MEHROTA, 2005; JANOS, 2007) determinando, dessa forma, a dependência micorrízica (CANTON, 2012).

Conforme relatado por Saggin Junior e Siqueira (1996), para a utilização de FMAs benéficos é imprescindível à escolha de espécies eficientes e adaptadas às condições edafoclimáticas. De tal maneira, a seleção de espécies de fungos para o ecossistema em questão é o passo primordial para a seleção de espécies eficientes em promover o crescimento de plantas.

Indiretamente os FMAs favorecem a mineralização e solubilização de nutrientes na micorrizosfera (SILVEIRA, 1992), com aumento dos índices de tolerância das plantas nas condições de estresses abióticos (FILHO e NOGUEIRA, 2007). Desta maneira, possibilita, também, maior aproveitamento dos nutrientes disponíveis, mudas com maior crescimento e qualidade, redução do tempo de formação nos viveiros e aumento da sobrevivência após transplante, garantindo dessa forma a produção de plantas mais saudáveis e produtivas (SILVA JÚNIOR et al. 2010; BRITO et al. 2017).

O efeito das micorrizas no crescimento e desenvolvimento das plantas é predominantemente relacionado à nutrição, sendo esse efeito promovido pela ramificação das hifas e pelo micélio externo que aumenta o volume de solo explorado para as regiões que vão além da rizosfera, aumentando a absorção dos nutrientes, principalmente os pouco móveis no solo como, manganês (Mn), ferro (Fe), zinco (Zn), cobre (Cu) (SILVA JÚNIOR et al., 2010; GOSS et al., 2017; DEHGHANIAN et al., 2018) e com maior frequência o fósforo (P) (MARSCHNER e DELL, 1994; MOREIRA e SIQUEIRA, 2006; CARDOSO et al., 2010; SOARES et al., 2012; STÜRMER e SIQUEIRA, 2013).

O P possui grande relevância no que se diz respeito ao crescimento inicial das plantas atuando em processos de armazenamento, transferência de energia e absorção ativa de outros nutrientes (HAAG et al., 1973). Durante a fase de mudas, a aplicação deste nutriente é de suma importância no crescimento inicial da planta (PRADO et al., 2005; SILVA et al., 2017).

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A Cultura da banana

2.1.1 Origem e importância econômica

Originária do Sudeste Asiático, a banana (*Musa* spp.) foi cultivada pelas sociedades antigas há vários séculos, sendo levada para os países do Oriente Médio e Europa Mediterrânea (INSTITUTO CEPA/SC, 1995).

Atualmente, mais de 125 países se dedicam ao cultivo da banana, fazendo com que a fruta seja a mais cultivada no mundo. Sua área plantada é próxima de 5,4 milhões de hectares e tem produção de aproximadamente 114 milhões de toneladas anualmente (FAO, 2018).

O mercado desta fruta é crescente, em função da globalização das economias, do aumento da renda nos países emergentes e também da população que passa a mudar seus hábitos alimentares, comendo mais frutas. As principais regiões produtoras são a Ásia, com 55,8% da produção mundial, as Américas, que produzem 24,7% do total mundial e a África, que é responsável por 17,9% da produção de banana no mundo (FAO, 2018).

Entre os países, a Índia tem a maior produção mundial de bananas com cerca de 29,7 milhões de toneladas, seguida da China com 11,8 milhões de toneladas, Filipinas com 8,9 milhões de toneladas, seguida do Brasil, produzindo cerca de 7 milhões de toneladas (FAO, 2018).

No Brasil, segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2018), a bananeira é cultivada de Norte a Sul, tendo sua produção voltada ao mercado interno, mais de 98% da produção, o que o transforma no primeiro consumidor mundial de banana. Em 2017 a área colhida no Brasil foi de aproximadamente 465.434 hectares, apresentando rendimento médio perto de 14,34 t ha⁻¹. A região Nordeste se destaca por apresentar a maior produção que fica em torno de 2,25 milhões de toneladas, seguida região Sudeste, 2,19 milhões de toneladas, região Sul, 1,02 milhão de toneladas, região Norte, com cerca de 899 mil toneladas e Centro-Oeste com aproximadamente 304 mil toneladas.

Dentre os estados com maior produção de bananas, São Paulo corresponde a cerca de 1,084 milhão de toneladas, Bahia em torno de 866,59 mil toneladas, Santa Catarina perto de 712,77 mil toneladas, Minas Gerais próximo a 685,47 mil toneladas e

Pará próximo a 514,20 mil toneladas. O Mato Grosso do Sul passou de 16,9 mil toneladas no ano de 2016, com produtividade média de 10.701 kg ha⁻¹, para 17,06 mil toneladas no ano de 2017, obtendo produtividade média de 10.348 kg ha⁻¹, um crescimento em produção muito baixo, tendo em vista a queda da produtividade média, influenciado pela falta de incentivo. Isso ocorre pelo fato da região Centro-Oeste ser caracterizada principalmente pela sucessão de soja e milho, pela pecuária extensiva e pela monocultura da cana-de-açúcar, fatores que limitam a produção na região (IBGE, 2018).

A bananicultura tem sua importância modificada de local para local e de país para país. Na maioria das vezes é plantada para servir de complemento na alimentação familiar, como receita principal ou complementar da propriedade. Frequentemente é cultivada em condições ecológicas adversas, mas, tendo em vista a proximidade do mercado consumidor, esta atividade se torna economicamente viável (NETO e MELO, 2003).

Além de participar da alimentação básica de milhões de pessoas, as bananas têm um excelente valor nutricional, sendo facilmente digeríveis. As bananas também tem importância na alimentação de crianças e idosos, bem como para pessoas enfermas que sofrem de doenças intestinais. Por essas características e pelo seu potencial produtivo, podendo alcançar até 100 toneladas por ha ano⁻¹, a cultura representa papel estratégico na alimentação (SILVA NETO e GUIMARÃES, 2011).

2.1.2 Exigências e nutrição da bananeira

Em função da morfologia e da hidratação dos tecidos da bananeira, a planta, requer alto e constante consumo de água (BORGES e SOUZA, 2004). Além desta exigência, a baixa fertilidade dos solos em regiões produtoras de banana e a elevada quantidade de nutrientes absorvidos e exportados pelos frutos são fatores que limitam a rápida resposta da bananeira em relação à produção de biomassa, tornando-se assim necessário a aplicação de grandes quantidades de fertilizantes (BORGES et al., 1987; ZHU et al., 2005; SANTOS et al., 2009; MELO et al., 2010).

A bananeira requer grande quantidade de nutrientes para se desenvolver adequadamente e obter altos rendimentos. O potássio (K) e o nitrogênio (N) são os nutrientes absorvidos em maiores quantidades pela bananeira, seguidos do magnésio (Mg), cálcio (Ca), enxofre (S) e P que embora em menores quantidades são essenciais

para o crescimento e desenvolvimento das plantas (BORGES e OLIVEIRA, 2000). Segundo Fontes et al. (2003) os teores dos nutrientes na matéria seca foliar da banana Prata-Anã, obedeceram à seguinte ordem de concentração: $K > N > Cl > Ca > Mg > S > P > Mn > Fe > \text{boro (B)} > Zn > Cu$.

O N é essencial para o crescimento vegetativo, principalmente nos meses iniciais das plantas, favorecendo o aumento da massa seca das plantas, sua falta leva a planta a uma clorose generalizada (BORGES e OLIVEIRA, 2000).

O P, um dos nutrientes mais limitantes ao crescimento das plantas, juntamente com o N, é o elemento mais redistribuído (MALAVOLTA, 2006). Em deficiência provoca o crescimento atrofiado da parte aérea e raízes das plantas, afetando a fotossíntese e absorção de água e nutrientes, comprometendo a produção (MENDOZA CORTEZ et al., 2011). Apesar do crescimento do sistema radicular ser menos afetado que o da parte aérea pela limitação de P, comumente observa-se redução severa do comprimento da raiz, quando comparado a condições de suficiência (BORGES e OLIVEIRA, 2000; CHEN et al., 2000; LINKOHR et al., 2002).

O K, principal nutriente da bananeira, mais absorvido, está envolvido na translocação de fotossintatos, no balanço hídrico e produção, em deficiência provoca amarelecimento e murchamento precoce das folhas mais velhas. O Ca participa como ativador enzimático atuando na divisão celular, estimulando o desenvolvimento de folhas e raízes, sua falta ocasiona cloroses descontínuas nas folhas novas e redução do tamanho das mesmas. O Mg está no centro da clorofila, sendo essencial para fotossíntese e atua em diversos processos fisiológicos, em caso de deficiência, provoca o amarelecimento paralelo às margens dos limbos foliares mais velhos, além de deformações nas emissões florais e podridão dos pecíolos. Já o S interfere nas partes jovens da planta, provocando alterações metabólicas que dificultam a formação de clorofila, caracteriza-se por clorose generalizada do limbo de folhas novas, em caso de ausência. Em menores ou maiores quantidades, todos os nutrientes devem estar disponíveis para suprir as necessidades das plantas (BORGES e OLIVEIRA, 2000).

Perante essas características, um dos atributos que estão sendo incorporados aos sistemas de produção de frutíferas é a busca de alternativas tecnológicas que minimizem os impactos ambientais da atividade e os custos, principalmente com adubações. Deve-se considerar como práticas obrigatórias a aplicação de fertilizantes de acordo com a necessidade das culturas e o uso de técnicas que maximizem o aproveitamento de nutrientes no sistema solo (ANDRIGUETO e KOSOSKI, 2002). Em

meio a estas exigências, os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) entram como uma alternativa favorável para auxiliar essas necessidades.

Os efeitos nutricionais são os mais evidentes e consistentes de todos atribuídos às micorrizas, se relacionando diretamente ao crescimento e à produção de plantas. Isto ocorre, entre outros fatores, pela geometria mais favorável das hifas em relação às raízes das plantas, à cinética de absorção de água e nutrientes e as alterações químicas na área de rizosfera/hifosfera que aumentam e melhoram a distribuição da área de absorção (BOLAN, 1991).

O uso de FMAs na produção de mudas de bananeira tem proporcionado melhor aclimação (YANO-MELO et al., 1999), maior resistência ao ataque de nematoides (JAIZME-VEGA et al., 1997) e maior crescimento e absorção de nutrientes (SCHIAVO e MARTINS, 2002).

Diversos trabalhos vêm demonstrando o grande potencial dos FMAs na produção de mudas de diversas frutíferas, funcionando como uma alternativa biológica que favorece o desenvolvimento de um cultivo racional e eficiente de mudas de diversas espécies frutíferas (SHUBERT et al., 1990; SCHIAVO e MARTINS, 2002; MARTINS, 2000).

2.2 Características gerais da *Myrciaria glomerata* (O. Berg)

A *Myrciaria glomerata* (O. Berg) conhecida popularmente por cabeludinha, pertence à família Myrtaceae que se destaca no reino vegetal por apresentar uma ampla gama de espécies com potencial medicinal (FEVEREIRO, 1996). Tem este nome devido a sua peculiar característica de possuir uma grande quantidade de tricomas sobre os frutos e partes verdes da planta e tendo como sinônimas *Plinia glomerata* (O. Berg) Amshoff, *Eugenia cabelludo* (Kiaersk), *Paramyrciaria glomerata* (O. Berg) Sobral, *Marlierea antrocola* (Kiaersk). A espécie é nativa da Mata Atlântica e ocorre naturalmente nos estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais (FLORA DO BRASIL 2020, 2019).

O gênero *Myrciaria* compreende árvores com altura de 3 - 6 metros, com ramos eretos, glabros, escuros e flexíveis. As partes jovens da planta são recobertas por pelos brancos. Apresentam folhas opostas, na cor verde-escuro, com pecíolos curtos, são elípticas e agudas, com glândulas translúcidas na folha. As folhas têm 4 a 7

centímetros de comprimento e possuem nervuras salientes na face inferior. Suas flores são brancas, pequenas e numerosas (LORENZI, 2002).

Suas folhas possuem características morfológicas e anatômicas que contribuem para a identificação dessa espécie. Algumas características podem ser destacadas como folhas cabeludas com bordas curvas; células epidérmicas com ondulações e projeções de parede e, além disso, suas cavidades secretoras possuem dimensões que ultrapassam a altura do parênquima paliçádico (PACHECO-SILVA e DONATO, 2016).

A cabeludinha tem fruto em forma de baga, globosa, corado por uma cicatriz de restos de flor, casca grossa na cor amarelo-canário, com uma ou duas sementes grandes e sabor adstringente (LORENZI, 2002). Os frutos têm sabor agradável, levemente ácido, ricos em vitaminas e normalmente são consumidos *in natura*. A espécie também é utilizada como planta ornamental devido as suas densas ramificações, elegante copa e folhagem verde-escura (LORENZI, 2002).

Os frutos possuem valores de ácido ascórbico superiores aos teores encontrados no suco de laranja (ANDERSEN e ANDERSEN, 1989). Pisani et al. (1962) relata valores de ácido ascórbico entre 2000 – 3500 mg L⁻¹, enquanto a laranja, segundo Roncada et al. (1977) apresenta cerca de 43,6 mg L⁻¹ em suco da fruta natural. Apesar de pouco conhecida, essa fruta é muito utilizada na fabricação de geleia e refrescos. É também muito apreciada por pássaros e outros animais silvestres (SUGUINO et al., 2006).

Estudos demonstram que a espécie apresenta propriedades medicinais, sendo que Serafin et al. (2007) observaram que alguns compostos presentes nos frutos são mais ativos que certos fármacos, como: aspirina, paracetamol, diclofenaco e dipirona. Fisher et al. (2008) avaliaram o extrato metanólico bruto e o extrato acetônico de *M. glomerata*, relatando efeito hipnótico, antidepressivo, além de mostrar propriedades anticoncepcionais em vários modelos de dor em ratos.

Em 2014, no Congresso Brasileiro de Fruticultura, esta espécie foi citada e exemplificada como uma frutífera potencial e promissora para futuros trabalhos de pesquisa. Desta forma, com a finalidade de fornecer informações para o cultivo desta espécie, Pinto (2016) realizou trabalhos avaliando a germinação e à tolerância a dessecação, mostrando que o ácido giberélico favorece a germinação e que a dessecação das sementes causam prejuízos no seu potencial fisiológico.

2.3 Fósforo (P)

A distribuição de nutrientes nos solos em ambientes naturais e/ou sistemas agrícolas normalmente são variáveis, sendo comum a baixa disponibilidade dos mesmos às plantas (SILVA e DELATORRE, 2009).

O P é um dos nutrientes mais limitantes ao crescimento e desenvolvimento das plantas, principalmente em solos ácidos das regiões de clima tropical e subtropical (SILVA e DELATORRE, 2009; MARSCHNER, 2011). Esses tipos de solos apresentam normalmente baixa concentração de P solúvel e alto potencial de fixação desse nutriente, que resulta em baixa eficiência da adubação fosfatada, sendo esse mineral pouco móvel no solo (PRADO et al., 2004).

O P é um dos nutrientes mais críticos para a produção agrícola devido, especialmente, a este elemento ser obtido de fontes naturais não renováveis. Estima-se que as fontes de P sejam extintas no próximo século (PRADO et al., 2004).

O aumento da concentração de P no solo é importante, seja pela via mineral, fornecendo P prontamente disponível às plantas, seja pela via orgânica, que só se torna disponível quando os microorganismos do solo o transformarem em formas simples, liberando os íons fosfato inorgânico (PRADO, 2008).

A elevada mobilidade deste mineral na planta permite seu acúmulo em folhas novas, flores e sementes (MARSCHNER, 2011). O P é o único ânion capaz de realizar ligações diéster, característica que lhe atribui importância única, sendo essencial ao crescimento, desenvolvimento e reprodução das plantas. Está envolvido em processos essenciais como respiração, fotossíntese, regulação proteica e síntese de compostos orgânicos (MARSCHNER, 1995; TAIZ e ZEIGER, 2012). Devido a esta importância no metabolismo, é esperado que sua limitação afete o desenvolvimento, principalmente do sistema radicular (EPSTEIN e BLOOM, 2006).

Mediante o requerimento de P pelas plantas, faz-se inferência à inoculação de FMAs com intuito de disponibilizar este nutriente por meio dos efeitos benéficos da simbiose (TRINDADE et al., 2000; CAVALCANTE et al., 2001; SOARES et al., 2012; STÜRMER e SIQUEIRA, 2013). Assim, os FMAs favorecem maior suprimento de nutrientes às plantas, por aumentarem a zona de absorção das raízes, através do desenvolvimento de hifas externas que vão além da rizosfera, favorecendo o aporte das plantas (NOVAIS e SMYTH, 1999; GOSS et al., 2017).

2.4 Micorrizas

O termo micorriza (myco=fungo, rhiza=raíz) foi proposto inicialmente, em 1985, pelo botânico alemão Albert Bernard Frank (SCHENCK e KELLAM, 1978) e é definido como uma associação simbiótica mutualista, não patogênica, estabelecida entre certos fungos do solo e raízes da maioria das plantas (SIEVERDING, 1991). É comprovada a existência de três tipos de micorrizas: ectomicorrizas, ectoendomicorrizas e endomicorrizas. As ectomicorrizas são caracterizadas pelo crescimento intercelular, formando um manto de hifas característico, externo as raízes, conhecido como rede de Harting. As ectoendomicorrizas penetram nas células do córtex e também formam a rede de Harting (ALLEN, 1991). Já as endomicorrizas, são caracterizadas pelo crescimento inter e intracelular, no córtex da raiz. As endomicorrizas mais conhecidas são as ericóides, as orquidóides e as arbusculares (MARSCHNER, 1995).

A formação de micorrizas, especialmente as denominadas micorrizas arbusculares, são as mais comuns em meio às simbioses que ocorrem entre microrganismos e plantas, incluindo nestas, a maioria das angiospermas e gimnospermas, além das briófitas, lycopódios e samambaias (TRAPPE, 1987). Nesta associação ocorre o crescimento de ambas as partes, com funções fisiológicas estreitas e dependências fisiológicas íntimas e recíprocas (GALLOTTI, 1990).

Os FMAs são simbiotróficos obrigatórios, pois para concluir seu ciclo de vida, estes devem estar associados com raízes de uma planta hospedeira (SIQUEIRA et al., 1985). Estes pertencem à divisão Glomeromycota (SCHUSSLER et al., 2001), sendo agrupados em 4 ordens (Glomerales, Diversisporales, Paraglomerales e Archaeosporales), 11 famílias, 17 gêneros, com aproximadamente 230 espécies (SHUSSLER e WALKER, 2010).

Os FMAs não produzem alterações morfológicas visíveis nas raízes das plantas, possuindo algumas estruturas diferenciadas típicas como os arbúsculos, que são estruturas formadas pela ramificação das hifas, que penetram nas células do córtex e são responsáveis pela transferência de nutrientes entre os simbioses (SMITH e READ, 2008). As vesículas que são globosas, ocorrem intra e extracelular, com a função de reserva e armazenamento e as hifas, sendo as internas e externas as raízes responsáveis pela absorção e transporte de nutrientes e as hifas externas são as estruturas em contato direto com o solo, responsáveis pela absorção de nutrientes e água. (HARLEY et al, 1983).

2.4.2 Importância dos Fungos Micorrízicos Arbusculares

As pesquisas relacionadas aos organismos do solo, de maneira geral, têm como principal objetivo o aumento da produção, reduzindo o uso de fertilizantes químicos e contribuindo para a conquista de uma agricultura mais sustentável e com menor dependência de insumos (SOUZA et al., 2006; BERBARA et al., 2006; COLOZZI FILHO e NOGUEIRA, 2007; BRITO et al., 2017). Nestes aspectos se destacam os simbioses, como os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) e as bactérias fixadoras de nitrogênio (SOUZA, 2006).

Assim, seguindo este contexto, o uso de fungos micorrízicos pode fortalecer o estabelecimento de diversas espécies florestais e agrícolas, minimizando os custos com fertilizantes e as perdas pela fragilidade de mudas, tornando o cultivo mais equilibrado (SOUZA, 2006).

Frequentemente as plantas crescem normalmente quando não ocorrem desequilíbrios nutricionais, em especial a falta de fósforo, mesmo na ausência de micorrizas, porém se os nutrientes estiverem limitados, plantas não-micorrizadas desenvolvem-se pobremente ou não desenvolvem (SOUZA, 2006). A capacidade das micorrizas em absorver e transportar P do solo foi observada em experimentos utilizando o ^{32}P radiativo, além disso, também se observaram incrementos na absorção de Zn, Cu, Fe e Mn (RAVEN et al., 1996; SILVA JÚNIOR et al., 2010; GOSS et al., 2017; DEHGHANIAN et al., 2018).

Os FMAs ocorrem de maneira generalizada nos solos e na maioria das plantas vasculares, beneficiando o crescimento das mesmas por absorver nutrientes do solo, aumentando a resistência em períodos de estiagem e melhorando vingamento das mudas na ocasião dos transplantes (JEFFRIES, 1987; CARDOSO et al., 2010). Além disso, podem operar como um agente de controle biológico da ação de microrganismos radiculares fitopatogênicos (LIDERMAN, 1992).

Diversas espécies, entre as famílias agronomicamente importantes, leguminosas e gramíneas, estão se mostrando altamente micorrízicas em condições normais de cultivo, ocorrendo também registros de FMAs em outras espécies de cultivo economicamente importantes, como é o caso de frutíferas, medicinais e aromáticas, além das plantas xerofíticas (MEHROTA, 2005). De maneira geral, os FMAs presentes no solo, por meio da abundância de suas espécies, são ponderados como um dos fatores

mais importantes para a manutenção da biodiversidade e funcionalidade dos ecossistemas (HEIJDEN et al., 1998; BERBARA et al., 2006).

2.4.3 Associações Micorrízicas e seus benefícios

As associações micorrízicas ocorrem, dentre os grupos de plantas, em praticamente 79% das monocotiledôneas, 83% das dicotiledôneas, e praticamente em todas as gimnospermas (WILCOX, 1990). Porém, plantas de algumas famílias como as Crucíferas, Cyperaceas, Chenopodiaceas e Proteaceas tipicamente não formam associações micorrízicas, sendo consideradas plantas não micotróficas (HARLEY e HARLEY, 1987). Embora os FMAs sejam simbiotróficos obrigatórios, aparentemente eles não apresentam especificidade hospedeira (STOFFEL et al., 2016), podendo uma mesma espécie fúngica colonizar raízes de inúmeros hospedeiros dentre as Angiospermas, Gimnospermas e Pteridófitas.

A colonização radicular do hospedeiro através da inoculação com FMAs dependem da interação simbiótica e de condições como, características do solo, fase de desenvolvimento do hospedeiro (LAMBAIS e CARDOSO, 1990) e principalmente disponibilidade de P, que podem atuar na porção externa da simbiose (NAGAHASHI et al., 1996). Segundo Cardoso Filho et al. (1999) e Melloni e Cardoso (1999), ocorre uma correlação positiva entre o comprimento do micélio externo total e a disponibilidade de P no substrato. Após a infecção interna estar estabelecida, as hifas do fungo podem crescer externamente desde a raiz da planta até o solo e explorar um volume de solo inacessível às raízes (SIEVERDING, 1991). Em resultado à colonização radicular, ocorrem alterações metabólicas diversas nas plantas, apresentando maior atividade fotossintética, enzimática e de produção de substâncias reguladoras de crescimento (FILHO e NOGUEIRA, 2007).

A associação micorrízica resulta na ação direta dos fungos na absorção de água e nutrientes, principalmente os de baixa mobilidade no solo, como P, Cu, Zn, Mo e Fe (COOPER, 1984; MARSCHNER e DELL, 1994; MOREIRA e SIQUEIRA, 2006; CARDOSO et al., 2010; SILVA JÚNIOR et al., 2010) e indiretamente na fixação biológica de nitrogênio, mineralização e solubilização de nutrientes na micorrizosfera, redução da suscetibilidade contra fungos patogênicos (SILVEIRA, 1992), tolerância ao estresse hídrico (KOIDE, 1985) e estresses térmicos. Possibilita, também, maior aproveitamento dos nutrientes disponíveis, proporcionando as plantas melhor adaptação

ao ecossistema, bem como maior capacidade de adaptação de mudas transplantadas (FILHO e NOGUEIRA, 2007).

Em fruteiras tropicais, que passam pelo processo de produção de mudas, o efeito da micorrização sobre a planta pode ser significativamente aumentado, principalmente quando se utilizam substratos em que se eliminou a microbiota presente. Assim, torna-se indispensável à utilização e seleção de espécies de FMAs eficientes para o maior número de variedades da mesma espécie de plantas, em determinado nível de P utilizado na produção de mudas (SILVEIRA e GOMES, 2007).

3. OBJETIVOS GERAIS

- Avaliar a influência de espécies de fungos micorrízicos arbusculares e interação com fontes de fósforo na produção de mudas *Musa* spp. e *Myrciaria glomerata* (O. Berg);
- Avaliar a colonização e dependência micorrízica em mudas de *Musa* spp. e *Myrciaria glomerata* (O. Berg), sob doses de fósforo;

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDERSEN, O.; ANDERSEN, V.U. **As frutas silvestres brasileiras**. 3ed. São Paulo: Globo, 1989, 203p.
- ALLEN, M. F. **The ecology of mycorrhizae**. Cambridge: Cambridge University Press, 1991, 184p.
- ANDRIGUETO, J. R., KOSOSKI, A. R.; **Marco legal da produção integrada de frutas no Brasil**. Brasília, MAPA/SARC, 2002. 60p.
- ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA 2018**. KIST, B. B.; CARVALHO, C.; TREICHEL, M.; SANTOS, C. E. Santa Cruz do Sul : Editora Gazeta Santa Cruz, 2018. 88p.
- 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. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, cap.3, p.53-85, 2006.
- BOLAN, N. S. A critical review on the role of mycorrhizal fungi in the uptake of phosphorus by plants. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.134, n.2, p.189-207, 1991.
- BORGES, A. L.; OLIVEIRA, A. M. G. Nutrição, calagem e adubação. In: **Banana. Produção: aspectos técnicos**. Brasília: Embrapa, 2000, p.47-59.
- BORGES, A. L.; OLIVEIRA, A. M. G.; SOUZA, L. S. Solos, nutrição e adubação. In: ALVES, E. J. (Coord.). **A cultura da banana: aspectos técnicos, socioeconômicos e agroindustriais**. Brasília: Embrapa-SPI, 1987, p.197-260.
- BORGES, A. L.; SOUZA, L. S. Exigências Edafoclimáticas. In: BORGES, A. L.; SOUZA, L. S. **O cultivo da Bananeira**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2004, p.15- 23.
- 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. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.27, n.2, p.485-497, 2017.
- CANTON, G. C. **Efeito do manganês sobre a ecofisiologia e bioquímica de ectomicorrizas**. 2012. 61 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Ecossistemas) - Universidade de Vila Velha, Vila Velha, ES, 2012.
- CARDOSO, E. J. B. N.; CARDOSO, I. M.; NOGUEIRA, M. A.; BARETTA, C. R. D. M.; PAULA, A. M. Micorrizas arbusculares na aquisição de nutrientes pelas plantas. In: SIQUEIRA, J. O.; SOUZA, F. A.; CARDOSO, E. J. B. N.; TSAI, S. M. (Ed.). **Micorrizas: 30 anos de pesquisa no Brasil**. Lavras: UFLA, 2010. cap.6, p.153-214.

CARDOSO FILHO, J. A.; PACOVSKY, R. S.; CARDOSO, E. J. B. N. Growth and metabolic activity of the extramatricial mycelium of endomycorrhizal maize plants. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.23, n.4, p.807-814, 1999.

CAVALCANTE, U. M. T.; MAIA, L. C.; COSTA, C. M. C.; SANTOS, V. F. Mycorrhizal dependency of passion fruit (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*). **Fruits**, Bélgica, v.56, p.317-324, 2001.

CHEN, D. L.; DELATORRE, C. A.; BAKKER, A. A. S. Conditional identification of phosphate-starvation-response mutants in *Arabidopsis thaliana*. **Planta**, Berlin, v.211, n.1, p.13-22, 2000.

COOPER, K. M. Physiology of VA mycorrhizal association. In: POWELL, C. L., BAGYARAJI, D. J. **VA mycorrhiza**. Boca Raton: CRC Press, 1984, p.155-186.

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

DA RUI, R. F. da. **Fungos micorrízicos arbusculares e Fósforo no crescimento e nutrição de mudas de bananeira**. 2015. 62p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Aquidauana.

DEHGHANIAN, H., HALAJNIA, A., LAKZIAN, A.; ASTARAEI, A. R. The effect of earthworm and arbuscular mycorrhizal fungi on availability and chemical distribution of Zn, Fe and Mn in a calcareous soil. **Applied Soil Ecology**, n.130, p.98-103, 2018.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. 2.ed. Londrina: Planta, 2006, p.58-208.

FAO. FAOSTAT. **Food and Agricultural commodities production**, 2018. Disponível em < <http://www.fao.org/faostat/en/#home> >. Acesso em 14 jun. de 2018.

FEVEREIRO, P. C. A. Aspectos botânicos. In: BRAGANÇA, L. A. R. (Ed.), **Plantas medicinais antidiabéticas. Uma abordagem multidisciplinar**, Niterói: EDUFF, 1996.

FISCHER, L. G. O. **Avaliação farmacológica de extratos e substâncias obtidas de *Myrciaria glomerata* (Berg.)**. 2007. 91p. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) – Faculdades Integradas do Ivaí, Ciências farmacêuticas, Ivaiporã.

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

FONTES, P. S. F.; CARVALHO, A. J. C.; CEREJA, B. S.; MARINHO, C. S.; MONNERAT, P. H. Avaliação do estado nutricional e do desenvolvimento da bananeira – Prata-anã (*Musa* spp.) em função da adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.25, n. 1, p.156-159, 2003.

GALLOTTI, G. J. M.; GRIGOLETTI JÚNIOR, A. **Doenças fúngicas da Videira e seu controle no Estado de Santa Catarina**. Florianópolis: EMPASC, Boletim técnico, 1990. p.30-33, (Boletim técnico 51).

GOSS, M. J., CARVALHO, M.; BRITO, I. Challenges to Agriculture Systems. In: GOSS, M. J., CARVALHO, M.; BRITO, I. **Functional Diversity of Mycorrhiza and Sustainable Agriculture**. Editora: Academic Press, 2017, 1.ed., cap.1, p.1–14.

HAAG, H. P.; OLIVEIRA, G. D.; BORDUCCHI, A. S.; SARRUGE, J. R. Absorção de nutrientes por duas variedades de maracujá. **Anais da ESALQ**, Piracicaba, v.30, p.267-279, 1973.

HARLEY, J. L., HARLEY, E. L. A check-list of mycorrhiza in the British flora. **New Phytologist**, Cambridge, v.105, p.1-112. 1987.

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

HAYMAN, D. S. Influence of soils and fertility on activity and survival of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. **Phytopathology**, Minnesota, v.72, p.1119-1125, 1982.

HEIJDEN, M. G. A.; KLIRONOMOS, J. N.; URSIC, M.; MOUTOGLIS, P.; STREITWOLF-ENGEL, R.; BOLLER, T. WIEMKEN, A.; SANDERS, I. R. Mycorrhizal fungal diversity determines plant biodiversity, ecosystem variability and productivity. **Nature**, London, v.396, p.69-72, 1998.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2018. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 10 mar. 2018.

INSTITUTO DE PLANEJAMENTO E ECONOMIA AGRÍCOLA DE SANTA CATARINA. **Banana**. Florianópolis, 1995. 103p. (Estudo de economia e mercado de produtos agrícolas, 2).

JAIZME-VEGA, M. C.; TENOURY, P.; PINOCHET, J.; JAUMOT, M. Interactions between the root-knot nematode *Meloidogyne incognita* and *Glomus mosseae* in banana. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.196, n.1, p.27-35, 1997.

JANOS, D. P. Plant responsiveness to mycorrhizas differs from dependence upon mycorrhizas. **Mycorrhiza**, v.17, p.75-91, 2007.

JEFFRIES, P. Use of mycorrhizae in agriculture. In: **Critical Reviews in Biotechnology**, Cleveland, v.5, p.319-357, 1987.

KOIDE, R. T. The nature of growth depressions in sunflower caused by vesicular-arbuscular mycorrhizal infection. **New Phytologist**, Cambridge, v.99, p.449-462, 1985.

LAMBAIS, M. R.; CARDOSO, E. J. B. N. Response of *Stylosanthes guianensis* to endomycorrhizal fungi inoculation as affected by lime and phosphorus applications. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.129, n.2, p.283- 289, 1990.

LIDERMAN, R. G. Vesicular arbuscular mycorrhizae and soil microbial interactions. In: BETHLENFALVAY, G. J.; LINDERMAN, R. G. (Ed.) **Mycorrhizae in sustainable agriculture**. Madison: American society of agronomy, 1992. p.45-70. (ASA. Special publication 54).

LINKOHR, B. I. et al. Nitrate and phosphate availability and distribution have different effects on root system architecture of arabidopsis. **Plant Journal**, Oxford, v. 29, n.6, p.751-760, 2002.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 3.ed. Nova Odessa, São Paulo: Instituto Plantarum, v.1, 2002, 368p.

MALAVOLTA, E. **manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006, p. 638, 2006.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2.ed. San Diego: Academic Press, 1995. 889 p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 3.ed. San Diego: Academic Press, 2011. 672p.

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

MARTINS, M. A.; GONÇALVES, G. F.; SOARES, A. C. F. Efeito de fungos micorrízicos arbusculares associados a compostos fenólicos, no crescimento de mudas de mamoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.7, p.1465-1471, 2000.

MEHROTA, V. S. **Mycorrhizas: role and applications**. New Delhi: Allied Publishers, 2005, 359p.

MELLONI, R.; CARDOSO, E. J. B. N. Quantificação de micélio extrarradicar de fungos micorrízicos arbusculares em plantas cítricas. II. Comparação entre diferentes espécies cítricas e endófitos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, n.23, p.59-67, 1999.

MELO, A. S. DE; SOBRAL, L. S.; FERNANDES, P. D.; BRITO, M. E. B.; VIÉGAS, P. R. A. Aspectos técnicos e econômicos da bananeira ‘prata-anã’ sob fertirrigação nos tabuleiros costeiros de Sergipe. **Ciência e Agrotecnologia**, v.34, p.564-571, 2010.

MENDOZA CORTEZ J. W.; CECÍLIO FILHO A. B.; GRANGEIRO L. C.; OLIVEIRA F. H. T. Efeito da adubação fosfatada sobre a qualidade de melão. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.29, n.2, 2011.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2.ed. Lavras, UFLA, 2006. 626p.

Myrciaria in **Flora do Brasil 2020 em construção**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB10795>>. Acesso em: 17 mar. 2019

NAGAHASHI, G.; DOUDS JÚNIOR., D.D.; ABNEY, G. D. Phosphorus amendment inhibits hyphal branching of the VAM fungus *Gigaspora margarita* directly and indirectly through its effect on root exudation. **Mycorrhiza**, New York, v.6, n.5, p.403-408, 1996.

NETO, A. R.; MELO, B. **A Cultura da Bananeira**. Núcleo de Estudos em Fruticultura no Cerrado – Universidade Federal de Uberlândia, Instituto de Ciências Agrárias, 2003. Disponível em: <<http://www.fruticultura.iciag.ufu.br/banana3.htm>>. Acesso em 05 set. 2018.

NOVAIS, R.F; SMYTH, T.J. **Fósforo em plantas em condições tropicais**. Viçosa: UFV, Departamento de Solos, 1999. 399p.

PACHECO-SILVA, N. V.; DONATO, A. M. Morfo-anatomia da folha de *Myrciaria glomerata*. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, Curitiba, vol.26, n.3, 2016.

PINTO, F. **Estudo da propagação da *Plinia glomerata* (O. Berg.) Amshoff (Myrtaceae)**. 2016. 140p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados.

PISANI, P. L. “La Coltura Della Rosa Da Frutto per La Produzione Di Alimenti Vitaminici”. **Rivista Di Ortoflorofrutticoltura Italiana**, Florença, vol.46, n.1, p.41-48, 1962. Disponível em: <www.jstor.org/stable/42874214>. Acesso em 02 de fev. 2019.

PRADO, R. M.; BRAGHIROLI, L. F.; NATALE, W.; CORRÊA, M. C. M.; ALMEIRA, E. V. Aplicação de potássio no estado nutricional e na produção de matéria seca de mudas de maracujazeiro-amarelo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.26, n.2, p.295-299, 2004.

PRADO, R. M. **Nutrição de plantas**. 1.ed. São Paulo: UNESP, 2008. 407p.

PRADO, R. M.; VALE, D. W.; ROMUALDO, L. M. Fósforo na nutrição e produção de mudas de maracujazeiro. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 27, n. 3, p. 493-498, 2005.

RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Biologia vegetal**. 5ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S.A., 1996. 728p.

RONCADA, M. J.; WILSON, D. SUGUIMOTO, L. Concentração de ácido ascórbico em sucos de diversas frutas brasileiras e sua relação com preço e necessidades diárias recomendadas de vitamina C. **Revista saúde pública**, São Paulo, v.11, p.39-46, 1977.

SAGGIN JUNIOR.; O. J.; SIQUEIRA, J. O. Micorrizas arbusculares em cafeeiro. In: SIQUEIRA, J. O. (Ed.), **Avanços em fundamentos e aplicação de micorrizas**. Lavras: Universidade Federal de Lavras/DCS e DCE, 1996. p. 203-254.

SANTOS, V. P. DOS; FERNANDES, P. D.; MELO, A. S. DE; SOBRAL, L. F.; BRITO, M. E. B.; DANTAS, D. DE M.; BONFIM, L.V. Fertirrigação da bananeira cv. Prata-Anã com N e K em um argissolo vermelho-amarelo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.31, p.567-573, 2009.

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

SCHIAVO, J. A.; MARTINS, M. A. Produção de mudas de goiabeira (*Psidium guajava* L.) inoculada com fungo micorrízico arbuscular *Glomus clarum*, em substrato agro-industrial. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.24, n.2, p.519-523, 2002.

SCHUSSLER A, SCHWARZOTT D, WALKER C. A new fungal phylum, the Glomeromycota: phylogeny and evolution. **Mycological Research**. United Kingdom, v.105, n.12, p.1413-1421, 2001.

SCHUSSLER, A., WALKER, C. **The Glomeromycota. A species list with new families and new genera**. 2010. Disponível em: <<http://www.amf-phylogeny.com>> Acesso em: 04 de out. de 2018.

SERAFIN, C.; NART, V.; MALHEIROS, A.; CRUZ, A. B.; MONACHE, F. D.; GETTE, M. A.; ZACCHINO, S.; CECHINEL FILHO, V. Avaliação do potencial antimicrobiano de *Myrciaria glomerata* (Myrtaceae). **Revista Brasileira de Farmacognosia**, Curitiba, v.17, n.4, p.578-582, 2007.

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

SILVA, A. A.; 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 JÚNIOR, J. M. T.; MENDES FILHO, P. F.; GOMES, V. F. F.; GUIMARÃES, F. A. V.; SANTOS, E. M S. Desenvolvimento de meloeiro associado a fungos micorrízicos arbusculares e cultivado em substrato pó de coco. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.5, n.1, p.54-59, 2010.

SILVA, M. R. R.; IGNACIO, L. A. P.; SILVA, G. A. Desenvolvimento de mudas de maracujá amarelo em função de diferentes doses fósforo reativo. **Revista de agronegócio** – Reagro, Jales, v.6, n.1, p.41-50, 2017.

SILVA NETO, S. P.; GUIMARÃES, T. G. **Evolução da cultura da banana no Brasil e no mundo**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2011. Disponível em: <<http://www.cpac.embrapa.br/noticias/artigosmidia/publicados/287/>>. Acesso em: 05 jul. 2018.

SILVEIRA, A. P. D.; GOMES, V. F. F. Micorrizas em plantas frutíferas tropicais. In: SILVEIRA, A. P. D.; FREITAS, S. S. **Microbiota do solo e qualidade ambiental**, Campinas: Instituto agrônomo, 2007, p.57-77.

SILVEIRA, A. P. D. Micorrizas. In: CARDOSO, E. J. B. N; TSAI, S. M.; NEVES, M. C. P. **Microbiologia do solo**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992, p.257-282.

SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S. Microbiologia do solo e sustentabilidade agrícola: enfoque em fertilidade do solo e nutrição vegetal. In: Reunião Brasileira em Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, 22, 1996, Manaus. **Resumos...** Manaus: SBSC, 1996, p.1-42.

SIQUEIRA, J. O.; SYLVIA, D. M.; GIBSON, J.; HUBBELL, D. H. Spores, germination, and germ tubes of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. **Canadian Journal of Microbiology**, Winnipeg, v.31, n.11, p.965-972, 1985.

SMITH, S. E.; READ, D. J. **Mycorrhizal symbiosis**. 3.ed., Academic press, London, 2008.

SOARES, A. C. F.; SOUSA, C. S.; GARRIDO, M. S.; LIMA, F. S. Fungos micorrízico no crescimento e nutrição de mudas de jenipapeiro. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v.43, n.1, p.47-54, 2012.

SOUZA, V. C.; SILVA, R. A.; CARDOSO, G. D.; BARRETO, A. F. Estudos sobre fungos micorrízicos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.10, n.3, p.612-618, 2006.

SUGUINO, E.; HEIFFIG, L. S.; SAAVEDRA del AGUILA; MINAKI, K. **Mirtaceas com frutos comestíveis do estado de São Paulo**: conhecendo algumas plantas. Piracicaba: ESALQ, Divisão de Bibliotecas e Documentação, 2006, 56p (Série Produtor Rural, 31).

STOFFEL, S. C. G.; ARMAS, R. D.; 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.

STÜRMER, S. L.; SIQUEIRA, J. O. Fungos micorrízicos. In: MOREIRA, F.M.S. (Ed.). **O ecossistema solo**. Lavras: UFLA, 2013. p. 291-310.

TAIZ, L.; ZAIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5.ed. Porto Alegre: Artmed, 2012, 945p.

TRAPPE, J. M. Phylogenetic and Ecologic aspects of in the Angiosperms from na evolutionary standpoint. In: SAFIR, G. R. **Ecophysiology of vesicular-arbuscular mycorrhizal plants**, Boca Raton. 1987, p.5-25.

TRINDADE, A. V.; SIQUEIRA, J. O.; ALMEIDA, F. P. Eficiência simbiótica de fungos micorrízicos arbusculares em solo não fumigado, para o mamoeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, n.3, p.505-513, 2000.

WILCOX, H. E. Mycorrhizal Associations. In: NAKAS, J. P.; HAGEDORN, C. **Biotechnology of plant-microbe interactions**, New York: McGraw-Hill, 1990, p.227-255.

YANO-MELO, A. M.; SAGGIN, O. J.; LIMA, J. M.; MELO, N. F.; MAIA, L. C. Effect of arbuscular mycorrhizal fungi on the acclimatization of micropropagated banana plantlets. **Mycorrhiza**, Berlin, v.9, n.2, p.119-123, 1999.

ZHU, A.; ZHANG, J.; ZHAO, B.; CHENG, Z.; LI, L. Water balance and nitrate leaching losses under intensive crop production with Ochric Aquic Cambosols in North China Plain. **Environment International**, v.31, p.904-912, 2005.

CAPÍTULO I

Produção de mudas de *Musa* spp. (cv. Grand Naine) com fungos micorrízicos arbusculares e fósforo: crescimento, ecofisiologia e dependência micorrízica

Produção de mudas de *Musa* spp. (cv. Grand Naine) com fungos micorrízicos arbusculares e fósforo: crescimento, ecofisiologia e dependência micorrízica

RESUMO

O uso de tecnologias alternativas que envolvem processos biológicos, com ganhos econômicos e ecológicos, é desejável para expansão da bananicultura e a renovação de áreas que apresentam baixas produtividades. Os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) tem a capacidade de estimular o crescimento das plantas, especialmente por meio do incremento na absorção do fósforo (P) e outros nutrientes. Objetivou-se neste trabalho, verificar a influência dos FMAs sobre o crescimento e a fisiologia de mudas micropropagadas de bananeira submetidas a doses de P. O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados, em arranjo fatorial 5 x 5, sendo os fatores inoculação com os FMAs (*Glomus clarum*, *Gigaspora margarita*, *Gigaspora albida* e *Clareoideoglomus etunicatum* e o controle sem FMAs), e cinco doses de P (0, 50, 100, 200 e 400 mg kg⁻¹), com quatro repetições. A aplicação de doses de P proporcionou maior crescimento das mudas micropropagadas de bananeira, independente da inoculação micorrízica. As maiores taxas de colonização micorrízica foram observadas nas menores doses de P, sendo a dose 50 mg kg⁻¹ de P que proporcionou melhores condições na formação de micorrizas para todas as espécies de FMAs avaliadas. As simbioses com FMAs e o uso de P proporcionaram aumento da taxa de fotossíntese das plantas, favorecendo o crescimento, desenvolvimento e qualidade de mudas de bananeira. As espécies *G. clarum*, *C. etunicatum* e *G. margarita* foram as mais promissoras para o crescimento das plantas.

PALAVRAS-CHAVE: micorrizas, microbiologia do solo, banana, formação de mudas

***Musa* spp. (cv. Grand Naine) production seedling with arbuscular mycorrhizal fungi and phosphorus: initial growth, physiology and mycorrhizal dependency**

ABSTRACT

The use of alternative technologies involving biological processes, with economic and ecological gains, is desirable for the expansion of *Musa* spp. farming and the renovation of areas with low yields. Arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) have the capacity to stimulate plant growth, especially by increasing the absorption of phosphorus (P) and other nutrients. The objective of this work was to verify the influence of AMF on the growth and physiology of micropropagated *Musa* spp. plants submitted to doses of P. The experimental design was randomized blocks, in a 5 x 5 factorial arrangement, and the factors were inoculation with AMF (*Glomus clarum*, *Gigaspora margarita*, *Gigaspora albida* and *Clareoideoglomus etunicatum* and the control without AMF), and five doses of P (0, 50, 100, 200 and 400 mg kg⁻¹) with four replicates. The application of P doses gave higher growth of the micropropagated *Musa* spp. seedlings, independent of the mycorrhizal inoculation. The highest rates of mycorrhizal colonization were observed at the lowest P doses, and the 50 mg kg⁻¹ dose of P provided better conditions in the formation of mycorrhizae for all the AMF species evaluated. The symbioses with FMAs and the use of P provided an increase in the photosynthesis rate of the plants, favoring the growth, development and quality of *Musa* spp. tree seedlings. The species *G. clarum*, *C. etunicatum* and *G. margarita* were the most promising for the growth of plants.

KEY-WORDS: mycorrhizae, soil microbiology, bananas, seedling production

1. INTRODUÇÃO

Em busca de novas áreas de plantio para expansão do cultivo da banana (*Musa* spp.) e a renovação de áreas que apresentam baixas produtividades, torna-se necessário o uso de mudas bem nutridas, com alta qualidade genética e fitossanitária, além da necessidade de fertilizantes fosfatados especialmente em solos do cerrado. Com estas exigências, torna-se desejável o uso de tecnologias alternativas que envolvem processos biológicos, com ganhos econômicos e ecológicos, favorecendo o estabelecimento da cultura (LIMA et al., 2011).

Quando se avalia o benefício dos fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) nas culturas, é possível verificar sua capacidade em estimular o crescimento das plantas, especialmente por meio do incremento na absorção de nutrientes, em especial o fósforo (P), pelo aumento da superfície de absorção das raízes das plantas (BERBARA et al., 2006). Isto se deve, entre outros fatores, a geometria das hifas serem mais favoráveis em relação às raízes das plantas (raio menor), por abrangerem maior superfície de contato com o solo, à cinética de absorção de água e nutrientes e as alterações químicas na área da rizosfera/hifosfera que possibilitam maior e melhor distribuição da área de absorção (BOLAN, 1991).

O P é um sinalizador para o estabelecimento da simbiose entre FMAs e plantas, estimulando hifas a colonizarem as raízes das plantas principalmente quando este nutriente se encontra em menor concentração no solo (BONFANTE e DESIRÒ, 2015). Estudos mostram a eficiência dos FMAs na absorção de nutrientes como P, nitrogênio (N), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), Zinco (Zn) e cobre (Cu), (SILVA JÚNIOR et al., 2010; SOARES et al., 2012; STÜRMER e SIQUEIRA, 2013; LEHMANN et al., 2015; DEHGHANIAN et al., 2018).

O efeito da simbiose de FMAs e plantas é predominantemente nutricional, assim, três mecanismos associados aos FMAs são relatados, como o aumento da mobilidade dos nutrientes, reforço na absorção e absorção seletiva (AL-KARAKI, 2000; SHARIFI et al., 2007). Entretanto, a modificação na absorção de cada elemento mineral varia em relação às condições de solo, planta hospedeira e espécies de FMAs em simbiose (EVELIN et al., 2009).

A micorrização também favorece as características fisiológicas das plantas. Em estudo realizado por Oliveira (2016) com plantas sob estresse salino, observou-se

que plantas pré-micorrizadas não apresentaram mudança no teor de clorofilas, fato ocorrido nas plantas não micorrizadas, como já relatado por outros autores (GIRI e MUKERJI, 2004; ZUCCARINI, 2007; SHENG et al., 2008; KUMAR et al., 2010). Tem sido relacionado que o mecanismo que os FMAs controlam a síntese de clorofila em condições adversas, em especial, sob estresse salino, ocorre pela maior absorção de Mg por plantas micorrizadas (GIRI et al., 2003).

Existem diversas espécies de FMAs já catalogadas, porém são poucos os estudos com a finalidade de avaliar, em relação às espécies, os efeitos e interações desses microrganismos nas plantas, objetivando posterior utilização dos mesmos a campo, já que os fungos, pela falta de evidências, não apresentam especificidade hospedeira.

De toda maneira, o sucesso da inoculação micorrízica depende das relações fungo-planta-condições ambientais (RHEINHEIMER et al., 1997), que devem ser atenciosamente estudadas, pois as espécies de FMAs atuam diferentemente conforme a planta hospedeira e as condições ambientais (MEHROTA, 2005).

Em virtude destes fatos, objetivou-se com este trabalho avaliar a influência dos FMAs e doses de P, sobre o crescimento, características ecofisiológicas e dependência micorrízica de mudas micropropagadas de bananeira.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido a partir de mudas de bananeira micropropagadas da cultivar Grand Naine, obtidas do Centro Nacional de Pesquisa em Mandioca e Fruticultura de Cruz das Almas – CNPMF/EMBRAPA na Bahia. Foi conduzido durante os meses de fevereiro a junho de 2017, 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, na Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Grande Dourados - UFGD, em Dourados - MS, situada à latitude de 22°11'53.2"S, longitude de 54°56'02.3"W e 400 m de altitude.

O clima característico da região é classificado, segundo Koppen, como do tipo Cfa, subtropical úmido (PEEL et al., 2007). A temperatura média anual do ar é de 22,9°C, com mínima média mensal de 12,3°C em julho e máxima média mensal de 31,7°C em janeiro.

O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados, em arranjo fatorial 5x5, sendo os tratamentos compostos por espécies de fungos micorrízicos arbusculares (*Glomus clarum*, *Gigaspora margarita*, *Gigaspora albida* e *Clareoideoglomus etunicatum*) e o controle (sem FMAs) e doses de P (0, 50, 100, 200 e 400 mg kg⁻¹), com quatro repetições. Cada unidade experimental foi constituída por um vaso contendo 7 dm³ de substrato, com uma planta por vaso.

Os isolados de FMAs, provenientes da coleção do laboratório de matéria orgânica e microbiologia do solo da UEMS, foram multiplicados em associação com *Brachiaria decumbens* em substrato composto por mistura de solo e areia na proporção de 2:1 (v:v), misturado em betoneira e esterilizado em autoclave, por uma vez, a temperatura de 121°C, por uma hora. Os vasos foram mantidos em estufa por um período de quatro meses.

O substrato utilizado no experimento foi constituído por mistura de 2:1 (v:v) de solo e areia. O solo obtido do horizonte subsuperficial, a 30 cm de profundidade na área de repouso da Faculdade de Ciências Agrárias da UFGD, classificado como - Latossolo Vermelho distroférico, com as seguintes características químicas: potencial hidrogeniônico (pH_{H₂O}) = 5,20; P_{Mehlich}⁻¹ = 2,25 mg dm⁻³; alumínio (Al⁺³) = 14,40 mmol_c.dm⁻³; hidrogênio (H⁺)+Al⁺³ = 26,40 mmol_c.dm⁻³; K, Ca⁺² e Mg⁺² = 0,50, 4,30 e

1,60 mmol $\cdot$ dm⁻³, respectivamente; saturação por bases (V%)= 19,53; saturação por alumínio (m%)= 69,23.

O substrato foi esterilizado em autoclave, a 121°C, por uma hora, e, após esterilização, colocado nos vasos. A correção do solo foi realizada com calcário “filler” visando elevar a saturação de bases para 70%, tendo como base a análise dos atributos químicos do solo (BORGES et al., 2004). Para o cálculo da necessidade de corretivo, utilizou-se o método da saturação por bases (RAIJ et al., 1997).

Na incorporação do calcário, o solo de cada vaso, juntamente com o calcário, foi colocado em saco plástico com capacidade de 20 litros, inflado com ar e agitado ininterruptamente, por um minuto, até a completa mistura. O solo de cada vaso foi mantido próximo à umidade correspondente a capacidade de campo por um período de 30 dias, para que ocorresse a reação do calcário com o solo.

A adubação foi realizada adicionando as doses de P (0, 50, 100, 200 e 400 mg kg⁻¹ de solo) de acordo com cada tratamento, utilizando como fonte o K₂HPO₄ (fosfato dipotássico). Em função das doses crescentes de P, fez-se necessário equilibrar as doses de K, utilizando-se como fonte o cloreto de potássio (KCl) (60% K₂O). Neste processo, o solo de cada vaso novamente foi transferido a sacos plásticos, que foram inflados com ar e agitados até ocorrer completa mistura com os minerais.

A inoculação foi feita no momento do plantio com 50 cm³ de inóculo, sendo este, composto pela mistura de solo, esporos e raízes de *Brachiaria decumbens* colonizadas com FMAs, exceto no tratamento controle. O plantio foi realizado colocando-se uma muda de bananeira em cada vaso. O inóculo foi colocado abaixo da muda, para que as raízes ficassem em contato com o mesmo. Aos 20, 70 e 120 dias após o plantio foi realizada adubação nitrogenada com 0,70 g de N planta⁻¹ (BORGES et al., 2004), tendo como fonte de N a ureia.

O crescimento das mudas foi avaliado com medições periódicas de altura de mudas (cm) e diâmetro do pseudocole (mm) na altura do colo da planta aos 30, 60, 90, 120 e 150 dias após plantio (DAP). Aos 150 DAP foram avaliadas as características ecofisiológicas das mudas, sendo: o índice de clorofila com auxílio do medidor de clorofila modelo SPAD-502 (Konica-Minolta, Tokyo, Japan); a taxa fotossintética (A) e transpiratória (E); condutância estomática (gs); concentração interna de CO₂ (Ci); e as relações eficiência do uso da água – EUA (A/E); eficiência da carboxilação da rubisco (A/Ci) e eficiência intrínseca do uso da água – EIUA (A/gs) utilizando-se o analisador de gases no infravermelho (IRGA), marca ADC, modelo LCi PRO (Analytical

Development Co. Ltda, Hoddesdon, UK). As avaliações foram realizadas entre 8 e 11 horas da manhã, em folhas completamente expandidas e previamente marcadas (segunda ou terceira folha totalmente aberta), de modo que todas as medições fossem sempre realizadas nas mesmas folhas.

Aos 150 DAP, as mudas de cada tratamento foram retiradas dos vasos e o sistema radicular separado da parte aérea. Após lavagem, subamostras de 2 cm de comprimento de raízes foram coletadas e conservadas em etanol a 50%, para posterior determinação da colonização micorrízica, pelo método da interseção em placa de Petri reticulada (GIOVANNETTI e MOSSE, 1980), após a coloração das raízes com azul de metila (KOSKE e GEMMA, 1989). A parte aérea e as raízes das plantas foram secas separadamente, em estufa de ventilação forçada, a 65°C, por 72 horas (MALAVOLTA et al., 1997).

Foi avaliado também:

- índice de qualidade de Dickson (IQD), segundo a equação proposta por Dickson et al. (1960):
$$IQD (\%) = MST / (H / DC + MSPA / MSR);$$
- dependência micorrízica (DM) segundo a equação proposta por Plenchette et al. (1983):
$$DM (\%) = ((MSM - MSN) / MSM) \times 100;$$
- eficiência micorrízica (EM)) segundo a equação proposta por Plenchette et al. (1983):
$$EM (\%) = ((MSM - MSN) / MSN) \times 100.$$

Onde, MST = Massa seca total, H = Altura da parte aérea, DC = Diâmetro do colo, MSPA = Massa seca da parte aérea, MSR = Massa seca de raiz, MSM: Massa seca de mudas micorrizadas e MSN: Massa seca de mudas não micorrizadas.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância utilizando o aplicativo computacional SISVAR (FERREIRA et al., 2011), sendo o efeito dos tratamentos de FMAs comparados pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade e os efeitos das doses de P submetidos a análise de regressão, sendo expressos ajustes com $R^2 > 0,7$.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para colonização micorrízica (%) foi observada interação entre os FMAs e doses de P (Figura 1). As raízes das plantas sem inoculação com FMAs não apresentaram colonização. As maiores taxas de colonização micorrízica foram observadas nas menores doses de P, sem aplicação e 50 mg kg⁻¹, com decréscimo linear nos tratamentos com *G. albida*, *C. etunicatum* e *G. margarita*. Estes resultados são apoiados por estudos que advertem que o P regula a simbiose entre os FMAs e as plantas, e que a porcentagem de colonização está inversamente correlacionada ao estado da planta em relação a este nutriente (HARRISON, 1998).

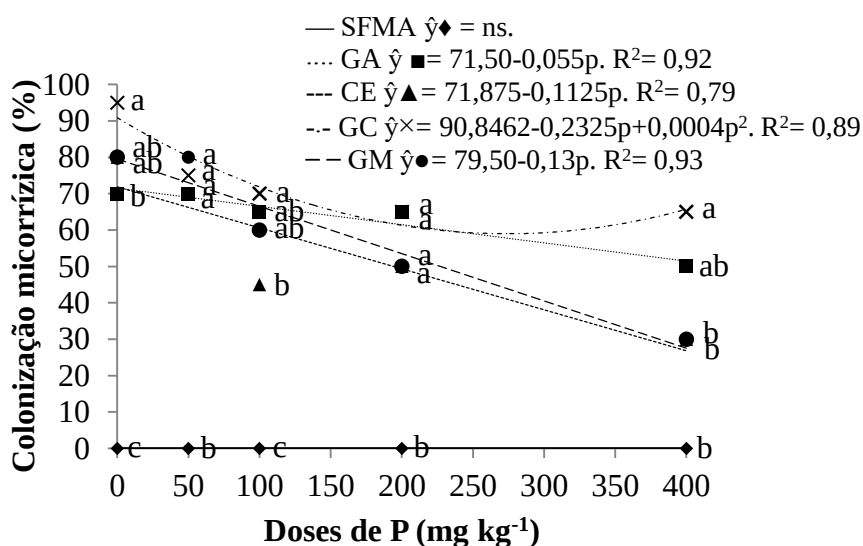


Figura 1. Colonização micorrízica (%) em mudas de bananeira inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares, sob doses de fósforo (P). Dourados-MS, UFGD, 2019. Letras diferentes no pontos representam as médias que diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. SFMA: sem inoculação; GA: *Gigaspora albida*; CE: *Claroideoglomus etunicatum*; GC: *Glomus clarum*; GM: *Gigaspora margarita*; ns: não significativo.

Para *G. albida*, apesar do pequeno decréscimo linear manteve-se com alta taxa de colonização, mesmo com o aumento das doses de P. O mesmo ocorreu com *G. clarum*, com ajuste de regressão quadrático, ficando acima de 60% das raízes colonizadas com o fungo, ainda na dose 400 mg kg⁻¹ de P. Isto indica que estes inóculos podem se adaptar ao aumento de P no solo, colonizando as raízes das plantas desta espécie.

Em algumas situações, os níveis de P no solo podem atuar de forma determinante na formação de micorrizas, alterando as taxas de colonização da planta

hospedeira. As espécies de FMAs inoculadas manifestaram desempenhos distintos quanto à capacidade e à dinâmica de colonização micorrízica das plantas frente o fornecimento de P ao solo. As observações indicam que características funcionais de cada espécie de FMAs que foram inoculados podem estar envolvidas em sua associação com o hospedeiro e com o ambiente no solo (CHAGNON et al., 2013). Estas constatações podem favorecer o maior entendimento da complexidade que conduz as interações entre plantas, ambientes e FMAs, informações desejadas para o avanço do conhecimento sobre micorrizas.

Diferentes correlações entre colonização e concentração de P no solo têm sido encontradas nos diversos estudos, indicando que a relação entre colonização e P no solo é complexa (KOIDE e LI, 1990; GUPTA et al., 2002; LINGFEI et al., 2005).

A interação entre FMAs e doses de P foi significativa para os caracteres de crescimento: altura de plantas e diâmetro do pseudocaule (Figura 2 e 3). De acordo com Lekberg e Koide (2005), a abundância de FMAs no solo é um importante fator que mantém suas funções nas plantas hospedeiras. Desta maneira a inoculação de FMAs em mudas de plantas hospedeiras levadas a campo, melhora as taxas de colonização micorrízica quando as espécies nativas de FMAs estão em quantidade e qualidade inadequadas (KOIDE e MOOSE, 2004).

O aumento das doses de P, aos 30 DAP, não influenciou a altura de plantas inoculadas com *G. clarum* (Figura 2A). Apenas aos 60 DAP ocorreu influência das doses com crescimento linear (Figura 2B), deste ponto em diante houve ajuste de regressão quadrático, sendo que, aos 150 DAP a dose estimada de 377 mg kg⁻¹ de P proporcionou o maior crescimento das plantas, porém, sem diferir do controle (Figuras 2C, 2D e 4E).

Com exceção de *G. clarum* aos 30 DAP, todos os tratamentos microbiológicos apresentaram ajuste de regressão para as doses de P até os 150 DAP (Figura 2). As mudas colonizadas por *C. etunicatum* e *G. margarita* apresentam bom crescimento com as menores doses estimadas, cerca de 300 mg kg⁻¹ de P. Porém, de acordo com o ajuste obtido, a dose de 325 mg kg⁻¹ de P proporcionou maior crescimento das mudas de bananeira nas condições propostas, 27,8 cm, podendo esta dose ser a mais favorável para aplicação em solo com baixo teor de P.

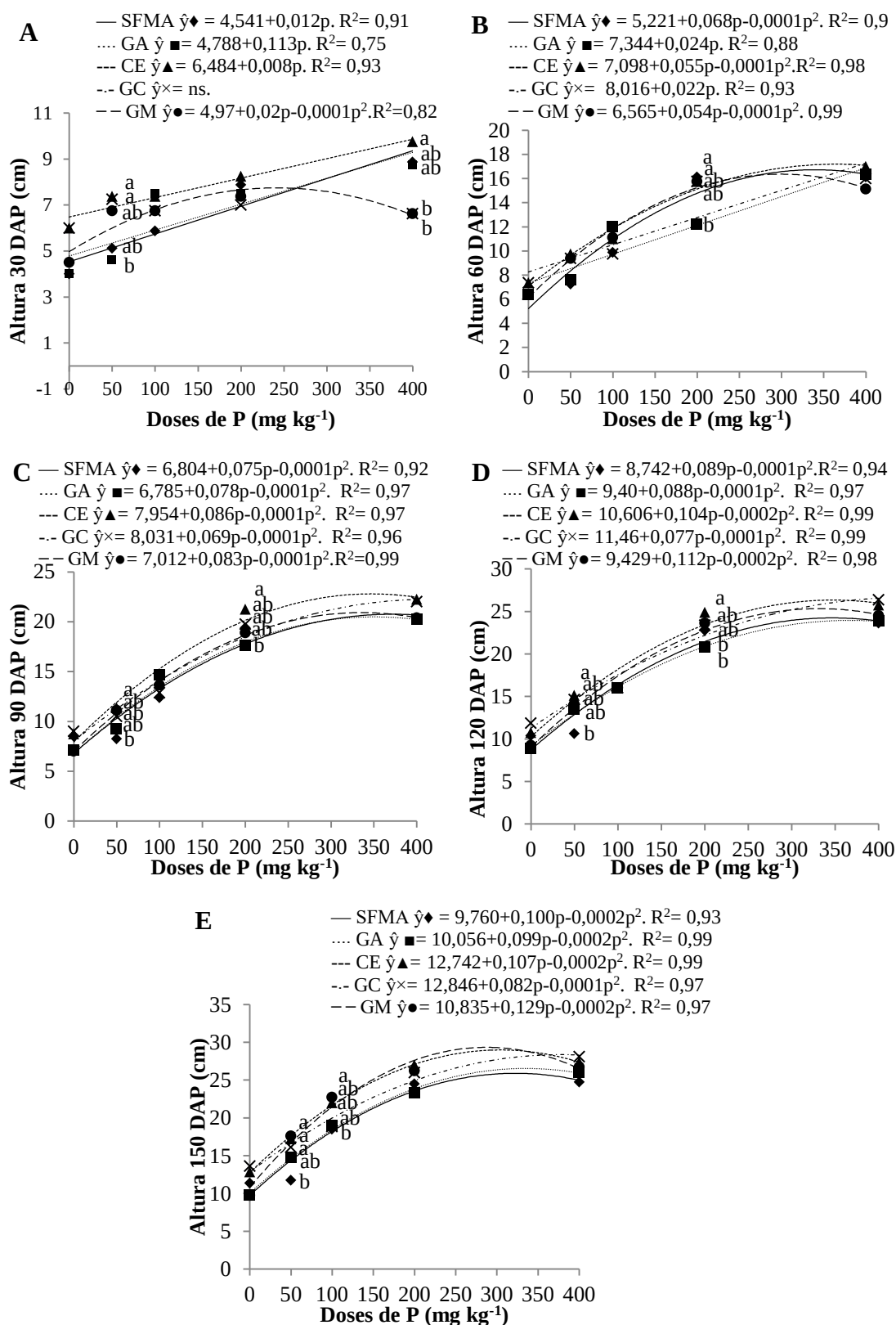


Figura 2. Altura de mudas de bananeira (cm), 30 dias após plantio (DAP) (A); 60 DAP (B); 90 DAP (C); 120 DAP (D); 150 DAP (E), inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares, sob doses de fósforo (P). Dourados-MS, UFGD, 2019. Letras diferentes nos pontos representam as médias que diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. SFMA: sem inoculação; GA: *Gigaspora albida*; CE: *Claroideoglomus etunicatum*; GC: *Glomus clarum*; GM: *Gigaspora margarita*; ns: não significativo.

Aos 60, 90 e 120 DAP *G. albida*, na dose 200 mg kg⁻¹ de P, apresentou menor crescimento em relação aos tratamentos com as demais espécies de fungos. A espécie *C. etunicatum* proporcionou maior altura de plantas na dose 50 mg kg⁻¹ de P em relação ao controle, nas avaliações dos 90 DAP em diante, este mesmo comportamento ocorreu na dose 200 mg kg⁻¹ de P aos 90 e 120 DAP. Também foram observadas plantas com maior crescimento, aos 150 DAP, nos tratamentos com *G. clarum* e *G. margarita* na dose 50 mg kg⁻¹ e apenas na simbiose com *G. margarita* na dose 100 mg kg⁻¹ de P.

Leal et al. (2005) também relataram que plantas de bananeira em simbiose com *G. clarum* apresentaram maior crescimento em relação ao controle, sem FMAs, em dois tipos de recipientes, tubetes e blocos prensados. Resultados semelhantes também foram encontrados por Costa et al. (2001) avaliando genótipos de aceroleira, os quais relataram que a inoculação por *G. margarita* favoreceu maior altura e biomassa seca da parte aérea. Apesar da simbiose com *G. albida* não ter apresentado resultados satisfatórios neste trabalho, em trabalhos realizados com esse inóculo associado a outras espécies frutíferas, como maracujazeiro e mangabeira, são relatados efeitos positivos para altura de plantas (CAVALCANTE et al., 2002; COSTA et al., 2005).

Houve ajuste de regressão para o diâmetro do pseudocaule para as épocas e tratamentos microbiológicos, com exceção aos 30 DAP dos tratamentos com *G. albida*, *G. clarum* e *G. margarita* (Figura 3).

Plantas em simbiose com *G. clarum* mostraram-se desfavorecidas no diâmetro do pseudocaule na dose 400 mg kg⁻¹ de P até os 30 DAP em relação ao tratamento SFMAs (Figura 3A) e, assim como os demais tratamentos, até os 150 DAP as simbioses não favoreceram os diâmetros das mudas nesta mesma dose (Figura 3).

Plantas colonizadas por FMAs que apresentam crescimento menor que as plantas SFMAs indicam a ineficiência da espécie inoculada. Diversos são os fatores relacionados a este fato, que vão desde as características de solo, teor elevado de P no solo, até a própria espécie de planta utilizada. Espécies de FMAs com mecanismos evoluídos em infectividade podem, por algum motivo, não ser especializadas em fornecer benefícios às plantas, ou seja, apresentam-se ineficientes nas trocas, não favorecendo o crescimento da planta hospedeira (SENA et al., 2004). Neste âmbito as plantas apresentaram menor acúmulo de massa seca em relação ao controle, caracterizando a interação entre os FMAs e o hospedeiro como ineficiente.

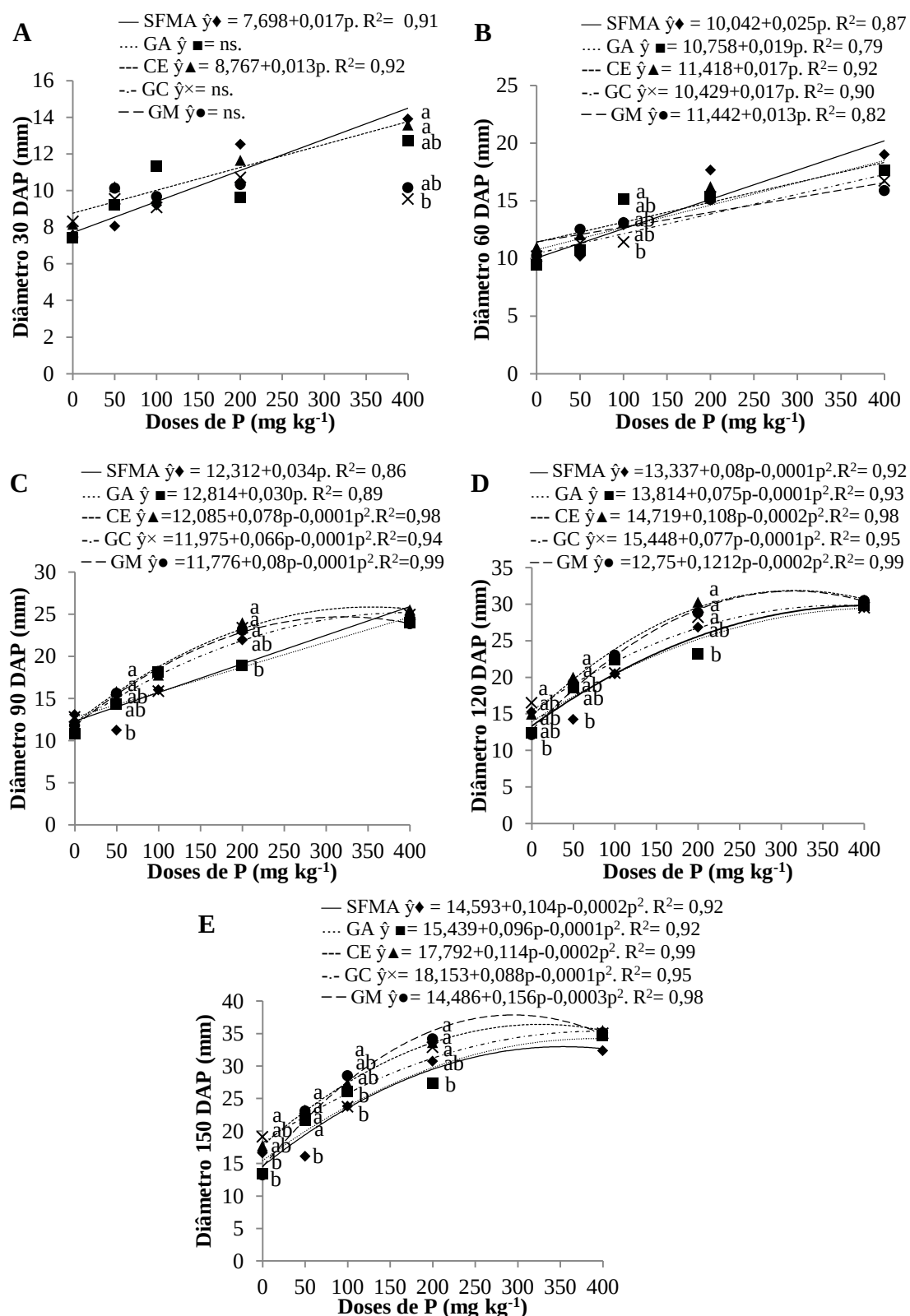


Figura 3. Diâmetro do pseudocaule de mudas de bananeira (mm), 30 dias após plantio (DAP) (A); 60 DAP (B); 90 DAP (C); 120 DAP (D); 150 DAP (E), inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares, sob doses de fósforo (P). Dourados-MS, UFGD, 2019. Letras diferentes nos pontos representam as médias que diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. SFMA: sem inoculação; GA: *Gigaspora albida*; CE:

Claroideoglomus etunicatum; GC: *Glomus clarum*; GM: *Gigaspora margarita*; ns: não significativo.

Aos 60 DAP (Figura 3B), na dose de 100 mg kg⁻¹ de P, plantas com *G. albida* apresentaram diâmetro do pseudocaule superior às plantas colonizadas por *G. clarum*, que tiveram as menores médias. Também, foi verificado que a simbiose de *G. margarita*, na mesma dose, aos 150 DAP, favoreceu maior diâmetro do pseudocaule em relação ao controle e ao tratamento com *G. clarum* (Figura 3E).

Os tratamentos com *C. etunicatum* favoreceram o diâmetro do pseudocaule nas doses 50 e 200 mg kg⁻¹ de P nas avaliações a partir dos 90 DAP com incrementos de 44% e 7%, respectivamente, aos 150 DAP (Figura 3C, 3E). A espécie *G. margarita* manteve resultados semelhantes na simbiose nas mesmas doses, aos 90, 120 e 150 DAP (Figura 3C, 3D, 3E). Aos 150 DAP, além dos maiores incrementos de diâmetro do pseudocaule nas doses 50 e 200 mg kg⁻¹, 43% e 11%, respectivamente, o tratamento também favoreceu o diâmetro do colo das plantas submetidas a dose 100 mg kg⁻¹ de P, com 20% de incremento.

A espécie *G. clarum* também mostrou eficiência na simbiose para o diâmetro do pseudocaule quando submetido às doses 0, 50 e 200 mg kg⁻¹ de P em relação ao controle, aos 120 e 150 DAP, com aumento de 15%, 36% e 7%, respectivamente, na última avaliação.

Maiores diâmetros do pseudocaule foram obtidos em simbiose com *G. margarita*, chegando a 37,82 mm, com a menor dose de P estimada, 294,5 mg kg⁻¹, de acordo com o ajuste de regressão quadrática. Foram obtidos diâmetros próximos pelo ajuste de regressão, porém com doses de P superiores a 320 mg kg⁻¹ de P, sendo assim, a maior resposta é dependente da aplicação do P ao solo.

O endófito *G. margarita* não está entre as espécies mais testadas para a bananeira, mas em trabalhos realizados por Lins et al. (2003) e Trindade et al. (2003) este FMA colonizou intensamente e mostrou-se benéfico para o desenvolvimento de mudas de bananeira. Além disso, este fungo mostrou boas respostas ao crescimento de fruteiras, como mamoeiro (TRINDADE et al., 2000), macieira (KON, 1995) e goiabeira (SAMARÃO e MARTINS, 1998).

A utilização de FMAs pode favorecer o diâmetro de mudas de bananeira, sendo *G. albida* menos propício, já as espécies *G. clarum*, *C. etunicatum* e *G. margarita* mostram-se mais promissoras para esta variável por demonstrar maior incremento no diâmetro das mudas. Segundo Carneiro et al. (1999), mudas com maior diâmetro são

favorecidas no estabelecimento e crescimento quando levadas a campo. Sendo assim, mudas com presença de FMAs podem se sobressair quando levadas ao campo, com maior índice de sobrevivência.

Para a variável massa seca das raízes, massa seca da parte aérea e massa seca total de plantas de bananeira, foram observadas interações significativas com os fatores FMAs e com as doses de P (Figura 4).

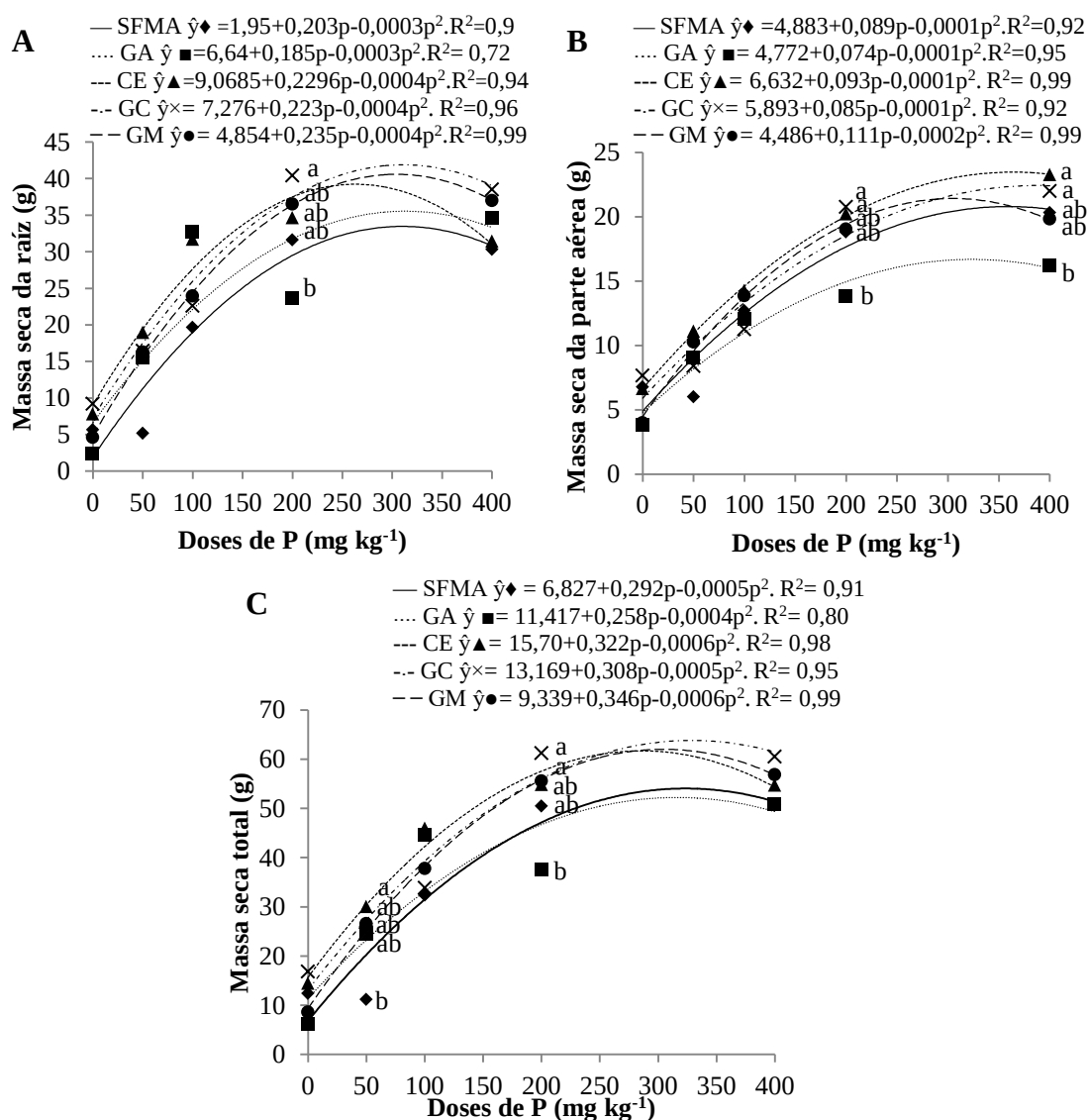


Figura 4. Massa seca das raízes (g planta^{-1}) (A); massa seca da parte aérea (g planta^{-1}) (B) e Massa seca total (g planta^{-1}) (C), em mudas de bananeira inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares, sob doses de fósforo (P). Dourados-MS, UFGD, 2019. Letras diferentes nos pontos representam as médias que diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. SFMA: sem inoculação; GA: *Gigaspora albida*; CE: *Claroideoglomus etunicatum*; GC: *Glomus clarum*; GM: *Gigaspora margarita*; ns: não significativo.

Plantas em simbiose com *G. clarum* mantiveram maior média de massa seca de raízes na dose de 200 mg kg⁻¹ de P, com acréscimo de 28% (Figura 4A), para a massa seca da parte aérea as doses de 200 e 400 mg kg⁻¹, proporcionaram 10% e 8% de incremento, respectivamente (Figura 4B) e na massa seca total com 200 mg kg⁻¹ de P, houve incremento de 21% (Figura 4C).

A espécie *C. etunicatum* também favoreceu a massa seca da parte aérea nas doses 200 e 400 mg kg⁻¹ de P (Figura 4B), com acréscimo de 7% e 14%, simultaneamente, em relação ao tratamento com *G. albida* e, para massa seca total, na dose 50 mg kg⁻¹ de P se sobressaindo em relação ao controle, com 68% de acréscimo (Figura 4C).

Apesar de somente as plantas colonizadas com *C. etunicatum* ter apresentado diferenças estatísticas em relação às plantas SFMAs, numa média geral, os tratamentos com as demais espécies de FMAs mantiveram as médias de incremento de massa seca total acima de 18%.

De maneira geral, a massa seca das plantas apresentou ajuste de regressão quadrático (Figura 4), independente dos tratamentos microbiológicos, porém, plantas associadas à FMAs, apresentaram menor exigência às doses de P para o aumento de sua massa seca, com incremento de até 15% na massa seca total e redução de 11% do uso de P.

A aplicação de P pode ser considerada fator limitante para o desenvolvimento das mudas, porém, normalmente as doses elevadas de P são consideradas inibitórias para o desenvolvimento da associação micorrízica, sendo que a intensidade de limitação depende de características inerentes à espécie do fungo e a planta hospedeira (MARSCHNER e DELL, 1994).

Concordando com os resultados obtidos nesse trabalho, estudos referem-se sobre variações em respostas obtidas pelas plantas associadas com FMAs, ocorrendo casos descritos de respostas diferentes quando plantas são inoculadas com isolados de mesma espécie (ABBOTT e GAZEY, 1994; CAVALCANTE et al., 2002). Algumas espécies de FMAs quando colonizam raízes de determinada espécie vegetal promovem aumento de sua massa seca e de concentrações de nutrientes na parte aérea das plantas (CRUZ e MARTINS, 1997). Existe também relatos sobre alterações nas quantidades de nutrientes nas plantas devido a inoculação de diferentes espécies de FMAs, contudo nem sempre a ocorrência das micorrizas é correlacionada com alterações na matéria seca das plantas (SILVEIRA et al., 2002).

Os FMAs e as doses de P apresentaram efeitos significativos e positivos às características ecofisiológicas como, taxa de transpiração, fotossíntese, condutância estomática e índice de clorofila (Figura 5).

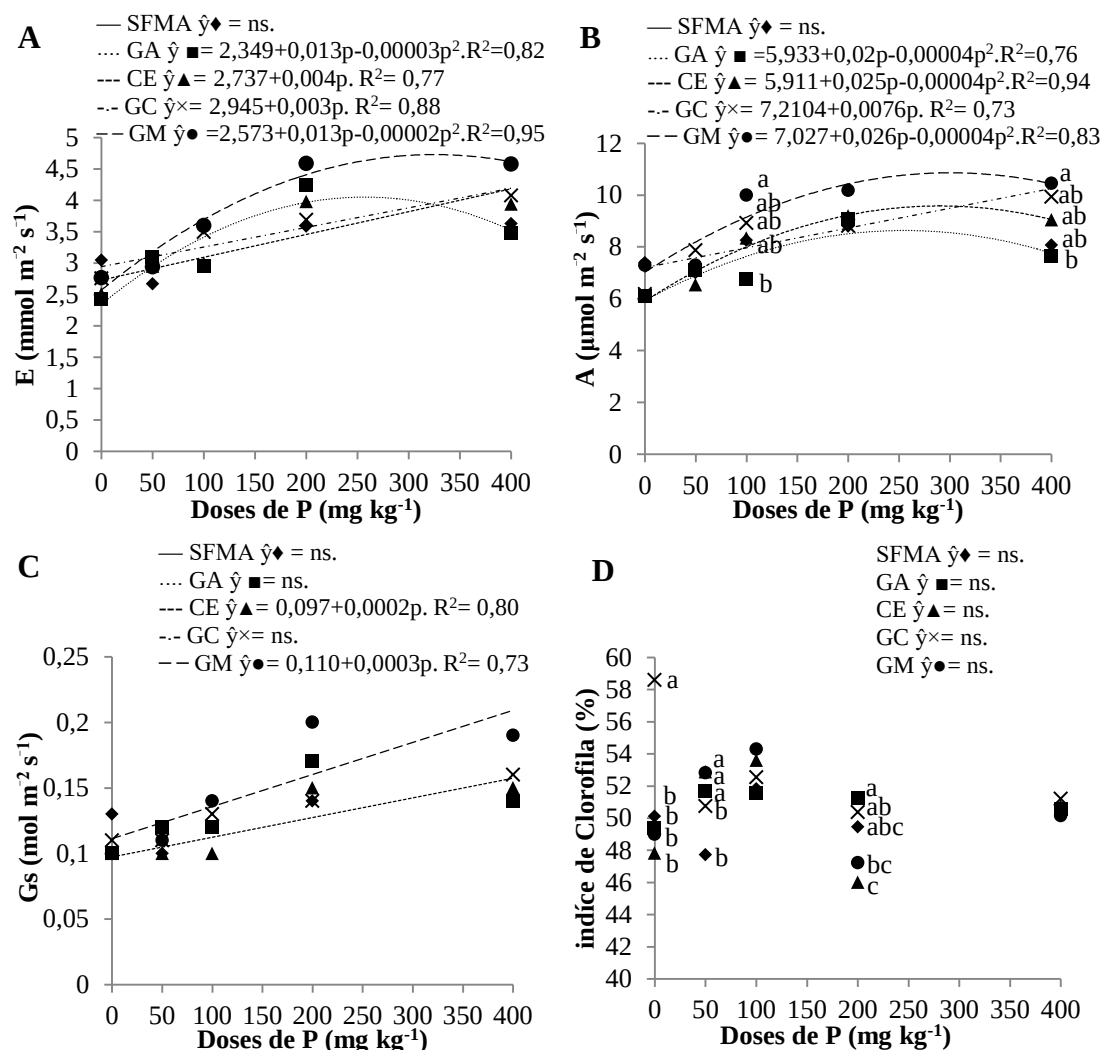


Figura 5. Características ecofisiológicas: transpiração - E ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) (A); fotossíntese - A ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) (B); condutância estomática - G_s ($\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) (C) e; índice de clorofila (%) (D) em mudas de bananeiras inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares, sob doses de fósforo (P). Dourados-MS, UFGD, 2019. Letras diferentes nos pontos representam as médias que diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. SFMA: sem inoculação; GA: *Gigaspora albida*; CE: *Claroideoglomus etunicatum*; GC: *Glomus clarum*; GM: *Gigaspora margarita*; ns: não significativo.

As taxas de transpiração das plantas não apresentaram variação em virtude dos tratamentos microbiológicos quando avaliados dentro de cada dose (Figura 5A). As doses de P, 0, 50 e 100 mg kg^{-1} , apresentaram as menores taxas de transpiração.

Para taxa de transpiração, o uso do P proporcionou ajuste de regressão quadrático nos tratamentos com *G. albida* e *G. margarita* sendo que as doses estimadas

255 e 332 mg kg⁻¹ de P, proporcionaram a maior taxa, 4,04 e 4,77 mmol m⁻² s⁻¹, respectivamente. Nas plantas colonizadas com *C. etunicatum* e *G. clarum*, o aumento das doses de P proporcionou aumento da taxa de transpiração.

Plantas com deficiência hídrica e submetidas a temperaturas elevadas utilizam o controle do fechamento estomático para aumentar a eficiência do uso da água do solo (MEDINA et al., 1999; EL-SHARKAWY, 2004). Nota-se neste e em outros trabalhos, que variáveis fitotécnicas relacionadas ao crescimento das plantas geralmente se correlacionam com transpiração (NOVÁK e HAVRILA, 2006; WU et al., 2011; PINHEIRO et al., 2014).

Nos tratamentos com 0 e 50 mg kg⁻¹ de P as plantas tiveram redução na fotossíntese quando comparadas as maiores doses dentro de cada tratamento microbiológico. Plantas com *G. albida*, *C. etunicatum* e *G. margarita* proporcionaram ajuste de regressão quadrático com maior taxa de fotossíntese chegando a 8,60, 9,62 e 10,90 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, com as doses estimadas de 252, 294 e 304 mg kg⁻¹ de P. No tratamento com *G. clarum*, a maior fotossíntese foi promovida pela maior dose de P, com crescimento linear. Não houve ajuste de regressão para o tratamento controle. Neste âmbito, as simbioses com FMAs e o uso de P geram um aumento da taxa de fotossíntese das plantas, favorecendo seu crescimento e desenvolvimento (Figura 5B).

Muitas vezes o P é um fator limitante do crescimento das plantas devido à sua baixa mobilidade e solubilidade nos solos (BEVER et al., 2001). O aumento da absorção deste nutriente, neste caso, por consequência da formação de micorrizas traduz-se, portanto, numa melhoria do desenvolvimento fisiológico das plantas hospedeiras, com aumento da taxa de fotossíntese (OLIVEIRA, 2015).

Nesta simbiose a planta fornece ao fungo os açúcares sintetizados como resultado da fotossíntese e, por outro lado, o fungo facilita a aquisição de água e nutrientes à planta, através do aumento da sua área de absorção (CRUZ et al., 2009).

A condutância estomática das plantas não sofreu influência dos tratamentos microbiológicos (Figura 5C), apesar da colonização com *G. margarita* proporcionar um incremento de 42%, dose 200 mg kg⁻¹, e 35% na dose 400 mg kg⁻¹ de P em comparação ao controle. A condutância estomática nos tratamentos microbiológicos com *C. etunicatum* e *G. margarita* foi influenciada de forma positiva pelo uso de P, isso indica uma relação de interação favorável dessas espécies com o P.

O índice de clorofila sofreu influência positiva do uso de FMAs nas doses 0 e 50 mg kg⁻¹ de P (Figura 5D). No tratamento sem aplicação de P, plantas com *G.*

clarum foram favorecidas, elevando os níveis de clorofila em 17%. Na dose 50 mg kg⁻¹ de P, os incrementos foram pouco menores, porém positivos, 8% para plantas com *G. albida* e 10% em plantas com *C. etunicatum* e *G. margarita*. No desenvolvimento da simbiose ocorrem alterações na membrana plasmática, especificamente na membrana periarbuscular. A atividade das aquaporinas, proteínas da membrana plasmática, relacionadas à absorção de água e solutos pela célula, é favorecida durante esse processo (UEHLEIN et al., 2007).

De forma semelhante à observada neste trabalho, Franco e Cano (2006), em estudos sobre atividade de FMAs na rizosfera de capim buffel (*Cenchrus ciliaris* L.), observaram que a colonização micorrízica aumentou os teores de clorofila. Em estudo realizado por Reis et al. (2006), o maior teor de clorofila nos cafeeiros consorciados foi relacionado à maior contribuição nutricional dos FMAs às plantas. Segundo este mesmo autor, o teor de clorofila pode ser utilizado como um valor referencial para estimativa do teor de nitrogênio foliar e produtividade de plantas.

As demais características fisiológicas avaliadas como a concentração interna de CO₂, eficiência de carboxilação da rubisco, eficiência intrínseca do uso da água e eficiência do uso da água não sofreram alterações com os tratamentos microbiológicos e doses de P, apresentando média geral de: 271,5 μmol mol⁻¹; 0,030 μmol μmol mol⁻¹; 62,47 μmol CO₂ mmol⁻¹ H₂O e; 2,41 μmol CO₂ mmol⁻¹ H₂O, respectivamente.

Houve uma tendência de aumento do índice de qualidade de Dickson (IQD) com o aumento das doses de P aplicadas ao solo, apresentando ajuste quadrático exceto para *G. albida* (Figura 6). Na dose de 100 mg kg⁻¹ de P a simbiose com *G. albida* e *C. etunicatum* já foi suficiente para manter a média de valores de qualidade das mudas igual ou superior as médias das mudas do tratamento controle nas doses 200 e 400 mg kg⁻¹ de P.

Com exceção do tratamento com *G. margarita* na dose 0 e *G. albida* na dose 0 e 200 mg kg⁻¹ de P, as mudas de bananeira colonizadas por FMAs mantiveram maior valor médio de IQD em comparação ao controle dentro de cada dose, visto que, o destaque maior ocorreu nas condições de 50 mg kg⁻¹ de P, onde todas as espécies de FMAs avaliadas favoreceram, em simbiose, plantas mais promissoras e com qualidade similar as plantas controle da dose 100 mg kg⁻¹ de P.

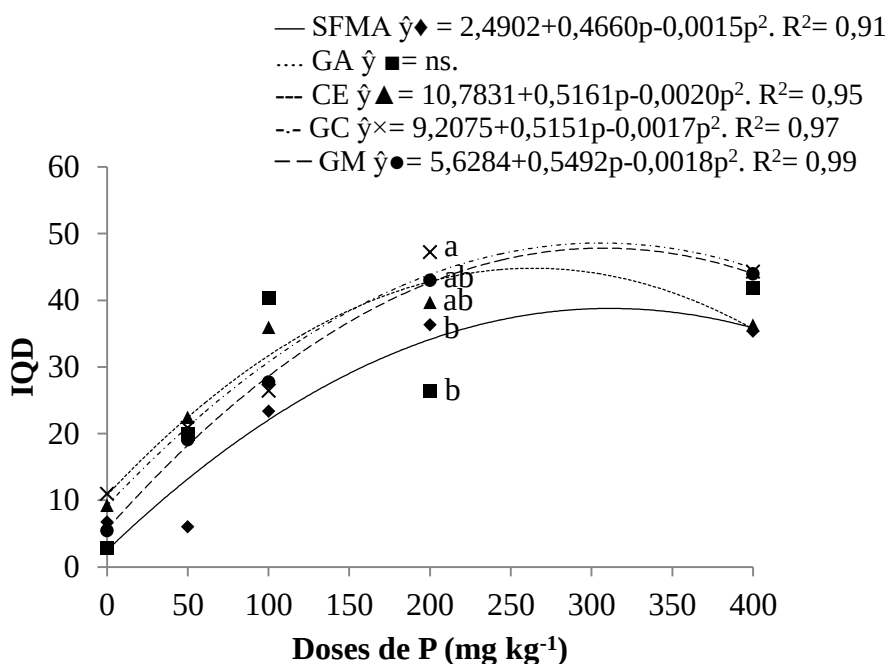


Figura 6. Índice de qualidade de Dickson (DICKSON et al., 1960) em mudas de bananeiras inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares, sob doses de fósforo. Dourados-MS, UFGD, 2019. Letras diferentes nos pontos representam as médias que diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. SFMA: sem inoculação; GA: *Gigaspora albida*; CE: *Claroideoglomus etunicatum*; GC: *Glomus clarum*; GM: *Gigaspora margarita*; ns: não significativo.

Na dose de 200 mg kg⁻¹ de P, plantas com *G. clarum* mantiveram maior IQD, principalmente em relação ao tratamento com *G. albida*.

Estes dados mostram que estas espécies proporcionaram boa capacidade de estabelecer uma relação simbiótica com o hospedeiro, independente das alterações ambientais (NOE e HAMMESTEIN, 1995; WERNER et al., 2014). Esta capacidade de formar os processos simbióticos de forma eficiente, conduzida pela maior cooperação entre os componentes do sistema também foram demonstradas em outros experimentos citados por Kiers et al. (2011).

Foi verificada maior dependência e eficiência micorrízica principalmente nas menores doses de P, sendo o grau de variação, dependente do fungo associado e das doses de P (Figura 7).

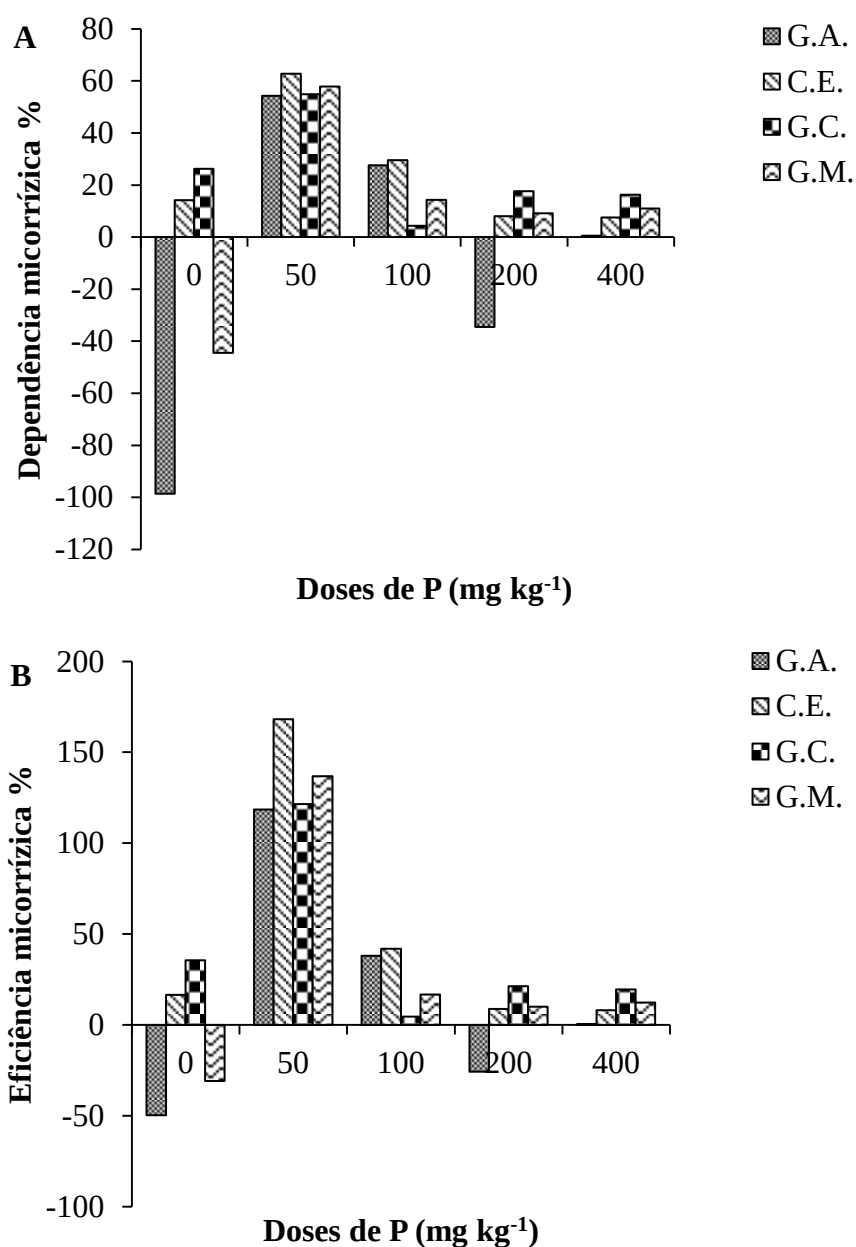


Figura 7. Dependência micorrízica(%) (a) e eficiência micorrízica (%) (b) em mudas de bananeiras inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares, sob doses de fósforo. Dourados-MS, UFGD, 2019. GA: *Gigaspora albida*; CE: *Claroideoglomus etunicatum*; GC: *Glomus clarum*; GM: *Gigaspora margarita*; ns: não significativo.

A resposta no crescimento da planta e na micorrização, em diferentes níveis de fertilidade do solo, é dependente da espécie vegetal. Essas diferenças podem ser definidas geneticamente pela planta - dependência micorrízica, sendo muito variáveis, ou dependente da interação entre os genomas do fungo e da planta e de condições edáficas – em termos de responsividade, refere-se à eficiência micorrízica (JANOS, 2007). 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 (HABTE e MANJUNATH, 1991) e quais as espécies trarão melhores resultados a simbiose em determinada condição (SAGGIN JÚNIOR e SIQUEIRA, 1995).

O endófito *G. albida* apresentou níveis de dependência e eficiência micorrízicas negativos na dose de 0 e 200 mg kg⁻¹ de P, mesmo fato foi observado para o tratamento com *G. margarita* na dose 0 mg kg⁻¹. Isso significa que plantas inoculadas com estes fungos apresentaram menor acúmulo de massa seca, em comparação ao controle, assim, nas respectivas doses, essas espécies não encontraram condições favoráveis para proporcionar benefícios às mudas de bananeira, sendo possível caracterizar esta interação como parasítica. Isso ocorreu por estes inóculos serem favorecidos pelo incremento de doses P no solo em níveis menores, com exigência da aplicação, sendo o ideal 50 mg kg⁻¹ para ótima micorrização, com simbiose mutualística. Níveis mais elevados de P acabam reduzindo a dependência da banana à simbiose e reduz também eficiência da colonização micorrízica, apresentando baixa resposta.

A maior dependência e eficiência micorrízica ocorreu na dose 50 mg kg⁻¹ de P, podendo considerar que a simbiose teve efeito positivo com este nível de P aplicado, promovendo condições mais favoráveis ao crescimento e desenvolvimento das mudas de bananeira em relação ao controle. Em estudo, Schiavo et al. (2010) avaliando *G. clarum* em pinhão manso, atribuíram a baixa eficiência desta espécie de FMAs aos elevados teores de P presentes no composto orgânico utilizado, fato também observado neste trabalho, nas doses 200 e 400 mg kg⁻¹ de P.

De maneira geral, a dose 50 mg kg⁻¹ de P proporcionou melhores condições na formação de micorrizas para todas as espécies de FMAs avaliadas. Este comportamento confirma a maior micorrização quando as plantas são submetidas a condições em que as doses de P não são adequadas para o desenvolvimento vegetativo (MOREIRA e SIQUEIRA, 2002).

4. CONCLUSÕES

A dose 50 mg kg⁻¹ de P proporcionou melhores condições para formação de micorrizas para todas as espécies de FMAs avaliadas, com elevada dependência e eficiência micorrízica.

A dose de 325 mg kg⁻¹ de P aparenta ser a mais propícia para o crescimento das mudas de bananeira em condições de solo com baixo teor de P.

As simbioses com FMAs e o uso de P geram aumentos da taxa de fotossíntese das plantas, favorecendo seu crescimento, desenvolvimento e qualidade de mudas de bananeiras.

As espécies *G. clarum*, *C. etunicatum* e *G. margarita* foram as mais promissoras para o crescimento das plantas.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABBOTT, L.K.; GAZEY, C. An ecological view of the formation of VA mycorrhiza. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.159, p.69-78, 1994.
- AL-KARAKI, G. N. Growth of mycorrhizal tomato and mineral acquisition under salt stress. **Mycorrhiza**, New York, v.10, n.2, p.51-54, 2000.
- 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. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, cap.3, p.53-85, 2006.
- BEVER, J. D.; SCHULTZ, P. A.; PRINGLE, A.; MORTON, J. B. Arbuscular Mycorrhizal Fungi: More Diverse than Meets the Eye, and the Ecological Tale of Why: The high diversity of ecologically distinct species of arbuscular mycorrhizal fungi within a single community has broad implications for plant ecology. **BioScience**, Oxford, v.51, p.923-931, 2001.
- BONFANTE, P.; DESIRÒ, A. A arbuscular mycorrhizas: the lives of beneficial fungi and their plant hosts. In: LUGTENBERG, B. (Org.). **Principles of Plant-Microbe Interactions**. Springer, 2015. p.235-245.
- BOLAN, N. S. A critical-review on the role of mycorrhizal fungi in the uptake of phosphorus by plants. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.134, n.2, p.189-207, 1991.
- BORGES, A. L.; SOUZA, L. S.; TRINDADE, A. V.; TEIXEIRA, A. H. C.; MATOS, A. P.; RITZINGER, C. H. S. P.; ALMEIRA, C. O.; COSTA, D. C.; COSTA, É. L.; ALVES, É. J.; COELHO, E. F.; MATSUURA, F. C. A. U.; SANTOS-SEREJO, J. A.; CARVALHO, J. E. B.; SOUA, J. S.; SANTANA, M. A.; LIMA, M. B.; PEREIRA, M. E. C.; FANCELLI, M.; FOLEGATTI, M. I. S.; MEISSNER FILHO, P. E. **O cultivo da bananeira**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2004. 279p.
- CARNEIRO, M. A. C.; SIQUEIRA, J. O.; CURI, N.; MOREIRA, F. M. S. Efeitos da inoculação de fungos micorrízicos arbusculares e da aplicação de fósforo no estabelecimento de forrageiras em solo degradado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.9, p.1669-1677, 1999.
- CAVALCANTE, U. M. T.; MAIA, L. C.; COSTA, C. M. C.; CAVALCANTE, A. T.; SANTOS, V. F. Efeito de fungos micorrízicos arbusculares, da adubação fosfatada e da esterilização do solo no crescimento de mudas de maracujazeiro amarelo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.26, n.4, p.1099-1106, 2002.
- CHAGNON, P. L.; BRADLEY, R. L.; MAHERALI, H.; KLIRONOMOS, J. N. A trait-based 475 framework to understand life history of mycorrhizal fungi. **Trands plant Science**, London, v.18, p.476-491, 2013.

CHAVES, M. M.; FLEXAS, J.; PINHEIRO, C. Photosynthesis under drought and salt stress: regulation mechanisms from whole plant to cell. **Annals of Botany**, Oxford, v.103, n.4, p.551-560, 2009

COSTA, C. M. C.; MAIA, L. C.; CAVALCANTE, U. M. T.; NOGUEIRA, R. J. M. C. Influência de fungos micorrízicos arbusculares sobre o crescimento de dois genótipos de aceroleira (*Malpighia marginata* D.C.). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n.6, p.893-901, 2001.

COSTA, C. M. C.; CAVALCANTE, U. M. T.; GOTO, B. T.; SANTOS, V. F.; MAIA, L. C. Fungos micorrízicos arbusculares e adubação fosfatada em mudas de mangabeira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.40, n.3, p.225-232, 2005.

CRUZ, A. F.; MARTINS, M. A. Transferência de nitrogênio entre plantas interconectadas por fungos micorrízicos arbusculares (FMAs). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.21, p.559-565, 1997.

CRUZ, C.; RAMOS, A.; FAÇANHA, A.; FEIJÓ, J.; MARTINS-LOUÇÃO, A. M. Enzyme activity modulated by AMF colonization: the urea cycle and membrane-bound phosphatase activities. In: (eds), A.V. (Ed.), **A Text Book of Molecular Biotechnology**. Springer Publishers, p. 563-572, 2009.

DEHGHANIAN, H.; HALAJNIA, A.; LAKZIAN, A.; ASTARAEI, A. R. The effect of earthworm and arbuscular mycorrhizal fungi on availability and chemical distribution of Zn, Fe and Mn in a calcareous soil. **Applied Soil Ecology**, n.130, p.98-103, 2018.

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

EL-SHARKAWY, M. A. Cassava biology and physiology. **Plant Molecular Biology**, Netherlands, v.56, n.4 p.481-501. 2004

EVELIN, H.; KAPOOR, R.; GIRI, B. Arbuscular mycorrhizal fungi in alleviation of salt stress: a review. **Annals of Botany**, Oxford, v. 104, n. 7, p. 1263-1280, 2009.

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

FRANCO A. D.; CANO, I. G. Colonización micorrízica arbuscular y crecimiento de genótipos de pasto de buffel (*Cenchrus ciliaris* L.), **Revista Fitotecnia Mexicana**, Chapingo, v.29, p.203-206, 2006.

GIOVANNETTI, M.; MOSSE, B. An evaluation of techniques for measuring vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in roots. **New Phytologist**, Cambridge, v.84, n.3, p.489-500, 1980.

GIRI, B.; KAPOOR, R.; MUKERJI, K. G. Influence of arbuscular mycorrhizal fungi and salinity on growth, biomass, and mineral nutrition of *Acacia auriculiformis*. **Biology and Fertility of Soils**, Germany, v.38, n.3, p.170-175, 2003.

GIRI, B.; MUKERJI, K. G. Mycorrhizal inoculant alleviates salt stress in *Sesbania aegyptiaca* and *Sesbania grandiflora* under field conditions: evidence for reduced sodium and improved magnesium uptake. **Mycorrhiza**, New York, v.14, n.05, p.307-312, 2004.

GUPTA, M.L., PRASAD, A., RAM, M., KUMAR, S. Effect of the vesicular–arbuscular mycorrhizal (VAM) fungus *Glomus fasciculatum* on the essential oil yield related characters and nutrient acquisition in the crops of different cultivars of menthol mint (*Mentha arvensis*) under field conditions. **Bioresource Technology**, v.81, p.77-79. 2002.

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

HARRISON, M. J. Development of the arbuscular mycorrhizal symbiosis. **Current Opinion in Plant Biology**, v.1, p.360–365, 1998.

JANOS, D. P. Plant responsiveness to mycorrhizas differs from dependence upon mycorrhizas. **Mycorrhiza**, New York, v.17, p.75-91, 2007.

KIERS, E.T.; DUHAMEL, M.; BEESETTY, Y.; MENSAH, J.A.; FRANKEN, O.; VERBRUGGEN, E.; FELLBAUM, C.R.; KOWALCHUK, G.A.; HART, M.; BAGO, A.; PALMER, T.M.; WEST, S.A.; VAN DEN KOORNHUYSE, P.; JANSZ, J. Reciprocal rewards stabilize cooperation in the mycorrhizal symbiosis. **Science**, Washington, v.333, p.880-882, 2011.

KOIDE, R. T., LI, M. On host regulation of the vesicular—arbuscular mycorrhizal symbiosis. **New Phytologist**, Cambridge, v.114, 59-74, 1990.

KOIDE, R. T.; MOSSE, B. A history of research on arbuscular mycorrhiza. **Mycorrhiza**, New York, v.14, p.145-163, 2004.

KON, T. Effects of the inoculation with vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi on the growth of apple seedlings. **Bulletin of the Aomori Apple Experiment Station**, Aomori. v.28, p.53-73, 1995.

KOSKE, R. E.; GEMMA, J. N. A modified procedure for staining roots to detect VA mycorrhizas. **Mycology Research**, Cambridge, v.92, n.4, p.488-505, 1989.

KUMAR, A.; SHARMA, S.; MISHRA, S. Influence of arbuscular mycorrhizal (AM) fungi and salinity on seedling growth, solute accumulation, and mycorrhizal dependency of *Jatropha curcas* L. **Journal of Plant Growth Regulation**, v.29, n.3, p.297-306, 2010.

LEAL, P. L.; MARTINS, M. A.; RODRIGUES, L. A.; SCHIAVO, J. A. Crescimento de mudas micropropagadas de bananeira micorrizadas em diferentes recipientes. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.27, n.1, p.84-87, 2005.

LEHMANN, A.; RILLIG, M. C.. Arbuscular mycorrhizal contribution to copper, manganese and iron nutrient concentrations in crops – A meta-analysis. **Soil Biology and Biochemistry**, v.81, p.147-158, 2015.

LEKBERG, Y; KOIDE, R. T. Is plant performance limited by abundance of arbuscular mycorrhizal fungi? A meta-analysis of studies published between 1988 and 2003. **New Phytologist**, Hoboken, v.168, p.189-204, 2005.

LIMA, K. B.; MARTINS, M. A.; FREITAS, M. S. M.; OLIVARES, F. L. Fungos micorrízicos arbusculares, bactérias diazotróficas e adubação fosfatada em mudas de mamoeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.33, n.3, p.932-940, 2011.

LINGFEI, L.; ANNA, Y.; ZHIWEI, Z. Seasonality of arbuscular mycorrhizal symbiosis and dark septate endophytes in a grassland site in southwest China. **FEMS Microbiology Ecology**, v.54, p.367-373, 2005.

LINS, G. M. L.; TRINDADE, A. V.; ROCHA, H. S. Utilização de *Gigaspora margarita* em plantas micropropagadas de bananeira em diferentes estádios de enraizamento. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.25, n.1, p.143-147, 2003.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Potafos, 1997. 309p.

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

MEDINA, C. L.; MACHADO, E. C.; GOMES, M. M. A. Stomatal conductance, transpiration and photosynthesis rates in "Valencia" Orange trees submitted to water stress. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Campinas, v.11, n.1, p.29-34, 1999.

MEHROTA, V. S. **Mycorrhizas: role and applications**. New Delhi: Allied Publishers, 2005, 359p.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2ed. Lavras: UFLA, 2002, 626p.

NOE, R.; HAMMERSTEIN, P. Biological markets. **Trends in Ecology e Evolution**, London, v. 10, p. 336-339, 1995.

NOVÁK V.; HAVRILA J. Method to estimate the critical soil water content of limited availability for plants. **Biologia**, v.19, p.289-293, 2006.

OLIVEIRA, D. F. B. **Micorrização aumenta a tolerância de mudas de *Jatropha curcas* L. à salinidade**. 2016. 57p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo.

OLIVEIRA, M. C. O. **Prospecção da diversidade de Fungos Micorrízicos Arbusculares em 2 espécies agrícolas (*Phaseolus vulgaris* L. e *Vicia faba* L.) e 2 espécies nativas (*Teline maderensis* Webb e Berthel e *Genista tenera* (Jacq. Ex**

Murray) Kuntze) da Madeira. 2015. 50p. Dissertação (Mestrado em microbiologia aplicada) – Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.

PEEL, M. C.; FINLAYSON, T. A. MCMAHON. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. **Hydrology and Earth System Sciences** Discussions, European Geosciences Union, v.11, n.5, p.1633-1644, 2007.

PINHEIRO D. G.; STRECK N. A.; RICHTER G. L.; LANGNER J. A.; WINCK J. E. M., UHLMANN L. O , ZANON A. J. Limite crítico de água no solo para transpiração e crescimento foliar em mandioca em dois períodos com deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.38, p.1740-1749, 2014.

PLENCHETTE, C.; FORTIN, J. A.; FURLAN, V. Growth responses of several plant species to mycorrhizae in a soil of moderate P-fertility. **Plant and Soil**, The Hague, v.70, n.2, p.199-209, 1983.

RAIJ, B. Van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: Instituto Agrônomo/Fundação IAC, 1997. 285p.

REIS, A. R.; JUNIOR, E. F.; BUZETTI, S.; ANDREOTTI, M. Diagnóstico da exigência do cafeeiro em nitrogênio pela utilização do medidor portátil de clorofila. **Bragantia**, Campinas, v.65, p.163-171, 2006.

RHEINHEIMER, D. S.; ERNANI, P. R.; SANTOS, J. C. P.; KAMINSKI, J.; KRUNVALD, L. Influência da micorriza no crescimento de *Trifolium riograndense* e na predição da absorção de fósforo por um modelo mecanístico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.21, n.2, p.191–197, 1997.

SAGGIN-JÚNIOR, O. J.; SIQUEIRA, J. O. Avaliação da eficiência simbiótica de fungos endomicorrízicos para o cafeeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.19, n.2, p.221-228, 1995.

SAMARÃO, S. S., MARTINS, M. A. Influência da inoculação com fungos micorrízicos arbusculares associada à aplicação de rutina na produção de mudas de goiabeira (*Psidium guajava* L.). In: FERTBIO, Caxambu, 1998. **Resumos...** Lavras, Universidade Federal de Lavras, p.212, 1998.

SCHIAVO, J. A.; SILVA, C. A.; ROSSET, J. S.; SEGRETTI, M. L.; SOUSA, R. A. C.; 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.

SENA, J. O. A.; LABATE, C. A.; CARDOSO, E. J. B. N. Caracterização fisiológica da redução de crescimento de mudas de citrus micorrizadas em altas doses de fósforo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, n.5, p.827-832, 2004.

SHARIFI, M.; GHORBANLI, M.; EBRAHIMZADEH, H. Improved growth of salinity-stressed soybean after inoculation with salt pre-treated mycorrhizal fungi. **Journal of Plant Physiology**, v.164, n.9, p.1144-1151, 2007.

SHENG, M.; TANG, M.; YANG, B.; ZHANG, F.; HUANG, Y. Influence of arbuscular mycorrhizae on photosynthesis and water status of maize plants under salt stress. **Mycorrhiza**, New York, v.18, n.6-7, p.287-296, 2008.

SILVA JÚNIOR, J. M. T.; MENDES FILHO, P. F.; GOMES, V. F. F.; GUIMARÃES, F. A. V.; SANTOS, E. M. S. Desenvolvimento de meloeiro associado a fungos micorrízicos arbusculares e cultivado em substrato pó de coco. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.5, n.1, p.54-59, 2010.

SILVEIRA, S. V.; SOUZA, P. V. D.; KOLLER, O. C. Influência de fungos micorrízico arbusculares sobre o desenvolvimento vegetativo de porta-enxertos de abacateiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, p.303-309, 2002.

SOARES, A. C. F.; SOUSA, C. S.; GARRIDO, M. S.; LIMA, F. S. Fungos micorrízico no crescimento e nutrição de mudas de jenipapeiro. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.43, n.1, p.47-54, 2012.

STÜRMER, S. L.; SIQUEIRA, J. O. Fungos micorrízicos. In: MOREIRA, F.M.S. (Ed.). **O ecossistema solo**. Lavras: UFLA, 2013. p. 291-310.

TRINDADE, A. V.; LINS, G. M. L.; MAIA, I. C. S. Substratos e fungos micorrízicos arbusculares em mudas micropropagadas de bananeira na fase de aclimação. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.25, n.1, p.137-142, 2003.

TRINDADE, A. V.; SIQUEIRA, J. O.; ALMEIDA, F. P. Eficiência simbiótica de fungos micorrízicos arbusculares em solo não fumigado, para o mamoeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, n.3, p.505-513, 2000.

UEHLEIN, N.; FILESCHI, K.; ECKERT, M.; BIENERT, G. P.; BERTL, A.; KALDENHOFF, R. Arbuscular mycorrhizal symbiosis and plant aquaporin expression. **Phytochemistry**, Netherlands, v.68, p.122-129, 2007.

WERNER, G. D. A.; STRASSMANN, J. E.; IVENS, A. B. F.; ENGELMOER, D. J. P.; VERBRUGGEN, E.; QUELLER, D. C.; NOCE, R.; JOHNSON, N. C.; HAMMERSTEIN, P.; KIERS, E. T. Evolution of microbial markets. **Proceedings of the National Academy of Science of the USA**, Washington, v.111, p.1237-1244, 2014.

WU Y.; HUANG M.; GALLICHAND J. Transpirational response to water availability for winter wheat as affected by soil textures. **Agricultural Water Manage.** v.98, p.569-576, 2011.

ZUCCARINI, P. Mycorrhizal infection ameliorates chlorophyll content and nutrient uptake of lettuce exposed to saline irrigation. **Plant Soil and Environment**, Czech Republic, v.53, n.7, p.283, 2007.

CAPÍTULO II

**Produção de mudas de *Musa* spp. (cv. Grand Naine) com fungos micorrízicos
arbusculares e fósforo: teores de nutrientes**

Produção de mudas de *Musa* spp. (cv. Grand Naine) com fungos micorrízicos arbusculares e fósforo: teores de nutrientes

RESUMO

O crescimento do cultivo da banana vem encontrando obstáculos relacionados à nutrição e muitas vezes têm apresentado baixos níveis de produtividade e qualidade do fruto. A utilização de espécies de fungos micorrízicos (FMAs) na agricultura vem sendo considerada uma das melhores formas para a redução no uso de fertilizantes e corretivos devido aos efeitos benéficos ocasionados as plantas hospedeiras, principalmente no que se refere à absorção de fósforo (P) e outros nutrientes de baixa mobilidade no solo como, cobre (Cu), zinco (Zn), molibdênio (Mo) e ferro (Fe). Objetivou-se com esse trabalho verificar a influência dos FMAs e P sobre os teores foliares de nutrientes em mudas micropropagadas de bananeira. O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados, em arranjo fatorial 5 x 5, sendo os fatores inoculação com os FMAs (*Glomus clarum*, *Gigaspora margarita*, *Gigaspora albida* e *Clareoideoglomus etunicatum* e o controle sem FMAs) e doses de P (0, 50, 100, 200 e 400 mg kg⁻¹). Os FMAs favoreceram os incrementos nas concentrações de nutrientes, variando com a dose de P aplicada e o teor do nutriente em específico. A aplicação de 50 a 100 mg kg⁻¹ de P favorece a maior absorção de nutrientes, principalmente os micronutrientes, por mudas de bananeira inoculadas com FMAs. O aumento das doses de P diminuíram as concentrações foliares de N e manganês (Mn) nas plantas. Ocorre correlação positiva do P disponível no solo com as concentrações de P nas folhas de mudas de bananeira.

PALAVRAS-CHAVE: colonização radicular, nutrição mineral de plantas, macronutrientes, microutrientes

***Musa* spp. (cv. Grand Naine) production seedling with arbuscular mycorrhizal fungi and phosphorus: content nutrients**

ABSTRACT

The growth of *Musa* spp. cultivation has encountered obstacles related to nutrition and have often presented low levels of productivity and fruit quality. The use of mycorrhizal fungi (AMF) species in agriculture has been considered as one of the best ways to reduce the use of fertilizers and correctives due to the beneficial effects of host plants, especially regarding the absorption of phosphorus (P) and other low mobility soil nutrients such as copper (Cu), zinc (Zn), molybdenum (Mo) and iron (Fe). The objective of this work was to verify the influence of the AMF and P on the nutrient foliar contents in *Musa* spp. micropropagated seedlings. The experimental design was a randomized block design, in a 5 x 5 factorial arrangement, with the factors being inoculation with AMF (*Glomus clarum*, *Gigaspora margarita*, *Gigaspora albida* and *Clareoideoglomus etunicatum* and control without FMAs) and P doses (0.50 , 100, 200 and 400 mg kg⁻¹). The AMF favored increases in nutrient concentrations, varying with the applied P dose and the specific nutrient content. The application of 50 to 100 mg kg⁻¹ of P favors the greater absorption of nutrients, mainly micronutrients, by banana seedlings inoculated with AMF. The increase of the P doses decreased the foliar concentrations of N and manganese (Mn) in the plants. There is a positive correlation of P available in the soil with the concentrations of P in the leaves of *Musa* spp. plants.

KEY-WORDS: root colonization, mineral nutrition of plants, phosphorus levels

1. INTRODUÇÃO

A adubação da cultura da bananeira é de fundamental importância, principalmente com potássio (K), nitrogênio (N), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e fósforo (P), elementos requeridos em maiores quantidades pela espécie (ALVES, 1991). Sendo assim, faz-se inferência à inoculação de FMAs, com o intuito de favorecer a disponibilidade de nutrientes por meio dos efeitos benéficos da simbiose, principalmente quando se refere ao P (TRINDADE et al., 2001; SOARES et al., 2012; STÜRMER e SIQUEIRA, 2013).

Os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) favorecem maior suprimento de nutrientes às plantas, por aumentarem a zona de absorção das raízes, através do desenvolvimento de hifas externas que vão além da rizosfera, favorecendo o aporte das plantas (NOVAIS e SMYTH, 1999; GOSS et al., 2017). Os FMAs mantêm simbiose com quase todas as plantas conhecidas, entre estas se destacam espécies florestais e frutíferas brasileiras, que são beneficiadas principalmente pela maior absorção de nutrientes (BERBARA et al., 2006).

Na produção de mudas de bananeira, os FMAs tem proporcionado melhor aclimação (YANO-MELO et al., 1999), maior resistência ao ataque de nematoides (JAIZME-VEJA et al., 1997) e maior crescimento e absorção de nutrientes (SCHIAVO e MARTINS, 2002; GOSS et al., 2017). As plantas micorrizadas apresentam-se mais tolerantes ao estresse do transplântio e têm maior índice de sobrevivência no campo (MIRANDA, 2008).

A utilização de espécies de FMAs na agricultura vem sendo considerada uma das melhores formas para a redução no uso de fertilizantes e corretivos, devido aos efeitos benéficos ocasionados as plantas hospedeiras, principalmente no que se refere à absorção de P (MIRANDA, 2008), e outros nutrientes de baixa mobilidade no solo como cobre (Cu), zinco (Zn), molibdênio (Mo) e ferro (Fe) (MARSCHNER e DELL, 1994), além de aumentar os índices de tolerância a condições de estresses abióticos (FILHO e NOGUEIRA, 2007).

Um dos aspectos de relevância é a relação entre a disponibilidade de P no solo e os FMAs, podendo afetar a eficiência de algumas espécies (PICONE, 2000). Assim, torna-se necessário o conhecimento das doses de P que possibilitem o

desenvolvimento das plantas em associações com diferentes espécies de FMAs (SAGGIN JÚNIOR e SIQUEIRA, 1995; DA RUI, 2015).

Em virtude destes fatos, objetivou-se com este trabalho verificar a influência de diferentes espécies de FMAs e doses de P sobre os teores foliares de nutrientes em mudas de bananeira micropropagadas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido a partir de mudas de bananeira micropropagadas da cultivar Grand Naine, obtidas do Centro Nacional de Pesquisa em Mandioca e Fruticultura de Cruz das Almas – CNPMF/EMBRAPA na Bahia. Foi conduzido durante os meses de fevereiro a junho de 2017, 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, na Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Grande Dourados - UFGD, em Dourados - MS, situada à latitude de 22°11'53.2"S, longitude de 54°56'02.3"W e 400 m de altitude.

O clima característico da região é classificado, segundo Koppen, como do tipo Cfa, subtropical úmido (PEEL et al., 2007). A temperatura média anual do ar é de 22,9°C, com mínima média mensal de 12,3°C em julho e máxima média mensal de 31,7°C em janeiro.

O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados, em arranjo fatorial 5x5, sendo os tratamentos compostos por espécies de fungos micorrízicos arbusculares (*Glomus clarum*, *Gigaspora margarita*, *Gigaspora albida* e *Clareoideoglomus etunicatum*) e o controle (sem FMAs) e doses de P (0, 50, 100, 200 e 400 mg kg⁻¹), com quatro repetições. Cada unidade experimental foi constituída por um vaso contendo 7 dm³ de substrato, com uma planta por vaso.

Os isolados de FMAs, provenientes da coleção do laboratório de matéria orgânica e microbiologia do solo da UEMS, foram multiplicados em associação com *Brachiaria decumbens* em substrato composto por mistura de solo e areia na proporção de 2:1 (v:v), misturado em betoneira e esterilizado em autoclave, por uma vez, a temperatura de 121°C, por uma hora. Os vasos foram mantidos em estufa por um período de quatro meses.

O substrato utilizado no experimento foi constituído por mistura de 2:1 (v:v) de solo e areia. O solo obtido do horizonte subsuperficial, a 30 cm de profundidade na área de repouso da Faculdade de Ciências Agrárias da UFGD, classificado como - Latossolo Vermelho distroférico, com as seguintes características químicas: potencial hidrogeniônico (pH_{H₂O}) = 5,20; P_{Mehlich}⁻¹ = 2,25 mg dm⁻³; alumínio (Al⁺³) = 14,40 mmol_c.dm⁻³; hidrogênio (H⁺) + Al⁺³ = 26,40 mmol_c.dm⁻³; K, Ca⁺² e Mg⁺² = 0,50, 4,30 e

1,60 mmol $\cdot$ dm⁻³, respectivamente; saturação por bases (V%)= 19,53; saturação por alumínio (m%)= 69,23.

O substrato foi esterilizado em autoclave, a 121°C, por uma hora, e, após esterilização, colocado nos vasos. A correção do solo foi realizada com calcário “filler” visando elevar a saturação de bases para 70%, tendo como base a análise dos atributos químicos do solo (BORGES et al., 2004). Para o cálculo da necessidade de corretivo, utilizou-se o método da saturação por bases (RAIJ et al., 1997).

Na incorporação do calcário, o solo de cada vaso juntamente com o calcário foram colocados em saco plástico com capacidade de 20 litros, inflados com ar e agitados ininterruptamente, por um minuto, até a completa mistura. O solo de cada vaso foi mantido próximo à umidade correspondente a capacidade de campo por um período de 30 dias, para que ocorresse a reação do calcário com o solo.

A adubação foi realizada adicionando as doses de P (0, 50, 100, 200 e 400 mg kg⁻¹ de solo) de acordo com cada tratamento, utilizando como fonte o K₂HPO₄ (fosfato dipotássico). Em função das doses crescentes de P, fez-se necessário equilibrar as doses de K, utilizando-se como fonte o cloreto de potássio (KCl) (60% K₂O). Neste processo, o solo de cada vaso novamente foi transferido a sacos plásticos, que foram inflados com ar e agitados até ocorrer completa mistura com os minerais.

A inoculação foi feita no momento do plantio com 50 cm³ de inóculo, sendo este, composto pela mistura de solo, esporos e raízes de *Brachiaria decumbens* colonizadas com FMAs, exceto no tratamento controle. O plantio foi realizado colocando-se uma muda de bananeira em cada vaso. O inóculo foi colocado abaixo da muda, para que as raízes ficassem em contato com o mesmo. Aos 20, 70 e 120 dias após o plantio foi realizada adubação nitrogenada com 0,70 g de N planta⁻¹ (BORGES et al., 2004), tendo como fonte de N a ureia.

Aos 150 DAP, as mudas de cada tratamento foram retiradas dos vasos e o sistema radicular foi separado da parte aérea. As concentrações de N, P, K, Ca, Mg, enxofre (S), Cu, Zn, Fe, manganês (Mn) e boro (B) na parte aérea das mudas (2ª e 3ª folha totalmente aberta) foram determinados após as amostras terem sido secas em estufa de ventilação forçada, a 65°C, por 72 horas (MALAVOLTA et al., 1997).

O material foi pesado e moído, em moinho tipo Willey (peneira de 20 mesh), e armazenado em frascos hermeticamente fechados. Após o material ser submetido à oxidação pela digestão sulfúrica (para determinação de N) e nítrico-perclórica para os demais nutrientes, os teores de N foram determinados pelo método de

Nessler, os de P e S por colorimetria, os de K por fotometria de chama e os de Ca, Mg, Mn, Zn, Cu e Fe por espectrofotometria de absorção atômica. Os teores de B foram apurados por via seca, através do método azometina-H e determinado espectrometricamente (MALAVOLTA et al., 1997).

Amostras do solo/substrato foram retiradas ao final do experimento, aproximadamente 300 g vaso⁻¹, depositadas em sacos plásticos e encaminhadas ao laboratório de análises de solos para análise química e física. Os dados das concentrações de nutrientes nas plantas foram correlacionados com as características químicas do substrato.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância utilizando o aplicativo computacional SISVAR (FERREIRA et al., 2011), sendo o efeito dos tratamentos de FMAs comparados pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade e os efeitos das doses de P submetidos a análise de regressão, sendo expressos ajustes com $R^2 > 0,7$. Para análise de correlação de Pearson entre teores de nutrientes na parte aérea das plantas em função das características químicas do solo, foi utilizado o aplicativo computacional Agroestat (BARBOSA e MALDONADO JUNIOR, 2009).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os fatores FMAs e doses de P apresentaram interação significativa com as concentrações de N, P, K e S (Figura 1). Os teores de N da parte aérea das mudas de bananeira apresentaram variação na dose de 0 mg kg⁻¹ de P na simbiose com *G. albida*, tendo incremento de 18% em relação ao controle, e na dose de 200 mg kg⁻¹ de P, a qual em relação aos demais tratamentos microbiológicos, teve incremento de 40% sobre o tratamento sem fungos micorrízicos arbusculares (SFMA) (Figura 1A).

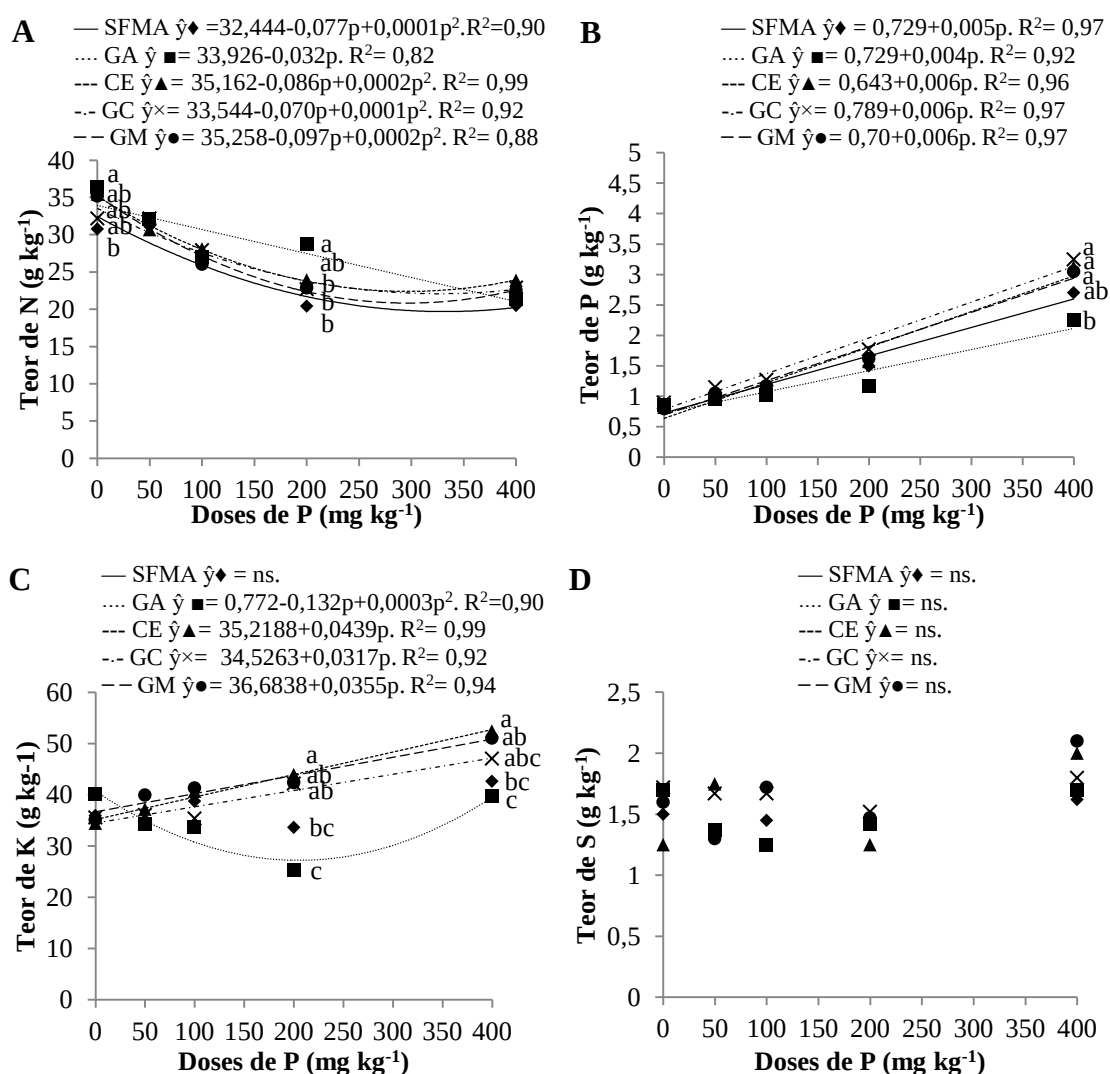


Figura 1. Teores de nutrientes (g kg⁻¹): Nitrogênio (A); Fósforo (B); Potássio (C) e Enxofre (D) da parte aérea de mudas de bananeira inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares, sob doses de P. Dourados-MS, UFGD, 2019. Letras diferentes nos pontos representam as médias que diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. SFMA: sem inoculação; GA: *Gigaspora albida*; CE: *Claroideoglomus etunicatum*; GC: *Glomus clarum*; GM: *Gigaspora margarita*; ns: não significativo.

Segundo George (2000), normalmente, as concentrações de N na parte aérea das plantas não são influenciadas pela associação com FMAs, porém plantas menores tendem a ter maiores teores de N, quando disponível no sistema, fato apresentado neste trabalho, já que as plantas associadas a *G. albida* mostraram-se menos desenvolvidas. Outro aspecto importante deve ser considerado, é que o aumento da área de exploração do solo pela colonização micorrízica através de hifas que vai além do sistema radicular, podendo inferir de forma positiva a absorção de nutrientes pouco móveis no solo (NOVAIS e SMYTH, 1999), além do N.

Com o aumento das doses de P, houve redução nas concentrações de N nas plantas. O tratamento microbiológico com *G. albida* dispôs de declínio linear, sendo que os demais tratamentos apresentaram resposta quadrática mostrando os menores teores numa dose estimada em torno de 300 mg kg^{-1} de P.

No geral, nota-se que os teores de N diminuíram com o aumento das doses de P. Estes fatos podem estar relacionados ao efeito de diluição dos nutrientes na planta, pois uma planta com estrutura maior, submetida às mesmas condições de outras plantas menores, pode ter aumento da distribuição de nutrientes em sua massa seca. Comportamento semelhante foi relatado por Fonseca et al. (1994), onde observaram que a inoculação com *G. clarum* reduziu os teores de K, atribuindo isto ao efeito de diluição, justificado pelo maior crescimento e acúmulo de massa seca.

Os teores de P no tecido vegetal aumentaram linearmente em resposta às doses de P aplicadas (Figura 1B). O teor de P do solo utilizado é muito baixo ($2,25 \text{ mg dm}^{-3}$) (SOUZA e LOBATO, 2004), facilitando com isso a ocorrência de respostas pelas plantas à adição deste nutriente (NAKAYAMA et al., 1998).

Apesar de não apresentarem significância quanto à inoculação com FMAs, o tratamento com *G. clarum* proporcionou acréscimo acima de 13% nos teores de P em comparação ao controle, com exceção da dose 0, e a partir da dose 100 mg kg^{-1} de P, os FMAs *C. etunicatum* e *G. margarita* também favoreceram teores médios de P mais elevados em comparação aos tratamentos com *G. albida* e SFMAs.

Na dose 400 mg kg^{-1} de P, plantas com *G. albida* tiveram os menores teores de P, diferindo dos demais tratamentos microbiológicos com FMAs. Embora o P não esteja classificado entre os macronutrientes mais absorvidos pela bananeira (BORGES e SILVA, 1995), os estudos realizados nesta cultura com a inoculação de FMAs têm mostrado acréscimos na absorção de P por se tratar de um nutriente pouco móvel no solo e fortemente retido aos colóides (DECLERCK et al., 1994; DECLERCK et al.

1995; LEAL et al., 2005), porém nas condições deste trabalho, os teores de P não foram influenciados significativamente pelos FMAs.

Plantas inoculadas com *C. etunicatum* tiveram maiores concentrações de K em comparação a SFMAs e com *G. albida* nas doses de 200 (incremento de 30% e 74%, respectivamente) e 400 mg kg⁻¹ de P (incrementos de 24 % e 32%, respectivamente) (Figura 1C). Embora não tenha diferido do controle, *G. clarum* e *G. margarita* mantiveram a média de acúmulo de K superior ao controle, nestas mesmas doses.

Em função das doses, os tratamentos microbiológicos com *C. etunicatum*, *G. clarum* e *G. margarita* mostraram relação positiva com o aumento das doses de P, e ajuste linear, em contrapartida, a associação com *G. albida* favoreceu o teor de K, principalmente nas doses 0 e 400 mg kg⁻¹ de P, com resposta quadrática, onde o menor teor 27,25 mg kg⁻¹ foi estimado na dose 204 mg kg⁻¹ de P. Apesar deste teor estar baixo em relação aos demais tratamentos, estudos sobre nutrição potássica em bananeira (RODRIGUEZ-GOMÉZ, 1980; SILVA, 1997) indicaram níveis satisfatórios de K variando de 25 a 30 g kg⁻¹ no limbo foliar dessas plantas. Já Borges et al. (2004) trazem como adequado para variedade Grand Naine teores na faixa de 32 a 54 g kg⁻¹. Portanto, nas condições experimentais, esse nutriente apresentou níveis satisfatórios a adequados para as mudas em todos os tratamentos.

Os teores de S não foram influenciados significativamente pelos tratamentos microbiológicos e nem pelas doses de P, as espécies de FMAs *G. clarum* e *G. margarita* proporcionaram as maiores médias de concentração, 1,68 e 1,64 g kg⁻¹ respectivamente, com aumento de 14% e 12% em comparação as plantas SFMAs (Figura 1D). Oliveira (2016) no estudo de *Jatropha curcas* L. em estresse salino com *Rhizophagus intraradices*, *G. albida* e *C. etunicatum* também não obteve efeitos positivos da inoculação sobre os teores foliares de S.

Para uma boa nutrição na bananeira, em especial para variedade Grand Naine, são recomendados teores foliares de S entre 1,6 e 3 g kg⁻¹ (BORGES et al., 2004). Porém níveis de deficiência são observados com teores foliares de S menor que 1 g kg⁻¹ (GODOY, 2006). Desta maneira os teores de S nas plantas de bananeira neste trabalho mantiveram acima do nível marginal, não chegando a expor deficiência.

A interação entre FMAs e doses de P foi significativa para as concentrações foliares de Ca e Mg (Figura 2).

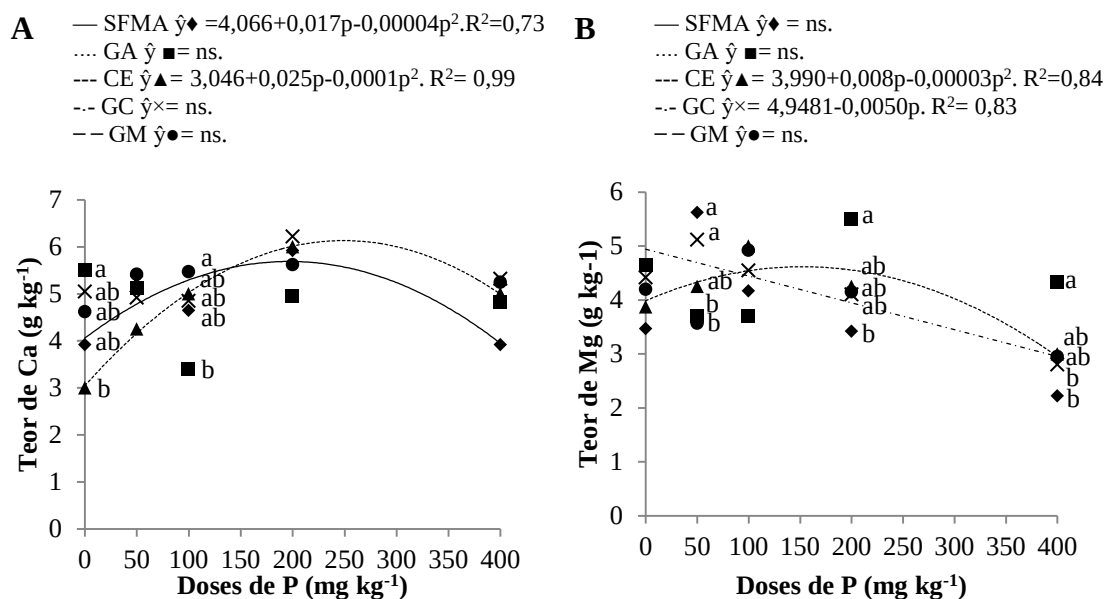


Figura 2. Teor de Cálcio (a) e Magnésio (b) da parte aérea de mudas de bananeira inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares, sob doses de P. Dourados-MS, UFGD, 2019. Letras diferentes nos pontos representam as médias que diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. SFMA: sem inoculação; GM: *Gigaspora margarita*; GA: *Gigaspora albida*; GC: *Glomus clarum*; CE: *Claroideoglomus etunicatum*; ns: não significativo.

Os teores de Ca nas plantas em simbiose com FMAs não foram superiores ao SFMAs, sendo que SFMAs e *C. etunicatum* propiciaram efeito quadrático com aumento das doses de P (Figura 2A). Esse efeito nulo em relação aos FMAs pode estar relacionado à correção do solo com calcário, inibindo a absorção em maiores quantidades destes nutrientes pelos FMAs. Segundo Miranda et al. (2005), a calagem interfere, igualmente, na eficiência de espécies de FMAs, determinando em função da correção da acidez do solo, o fungo micorrízico que favorece, o crescimento da planta hospedeira.

A inoculação com *G. albida* manteve a maior concentração de Ca nas plantas, diferindo daquelas com *C. etunicatum* na dose 0 com 45% de incremento, mas foi desfavorecida na dose 100 mg kg⁻¹ quando comparado a *G. margarita*. Fato semelhante foi verificado no teor Mg (Figura 2B), aonde *G. clarum* favoreceu as concentrações em comparação a inoculação com *G. albida* na dose 100 mg kg⁻¹ (38% de aumento) e, na dose 400 mg kg⁻¹ de P sofreu resposta inversa, a espécie *G. albida* favoreceu em 54% o teor de Mg em comparação ao tratamento com *G. clarum* e em 95% sobre SFMAs. Com a aplicação de 200 mg kg⁻¹ de P, *G. albida* proporcionou um aumento de 61% do teor de Mg em plantas SFMAs.

Plantas SFMAs e com *C. etunicatum* mantiveram efeito quadrático para as doses de P, sendo o melhor ajuste, 5,70 e 6,13 g kg⁻¹ de Ca, observado nas doses de 197 e 248 mg kg⁻¹ de P, respectivamente (Figura 2a). O teor de Mg também apresentou efeito quadrático para doses de P em plantas colonizadas por *C. etunicatum*, tendo melhor ajuste na dose de 183 mg kg⁻¹ de P (1,30 g kg⁻¹ de Mg) (Figura 2b).

Neste trabalho, a resposta nos teores de Ca e Mg foram muito variáveis podendo esse fato estar associado as condições do solo utilizado, desta forma não ficou claro os benefícios das espécies de FMAs avaliadas para absorção destes nutrientes nas condições estudadas.

Chu et al. (2001) em estudo sobre o efeito da inoculação micorrízica em mudas de gravioleira (*Annona muricata* L.) submetidas a solo fumigado, relataram que as concentrações foliares de Ca e Mg foram mais elevados nas plantas com inoculação de *Gigaspora* sp., em relação as plantas com inoculação de *G. margarita* e *Entrophospora colombiana*. Desta forma, as condições do substrato e as espécies de FMAs mantem variação nos teores destes nutrientes nas plantas, sem apresentar deficiência.

Os teores de micronutrientes foram afetados pela associação com FMAs, variando as proporções de maior ou menor média, além da significância, com a espécie e a dose de P (Figura 3). Durante alguns anos, pouco se ressaltava a importância de micorrizas no processo de absorção de micronutrientes pelas plantas (SOARES et al., 2012). Notadamente, em vários trabalhos há relatos com mais frequência da influência positiva da simbiose com diferentes espécies de plantas (SENA et al., 2002; SILVA JÚNIOR et al., 2010; STÜRMER e SIQUEIRA, 2013; LEHMANN e RILLIG, 2015; DEHGHANIAN et al., 2018).

A simbiose com *G. margarita* proporcionou um aumento significativo dos teores de Cu em comparação a todos os demais tratamentos microbiológicos, entre 47% e 75%, indiferente a dose de P aplicada, com uma média acima de 16 mg kg⁻¹ de Cu (Figura 3A). Os teores de Cu não foram influenciados pela aplicação de P ao solo, sendo que os teores na parte aérea das plantas ficaram acima do nível mínimo exigido pela cultura, maior que 6 mg kg⁻¹ (QUAGGIO et al., 1996).

A eficiência dos fungos micorrízicos em absorver Cu é constatada com frequência em diferentes espécies de plantas (CHU et al., 2001; SILVA JÚNIOR et al., 2010; SOARES et al., 2012; TRINDADE et al., 2001), verificando o benefício dos FMAs na absorção deste micronutriente.

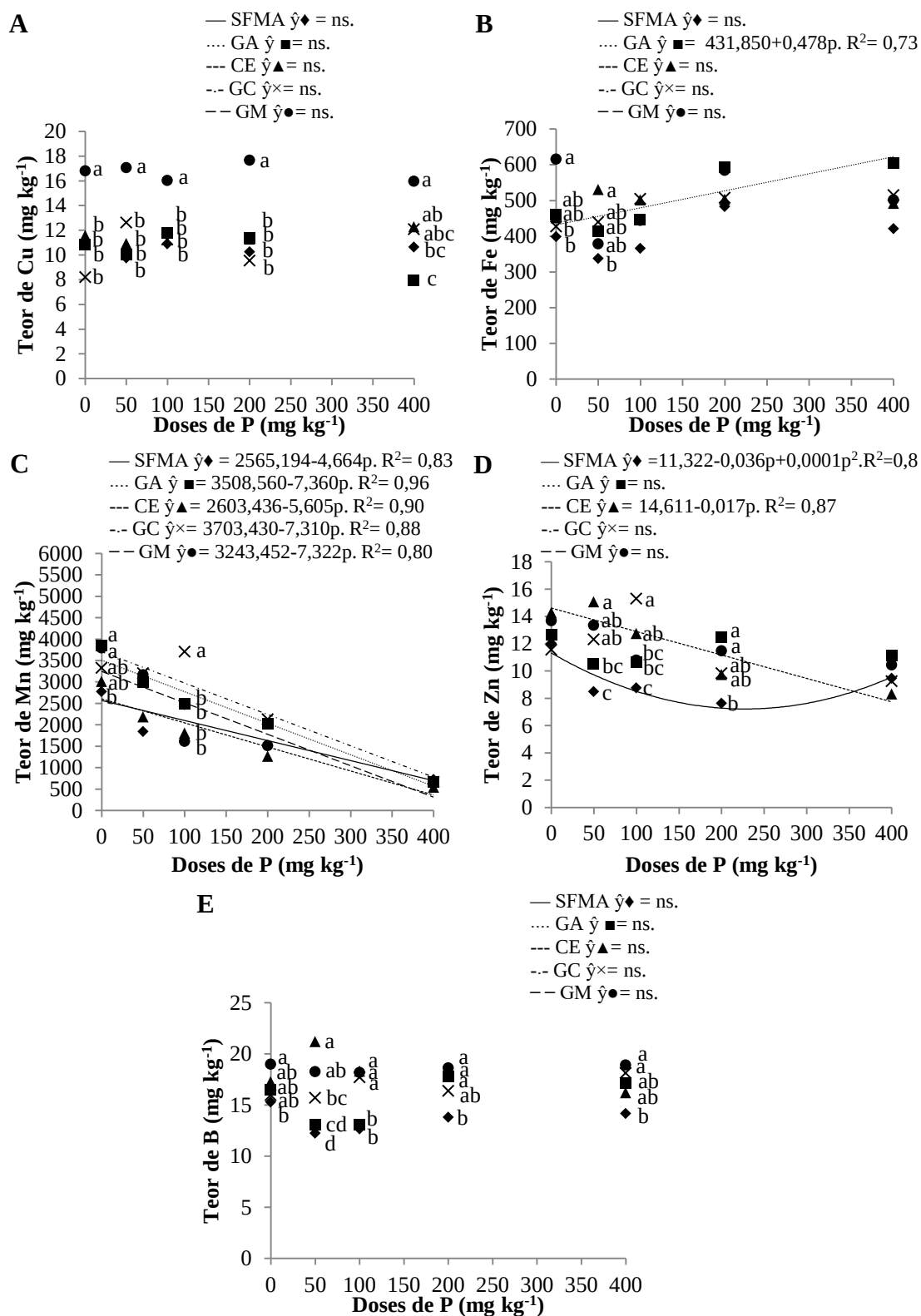


Figura 3. Teor de Cobre (A), Ferro (B), Manganês (C), Zinco (D) e Boro (E) da parte aérea de mudas de bananeira inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares, sob doses de P. Dourados-MS, UFGD, 2019. Letras diferentes nos pontos representam as médias que diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. SFMA: sem inoculação; GM: *Gigaspora margarita*; GA: *Gigaspora albida*; GC: *Glomus clarum*; CE: *Claroideoglomus etunicatum*; ns: não significativo.

Apesar dos tratamentos com FMAs apresentarem médias dos teores de Fe nas plantas mais elevados que o controle (Figura 3B), apenas *G. margarita* na dose 0 e *C. etunicatum* na dose de 50 mg kg⁻¹ de P aplicado favoreceram significativamente, com acréscimo acima de 55% em relação a plantas SFMAs. Em relação às doses de P, apenas o tratamento com *G. albida* foi influenciado, tendo aumento linear positivo com o aumento dos níveis de P no solo. Desta maneira há tendência de mudas de banana micorrizadas com *G. albida*, submetidas a solos com maior nível de P, apresentarem os teores de Fe mais elevados em sua massa seca, até a dose máxima avaliada, 400 mg kg⁻¹ de P.

A espécie de FMAs *G. margarita* também favoreceu os teores de Mn em relação à SFMAs, 72% de incremento, no entanto, somente nas mudas de banana submetidas à dose de 50 mg kg⁻¹ de P (Figura 3C). O mesmo ocorreu nas plantas com *G. clarum* submetidas à dose 50 mg kg⁻¹ de P, com incremento de 74%, e na dose 100 mg kg⁻¹ de P, foi superior a todos os demais tratamentos microbiológicos, com 50% de aumento sobre o controle. Todos os tratamentos mostraram-se influenciados de forma positiva, com ajuste linear em função das doses de P testadas.

Estudos realizados por Dehghanian et al. (2018) com FMAs em solo calcário mostrou maior absorção de Zn, Mn e Fe em plantas de milho, com incrementos de 13%, 66% e 68%, respectivamente, sendo o Zn um nutriente de grande importância principalmente no estabelecimento inicial das plantas.

Os teores de Zn foram favorecidos pela simbiose com FMAs, sendo os efeitos, variável em função das espécies utilizadas e das doses de P (Figura 3D). As espécies *C. etunicatum* e *G. clarum* favoreceram os teores de Zn nas doses de 50 mg kg⁻¹ de P (77%; 45%, respectivamente) e 100 mg kg⁻¹ de P (45%; 75%, respectivamente). A inoculação com *G. margarita* elevou os teores de Zn na dose de 50 e 200 mg kg⁻¹ de P, com incremento acima de 50% sobre o controle. Já o tratamento com *G. albida* proporcionou incremento de 64% na dose 200 mg kg⁻¹ de P.

No tratamento SFMAs, houve ajuste quadrático em função das doses de P aplicadas, observando-se um declínio, com menor teor de Zn na dose estimada de 228 mg kg⁻¹ de P. Plantas associadas a *C. etunicatum* apresentaram um declínio linear nas concentrações de Zn quando submetidas ao aumento das doses de P. Os tratamentos microbiológicos com *G. albida*, *G. clarum* e *G. margarita* mantiveram as concentrações deste micronutriente com menor proporção de variação, não apresentando estatístico.

A eficiência da associação micorrízica no crescimento e na produtividade das culturas está ligada à disponibilidade de nutrientes no solo e à sua absorção pelas plantas. A utilização de diferentes espécies de FMAs nos cultivos pode estimular o crescimento e o desenvolvimento das plantas. Esta simbiose vem sendo considerada uma das melhores formas para a redução no uso de fertilizantes e corretivos, devido aos efeitos benéficos ocasionados as plantas hospedeiras, principalmente no que se refere à absorção de P (CARDOSO et al., 2010) e outros nutrientes de baixa mobilidade no solo, como Cu, Zn, Mo, Fe (CHU et al., 2001; SENA et al., 2002, SILVA JÚNIOR et al., 2010; COOPER, 1984; MARSCHNER e DELL, 1994; STÜRMER e SIQUEIRA, 2013) e Mn (RAVEN et al., 1996).

Indiretamente os FMAs favorecem a mineralização e solubilização de nutrientes na micorrizosfera, com aumentando também os índices de tolerância a condições de estresses abióticos (FILHO e NOGUEIRA, 2007). Desta maneira, possibilita, também, maior aproveitamento dos nutrientes disponíveis, proporcionando as plantas melhor adaptação aos ecossistemas, bem como maior capacidade de adaptação de mudas transplantadas (CLARK e ZETO, 2000; JEFFRIES, 1987; FILHO e NOGUEIRA, 2007).

Os teores de B nas mudas de banana apresentaram maiores médias nos tratamentos com FMAs (Figura 3E). A simbiose com *G. margarita*, indiferente do nível de P presente no solo, favoreceu as concentrações desse micronutriente nas folhas das mudas de bananeiras, com incremento médio sobre o controle de 36%. O fungo *G. clarum* proporcionou maiores teores de B nas doses 50, 100 e 400 mg kg⁻¹ de P, com 29%, 40%, e 28% de aumento em relação ao controle, respectivamente. Já a espécie *C. etunicatum* favoreceu as maiores concentrações de B em relação ao controle nas doses de 50, 100 e 200 mg kg⁻¹ de P, com incremento de 73%, 45% e 31%, respectivamente. A espécie de FMAs *G. albida* proporcionou aumento dos teores de B apenas na dose de 200 mg kg⁻¹ de P, com 29% de incremento.

O efeito das micorrizas no crescimento e desenvolvimento das plantas é predominantemente relacionado à nutrição, sendo esse efeito promovido pela ramificação das hifas e pelo micélio externo que aumenta o volume de solo explorado para as regiões que vão além da rizosfera, aumentando assim a absorção dos nutrientes, principalmente os pouco móveis no solo (BOLAN, 1991; GOSS et al., 2017), com maior frequência o P (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006).

Silva Júnior et al. (2010) constataram que mudas de meloeiro inoculadas com FMAs apresentaram maiores teores de Cu (153,2%), Fe (102,1%), Mn (92,4%) e Zn (82,6%) em relação às mudas controle sem inoculação. Soares et al. (2012) verificaram que as espécies *C. etunicatum*, *Acaulospora scrobiculata* e *G. clarum* são promissoras como inóculo e sua associação micorrízica com mudas de jenipapeiro favoreceu a absorção de nutrientes como N, P, K, Ca, Mg e Cu, mas não apresentou resposta positiva nos teores de Fe e Mn.

Trindade et al. (2001) relatou que a inoculação de mudas de mamoeiro com fungos micorrízicos proporcionou aumento na absorção de P, K e Cu. Já Samarão et al. (2000) relacionou em seu estudo que houve aumento dos conteúdos de P e K na parte aérea de mudas micropropagadas de bananeira.

Os incrementos de micronutrientes nos tratamentos com FMAs neste trabalho pode ser atribuído ao aumento da superfície de absorção das raízes associadas aos fungos micorrízicos, ao aumento do volume de solo explorado (MIRANDA, 2008; BASU et al., 2018) e a relação de afinidade entre a espécie de fungo e a planta hospedeira. A eficiência da associação entre FMA e plantas normalmente é regulada pelas duas espécies micorrízicas em interação com o meio ambiente (COSTA et al., 2001; GOSS et al., 2017).

Fica evidente a importância da utilização dos FMAs na produção de mudas de bananeira, porém, de acordo com Silva Júnior et al. (2012), a eficiência da associação micorrízica e sua intensidade, variam em virtude da relação entre fungo e planta, exigência nutricional da cultura, fertilidade do solo e interação com outros microrganismos.

De tal maneira, a utilização de diferentes espécies isoladas de FMAs resulta em respostas diferenciadas por parte do hospedeiro (CAVALCANTE et al., 2002; SILVA JUNIOR et al., 2010; SOARES et al., 2012). Os resultados obtidos demonstram, a influência dos genótipos dos simbiossantes na eficiência da simbiose, destacando a necessidade de mais estudos sobre a eficiência de espécies micorrízicas no desenvolvimento de mudas de diferentes espécies vegetais, a fim de se conhecer cada fator que afeta essa eficiência simbiótica, os motivos de suas variações e as relações com os FMAs.

Correlacionando os teores de nutrientes foliares às propriedades químicas dos substratos, analisadas ao final do experimento, observou-se forte correlação entre as concentrações de P nas folhas e teores de P (Mehlich) no solo (0,76) (Quadro 1), fato

relacionado ao fornecimento de diferentes doses de P em solo com baixo nível deste elemento (SOUZA e LOBATO, 2004), favorecendo a ocorrência de respostas pelas plantas (NAKAYAMA et al., 1998) e o uso de alternativas que favoreçam sua absorção em cultivos de banana, como os FMAs.

Segundo Borges et al. (2004) os teores adequados de P na parte aérea da bananeira Grand Naine fica em torno de 1,6 a 2,7 g kg⁻¹, assim a forte correlação é evidenciada pelo aumento das doses aplicadas para suprirem essa necessidade.

A correlação com magnitude moderada (0,3 – 0,7) foi observada, de forma positiva, para os teores foliares de P, K e Ca com S no solo; teores de K e S com P (mehlich); teores de N, Mn e Zn com Mn; teor de Mn com B; teores de P e K com P remanescente; teores de P e S com P relativo e; de forma negativa para os teores foliares de N e Mn com pH do solo; teores de N, Mg, Mn e Zn com P (Mehlich); teores de N e Mn com S; teor de S com Fe; teor de P com Mn; teores de N, Mg, Mn e Zn com P remanescente e; teores de N, Mg e Mn com P relativo.

Teores de Cu, Fe e B não apresentaram correlações significativas com as características do substrato, sendo o aumento dos teores desses micronutrientes nas plantas relacionado aos FMAs ou as características da cultura e/ou resposta da planta as condições experimentais submetidas. As demais correlações apresentaram níveis de magnitude de baixo a nulo.

A variação de correlação entre elementos nutricionais na parte aérea de plantas e as condições de solo pode estar diretamente relacionada à interação entre os nutrientes no solo, a disponibilidade em solução do solo ou a adsorção aos colóides e isto varia de acordo com a textura do solo, ao pH e a disponibilidade de matéria orgânica (SOUSA e LOBATO, 2004).

Quadro 1. Coeficientes de correlação de Pearson entre os atributos químicos do solo e as concentrações de nutrientes foliares em mudas micropropagadas de bananeira (*Musa spp.*)

Teores de nutrientes nas plantas	Características químicas do substrato												
	pH	P _{Mehlich} ⁻¹	Ca	Mg	K	S	Cu	Zn	Fe	Mn	B	P-rem	PR
N	-0,36**	-0,56**	0,21*	0,29**	-0,09 ^{ns}	-0,31**	-0,03 ^{ns}	-0,08 ^{ns}	0,20*	0,46**	0,20*	-0,45**	-0,42**
P	0,25*	0,76**	-0,29**	-0,18 ^{ns}	0,24*	0,36**	0,12 ^{ns}	0,02 ^{ns}	-0,26*	-0,44**	-0,22*	0,57**	0,55**
K	0,17 ^{ns}	0,42**	-0,22*	-0,12 ^{ns}	0,18 ^{ns}	0,43**	0,12 ^{ns}	-0,09 ^{ns}	-0,09 ^{ns}	-0,27**	-0,22*	0,44**	0,27**
Ca	0,18 ^{ns}	0,08 ^{ns}	-0,16 ^{ns}	-0,06 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,30**	-0,11 ^{ns}	0,08 ^{ns}	-0,010 ^{ns}	-0,23*	-0,03 ^{ns}	0,21*	-0,04 ^{ns}
Mg	0,05 ^{ns}	-0,43**	0,10 ^{ns}	0,29**	-0,14 ^{ns}	-0,20*	-0,11 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,11 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,14 ^{ns}	-0,31**	-0,31**
S	0,14 ^{ns}	0,40**	-0,03 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,15 ^{ns}	0,15 ^{ns}	-0,01 ^{ns}	-0,13 ^{ns}	-0,30**	-0,20*	0,14 ^{ns}	0,18 ^{ns}	0,30**
Cu	-0,06 ^{ns}	-0,11 ^{ns}	-0,04 ^{ns}	0,11 ^{ns}	0,11 ^{ns}	0,14 ^{ns}	0,13 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,12 ^{ns}	0,07 ^{ns}	-0,09 ^{ns}
Fe	0,16 ^{ns}	0,14 ^{ns}	-0,02 ^{ns}	-0,01 ^{ns}	-0,10 ^{ns}	0,04 ^{ns}	-0,04 ^{ns}	0,12 ^{ns}	0,12 ^{ns}	-0,16 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,29**	0,02 ^{ns}
Mn	-0,52**	-0,66**	0,18 ^{ns}	0,01 ^{ns}	-0,19 ^{ns}	-0,39**	-0,23*	-0,25*	0,05 ^{ns}	0,40**	0,37**	-0,45**	-0,46**
Zn	-0,26*	-0,37**	0,26**	0,22*	-0,09 ^{ns}	-0,26**	0,04 ^{ns}	-0,08 ^{ns}	0,26**	0,35**	0,15 ^{ns}	-0,31**	-0,22*
B	0,01 ^{ns}	0,00 ^{ns}	-0,02 ^{ns}	0,07 ^{ns}	-0,04 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,11 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,19 ^{ns}	-0,05 ^{ns}	-0,01 ^{ns}	0,12 ^{ns}	-0,08 ^{ns}

ns – não significativo; * significativo ao nível de 5% de probabilidade; ** significativo a 1% de probabilidade.

N: nitrogênio; P: fósforo; K: potássio; Ca: cálcio; Mg: magnésio; S: enxofre; Cu: cobre; Fe: ferro; Mn; manganês; Zn: zinco; B: boro; pH: potencial hidrogeniônico em CaCl²; P-rem: fósforo remanescente; PR: fósforo relativo.

4. CONCLUSÕES

Os FMAs favorecem as concentrações foliares de nutrientes nas mudas de bananeira.

A aplicação de 50 a 100 mg kg⁻¹ de P proporciona a maior interação com os FMAs, principalmente para as concentrações foliares de micronutrientes, em mudas de bananeira.

O aumento das doses de P interferem de forma negativa nas concentrações de N e Mn nas plantas de bananeira.

Ocorre correlação positiva do P disponível no solo com os teores de P nas folhas de mudas de bananeira.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, E. J. **A cultura da banana no Brasil e proposições para o seu melhoramento**. Cruz das Almas: EMBRAPA/CNPMPF, 1991, 40p.
- BARBOSA, J. C.; MALDONADO JÚNIOR, W. **Software AgroEstat:Sistema de análises estatísticas de ensaios agrônômicos**. Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Câmpus de Jaboticabal, Brasil, 2009.
- BASU, S., RABARA, R. C.; NEGI, S. A. M. F.: The future prospect for sustainable agriculture. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, v.102, p.36-45, 2018.
- BERBARA, R. L. L.; SOUZA, F. A.; FONSECA, H. M. A. C. Fungos micorrízicos arbusculares: muito além da nutrição. In: FERNANDES, M. S. (Ed.). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. 432p.
- BOLAN, N. S. A critical-review on the role of mycorrhizal fungi in the uptake of phosphorus by plants. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.134, n.2, p.189-207, 1991.
- BORGES, A. L.; SILVA, S. O. Extração de macronutrientes por cultivares de banana. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.17, n.1, p.57-66, 1995.
- BORGES, A. L.; SOUZA, L. S.; TRINDADE, A. V.; TEIXEIRA, A. H. C.; MATOS, A. P.; RITZINGER, C. H. S. P.; ALMEIRA, C. O.; COSTA, D. C.; COSTA, É. L.; ALVES, É. J.; COELHO, E. F.; MATSUURA, F. C. A. U.; SANTOS-SEREJO, J. A.; CARVALHO, J. E. B.; SOUA, J. S.; SANTANA, M. A.; LIMA, M. B.; PEREIRA, M. E. C.; FANCELLI, M.; FOLEGATTI, M. I. S.; MEISSNER FILHO, P. E. **O cultivo da bananeira**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2004. 279p.
- CARDOSO, E. J. B. N.; CARDOSO, I. M.; NOGUEIRA, M. A.; BARETTA, C. R. D. M.; PAULA, A. M. Micorrizas arbusculares na aquisição de nutrientes pelas plantas. In: SIQUEIRA, J. O.; SOUZA, F. A.; CARDOSO, E. J. B. N.; TSAI, S. M. (Ed.). **Micorrizas: 30 anos de pesquisa no Brasil**. Lavras: UFLA, 2010. cap.6, p.153-214.
- CAVALCANTE, U. M. T.; MAIA, L. C.; MELO, A. M. M.; SANTOS, V. F. Influência da densidade de esporos de fungos micorrízicos arbusculares na produção de mudas de maracujazeiro amarelo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.5, p.643-649, 2002.
- CHU, E. Y.; MÖLLER, M. R. F.; CARVALHO, J. G. Efeito da inoculação micorrízica em mudas de graviroleira em solo fumigado e não fumigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36. n. 04, p. 671-680, 2001.
- CLARK, R. B.; ZETO, S. K. Mineral acquisition by arbuscular mycorrhizal plants. **Journal of Plant Nutrition**, v.23, n.7, p.867-902, 2000.
- COOPER, K. M. Physiology of VA mycorrhizal association. In: POWELL, C. L.; BAGYARAJI, D. J. **VA mycorrhiza**, Boca Raton: CRC Press, 1984, p.155-186.

COSTA, C. M. C.; MAIA, L. C.; CAVALCANTE, U. M. T.; NOGUEIRA, R. J. M. C. Influência de fungos micorrízicos arbusculares sobre o crescimento de dois genótipos de aceroleira (*Malpighia emarginata* D.C.). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n.6, p.893-901, 2001.

DA RUI, R. F. **Fungos micorrízicos arbusculares e Fósforo no crescimento e nutrição de mudas de bananeira**. 2015. 62p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Aquidauana.

DECLERCK, S.; DEVOS, B.; DELVAUX, B.; PLENCHETTE, C. Growth response of micropropagated banana plants to VAM inoculation. **Fruits**, Paris, v.49, n.2, p.103-109, 1994.

DECLERCK, S.; PLENCHETTE, C.; STRULLU, D. G. Mycorrhizal dependency of banana (*Musa acuminata*, AAA group) cultivar. **Plant and Soil**, The Hague, v.176, n.1, p.183-187, 1995.

DEHGHANIAN, H.; HALAJNIA, A.; LAKZIAN, A.; ASTARAEI, A. R. The effect of earthworm and arbuscular mycorrhizal fungi on availability and chemical distribution of Zn, Fe and Mn in a calcareous soil. **Applied Soil Ecology**, n.130, p.98-103, 2018.

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

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

FONSECA, E. B. A.; OLIVEIRA, E.; SOUZA, M.; CARVALHO, J. G. Efeitos do fósforo e fungo MVA na nutrição de dois porta-enxertos de citros. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.29, n.12, p.1889-1896, 1994.

GEORGE, E. Nutrient uptake. In: KAPULNIK, Y., DOUDS JR., D. D. **Arbuscular Mycorrhizas: Physiology and Function**, Netherlands, 2000, p.307- 343.

GODOY, L. J. G.; NOMURA, E. S.; MORAES, W. S. **Banana: Nutrição e adubação da cultura da Banana**. Piracicaba: Potafos, n.116, Informações agronômicas, p. 14-19, dez. 2006.

GOSS, M. J.; CARVALHO, M.; BRITO, I. Challenges to Agriculture Systems. In: GOSS, M. J.; CARVALHO, M.; BRITO, I. **Functional Diversity of Mycorrhiza and Sustainable Agriculture**. Editora: Academic Press, 2017, 1. ed., cap.1, p.1–14.

JAIZME-VEGA, M. C.; TENOURY, P.; PINOCHET, J.; JAUMOT, M. Interactions between the root-knot nematode *Meloidogyne incognita* and *Glomus mosseae* in banana. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.196, n.1, p.27-35, 1997.

JEFFRIES, P. Use of mycorrhizae in agriculture. In: **Critical Reviews in Biotechnology**, Cleveland, v.5, p.319-357, 1987.

LEAL, P. L.; MARTINS, M. A.; RODRIGUES, L. A.; SCHIAVO, J. A. Crescimento de mudas micropropagadas de bananeira micorrizadas em diferentes recipientes. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.27, n.1, p.84-87, 2005.

LEHMANN, A.; RILLIG, M. C.. Arbuscular mycorrhizal contribution to copper, manganese and iron nutrient concentrations in crops – A meta-analysis. **Soil Biology and Biochemistry**, v.81, p.147-158, 2015.

LIMA, M. B.; SILVA, S. O.; FERREIRA, C. F. **Banana: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. 2ed. revista e ampliada. Brasília, DF : Embrapa, 2012. 214p. (Coleção 500 perguntas, 500 respostas).

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: Potafos, 1997, 309p.

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

MIRANDA, J. C. C. **Cerrado: Micorriza arbuscular: ocorrência e manejo**. 1ed. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2008, 169p.

MIRANDA, J. C. C.; VILELA, L.; MIRANDA, L. N. Dinâmica e contribuição da micorriza arbuscular em sistemas de produção com rotação de culturas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.40, n.10, p.1005-1014, 2005.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2.ed. Lavras, UFLA, 2006. 626p.

NAKAYAMA, L. H. I.; CACERES, N. T.; ALCARDE, J. C.; MALAVOLTA, E. Eficiência relativa de fontes de fósforo de diferentes solubilidades na cultura do arroz. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.55, n.2, p.183-190, 1998. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-90161998000200003&lng=en&rm=iso>. Acesso em: 04 dez. 2018.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J. **Fósforo em plantas em condições tropicais**. Viçosa: UFV, Departamento de Solos, 1999, 399p.

OLIVEIRA, D. F. B. **Micorrização aumenta a tolerância de mudas de *Jatropha curcas* L. à salinidade**. 2016. 57p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo

PEEL, M. C.; FINLAYSON, T. A. MCMAHON. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. **Hydrology and Earth System Sciences Discussions**, European Geosciences Union, v.11, n.5, p.1633-1644, 2007.

PICONE, C. Diversity and abundance of arbuscular mycorrhizal fungus spores in tropical forest and pasture. **Biotropica**, Ann Arbor , v.32, n.4a, p.734-750, 2000.

QUAGGIO, J. A.; RAIJ, B. van; PIZA JUNIOR, C. T. Frutíferas. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Ed.). **Recomendações de**

adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2ed. Campinas: Instituto Agrônomo, 1996. p. 119-153. (IAC. Boletim Técnico,100).

RAIJ, B. Van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo.** 2.ed. Campinas: Instituto Agrônomo/Fundação IAC, 1997. 285p.

RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Biologia vegetal.** 5ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S.A., 1996. 728p.

RODRIGUEZ-GOMÉZ, M. Estudios preliminares sobre la nutrición com potasio de los bananales en America Central. **Fruits**, Belgica, v.35, p.283-291, 1980.

SAMARÃO, S. S.; MARTINS, M. A.; TEIXEIRA, L. S. Produção de mudas micropropagadas de bananeira (*Musa* sp.) inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.22, n.02, p.2000-2004, 2000.

SAGGIN-JÚNIOR, O. J.; SIQUEIRA, J. O. Avaliação da eficiência simbiótica de fungos endomicorrízicos para o cafeeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.19, n.2, p.221-228, 1995.

SCHIAVO, J. A.; MARTINS, M. A. Produção de mudas de goiabeira (*Psidium guajava* L.) inoculada com fungo micorrízico arbuscular *Glomus clarum*, em substrato agro-industrial¹. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.24, n.2, p.519-523, 2002.

SENA, J. O. A.; LABATE, C. A.; CARDOSO, E. J. B. N. Micronutrient accumulation in mycorrhizal citrus under different phosphorus regimes. **Acta Scientiarum**, Maringa, v.24, n.5, p.1265-1268, 2002.

SILVA JÚNIOR, J. M. T.; MENDES FILHO, P. F.; GOMES, V. F. F.; GUIMARÃES, F. A. V.; SANTOS, E. M. S. Desenvolvimento de meloeiro associado a fungos micorrízicos arbusculares e cultivado em substrato pó de coco. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.5, n.1, p.54-59, 2010.

SILVA JÚNIOR, J. M. T.; MENDES FILHO, P. F.; GOMES, V.F. F.; GUMARÃES, F. V. A.; SANTOS, E. M. dos. Efeito da esterilização do substrato sobre o crescimento de mudas de meloeiro em presença de fungos micorrízicos arbusculares e compostos orgânico. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.25, n.1, p.98-103, 2012.

SILVA, O. **Fertilizantes, corretivos e solos: O tripé das plantas.** Campinas, Instituto Campinense de Ensino Agrícola, 1997. 55p

SOARES, A. C. F.; SOUSA, C. S.; GARRIDO, M. S.; LIMA, F. S. Fungos micorrízico no crescimento e nutrição de mudas de jenipapeiro. **Revista Ciência Agrônoma**, Fortaleza, v.43, n.1, p.47-54, 2012.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação.** Brasília, Embrapa Cerrados, 2004. 416p.

STÜRMER, S. L.; SIQUEIRA, J. O. Fungos micorrízicos. In: MOREIRA, F. M. S. (Ed.). **O ecossistema solo**. Lavras: UFLA, 2013. p. 291-310.

TRINDADE, A. V.; DANTAS, J. L. L.; PINTO, A. F.; SILVA, M. I. C. Estimativa do coeficiente de determinação genotípica em mamoeiros (*Carica papaya* L.) inoculados com fungo micorrízico arbuscular. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.23, n.3, p.607-612, 2001.

YANO-MELO, A. M.; SAGGIN, O. J.; LIMA, J. M.; MELO, N. F.; MAIA, L. C. Effect of arbuscular mycorrhizal fungi on the acclimatization of micropropagated banana plantlets. **Mycorrhiza**, Berlin, v.9, n.2, p.119-123, 1999.

CAPÍTULO III

Produção de mudas de *Myrciaria glomerata* (O. Berg) com fungos micorrízicos arbusculares e fósforo: crescimento e dependência micorrízica

Produção de mudas de *Myrciaria glomerata* (O. Berg) com fungos micorrízicos arbusculares e fósforo: crescimento inicial e dependência micorrízica

RESUMO

Myrciaria glomerata pertence a família Myrtaceae, possui frutos saborosos, apresentando potencial de uso medicinal e na recuperação de áreas degradadas, com mudas florestais e frutíferas tropicais. Assim a associação com fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) podem aumentar a sobrevivência das mudas em áreas de expansão e favorecendo seu cultivo. Objetivou-se neste trabalho, verificar a influência dos FMAs sobre o crescimento de mudas de *M. glomerata* submetidas a doses de fósforo (P). O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados, em arranjo fatorial 5 x 5, sendo os fatores inoculação com os FMAs (*Glomus clarum*, *Gigaspora margarita*, *Gigaspora albida* e *Clareoideoglossum etunicatum* e o controle sem FMAs), e cinco doses de P (0, 25, 50, 100 e 200 mg kg⁻¹), com quatro repetições. As espécies de FMAs *C. etunicatum*, *G. clarum* e *G. albida* favorecem o crescimento e qualidade das mudas de *M. glomerata*. O aumento do P no solo elevou a qualidade das mudas, sendo que a dose de 100 mg kg⁻¹ de P, favoreceu o crescimento e desenvolvimento de mudas de *M. glomerata*. A dependência e eficiência micorrízica variou em função do inóculo e do uso de P, sendo necessários novos estudos para entendimento da relação dos FMAs com esta frutífera.

PALAVRAS-CHAVE: cabeludinha, frutífera nativa tropical, micorrizas, formação de mudas

***Myrciaria glomerata* (O. Berg) production seedling with arbuscular mycorrhizal fungi and phosphorus: initial growth and mycorrhizal dependency**

ABSTRACT

Myrciaria glomerata belongs to the family Myrtaceae, has tasty fruits, presenting potential for medicinal use and in the recovery of degraded areas, with tropical fruit and seedlings. Thus the association with arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) can increase the survival of the seedlings in expansion areas and favor their cultivation. The objective of this work was to verify the influence of AMF on the growth of *M. glomerata* seedlings submitted to phosphorus (P) doses. The experimental design was randomized blocks, in a 5 x 5 factorial arrangement, and the factors were inoculation with AMF (*Glomus clarum*, *Gigaspora margarita*, *Gigaspora albida* and *Clareoideoglossum etunicatum* and control without AMF), and five doses of P (0 , 25, 50, 100 and 200 mg kg⁻¹), with four replicates. AMF species *C. etunicatum*, *G. clarum* and *G. albida* favor growth and quality of *M. glomerata* seedlings. The increase of P in the soil increased the quality of the seedlings, and the dose of 100 mg kg⁻¹ of P favored the growth and development of *M. glomerata* seedlings. The mycorrhizal dependence and efficiency varied according to the inoculum and the use of P, and new studies were necessary to understand the relation of AMF with this fruit.

KEY-WORDS: cabeludinha, native tropical fruit, mycorrhizae, seedling formation

1. INTRODUÇÃO

A *Myrciaria glomerata* (O. Berg) conhecida popularmente como “cabeludinha” ou “jabuticaba-amarela” pertence à família Myrtaceae. Possui frutos saborosos e comestíveis. Tem como sinonímia botânica *Plinia glomerata* (O. Berg) Amshoff, *Eugenia cabelludo* (Kiaersk), *Paramyrciaria glomerata* (O. Berg) Sobral, *Marlierea antrocola* (Kiaersk). A espécie é nativa da Mata Atlântica e encontra-se naturalmente nos estados de Rio de Janeiro, São Paulo e na região sul de Minas Gerais (FLORA DO BRASIL 2020, 2019).

Trata-se de uma frutífera promissora, mas com poucas informações sobre seu cultivo. Alguns estudos com a espécie, afirmam que a cabeludinha possui efeitos terapêuticos, relacionando-se à família botânica, que apresenta espécimes amplamente utilizados como plantas medicinais (FISCHER, 2007; SERAFIN et al., 2007).

Espécies dessa família, especialmente as nativas do Brasil, também possuem frutos comestíveis com alto valor nutritivo, como a goiaba (*Psidium guajava*), jabuticaba (*Myrciaria cauliflora*), pitanga (*Eugenia uniflora* L.), araçá (*Eugenia stipitata*), guabiroba (*Campomanesia xanthocarpa*), cambuci (*Campomanesia phaea*) (JOLY, 2002). Além de terem importância ecológica no que se referem ao repovoamento vegetal, algumas dessas espécies apresentam valor comercial (SILVA et al., 2005).

Houve aumento do interesse pelas espécies nativas brasileiras com aumento também da demanda por mudas florestais e frutíferas tropicais em função do aumento dos problemas ambientais e à necessidade de recuperação de áreas degradadas (CARVALHO FILHO et al., 2003).

Associado a estes fatos, sabe-se que os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) podem aumentar o desenvolvimento de plantas, aumentam a área da superfície da raiz e permitem maior capacidade de absorção de água e nutrientes do solo, com maior taxa de crescimento e sobrevivência (NADEEM et al., 2014; BRITO et al., 2017). Rodrigues et al. (2018) relataram maiores conteúdos de potássio (K) e enxofre (S), além de maior crescimento da parte aérea e de raízes em mudas de *Tectona grandis* L. F. inoculadas com *G. clarum*.

Conforme relatado por Silva Júnior et al. (2010) e Brito et al. (2017) o uso de substratos contendo FMAs, contribui para a formação de mudas com maior

crescimento e melhor estado nutricional. Entre as espécies que respondem a micorrização, ficam em destaque, as espécies florestais e frutíferas brasileiras, sendo beneficiadas principalmente em relação à absorção de fósforo (P) (TRINDADE et al., 2000; CAVALCANTE et al., 2002; BERBARA, et al., 2006; STÜRMER e SIQUEIRA, 2013), além do K, cálcio (Ca) e magnésio (Mg) (BRITO et al., 2017).

As plantas micorrizadas são mais tolerantes ao estresse do transplântio e têm o maior índice de sobrevivência no campo (MIRANDA, 2008). O sucesso da inoculação micorrízica depende das relações entre fungos, plantas e ambiente, que devem ser atenciosamente estudadas, pois as espécies de FMAs atuam diferentemente conforme a planta hospedeira e as condições ambientais (MEHROTA, 2005).

Zangaro et al. (2002) observaram a incidência e a resposta à inoculação micorrízica em 81 espécies nativas da bacia do rio Tibagi, Paraná. Entre elas estão às espécies pertencentes à família Myrtaceae, a pitanga (*Eugenia uniflora* L.) e guabiroba (*Campomanesia xanthocarpa* O. Berg.), as quais mostraram alta resposta à formação de micorrizas, com colonização micorrízica acima de 80%.

A relação entre a disponibilidade de P no solo e os FMAs, pode afetar a eficiência de algumas espécies tornando-se necessário o conhecimento das doses de P que favoreçam o crescimento das plantas em associações com diferentes espécies de FMAs (PICONE, 2000).

Não foram encontrados trabalhos relacionados à FMAs em cabeludinha, tampouco se sabe da influencia da simbiose de fungos micorrízicos no crescimento destas plantas, sendo necessárias pesquisas que demonstre o quanto estes fungos podem influenciar neste processo. Desta forma, a seleção de isolados de fungos é o passo primordial para a seleção de espécies eficientes em promover o crescimento destas plantas, que aos poucos estão se tornando fonte de pesquisa para produção de fármacos e renovação de ecossistemas.

Diante do exposto, este trabalho teve por objetivo verificar a influência de isolados de FMAs e doses de P sobre o crescimento e dependência micorrízica de mudas de cabeludinha.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido a partir de mudas de *M. glomerata*, durante os meses de março de 2017 a março de 2018, 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, na Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Grande Dourados - UFGD, em Dourados - MS, situada à latitude de 22°11'53.2"S, longitude de 54°56'02.3"W e 400 m de altitude.

O clima característico da região é classificado, segundo Koppen, como do tipo Cfa, subtropical úmido (PEEL et al., 2007). A temperatura média anual do ar é de 22,9°C, com mínima média mensal de 12,3°C em julho e máxima média mensal de 31,7°C em janeiro.

Os frutos de *M. glomerata* foram colhidos no pomar (área de Fruticultura) localizado na UFGD no Campus Cidade Universitária. Os frutos foram levados ao laboratório e despulpados manualmente em água corrente. Para a retirada da mucilagem que envolve a semente foi necessário à utilização de uma peneira, e posteriormente as sementes foram secas durante 40 minutos sobre papel toalha em ambiente de laboratório (25 ±1°C e 60% UR). Em seguida as sementes foram mantidas em imersão numa solução aquosa de ácido giberélico (GA₃) (250 mg L⁻¹) por 24h para quebra de dormência (PINTO, 2016). As sementes passaram por um processo de assepsia em hipoclorito de sódio a 2,5% por 5 minutos e depois foram distribuídas em bandejas contendo areia lavada estéril para germinação e emergência. No momento em que as plântulas apresentaram em média 5 cm de altura, foram transplantadas nos vasos, previamente preparados para o experimento.

O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados, em arranjo fatorial 5x5, sendo os tratamentos compostos por espécies de fungos micorrízicos arbusculares (*Glomus clarum*, *Gigaspora margarita*, *Gigaspora albida* e *Clareoideoglomus etunicatum*) e o controle (sem FMAs), e doses de P (0, 25, 50, 100 e 200 mg kg⁻¹), com quatro repetições. Cada unidade experimental foi constituída por um vaso contendo 7 dm³ de substrato, com uma planta por vaso.

Os isolados de FMAs, provenientes da coleção do laboratório de matéria orgânica e microbiologia do solo da UEMS em Aquidauana, MS, foram multiplicados

em associação com *Brachiaria decumbens* em substrato composto por uma mistura de solo e areia na proporção de 2:1 (v:v), misturado em betoneira e esterilizado em autoclave, por uma vez, a uma temperatura de 121°C, por uma hora. Os vasos foram mantidos em estufa por um período de quatro meses.

O substrato utilizado no experimento foi constituído por mistura de 2:1 (v:v) de solo e areia. O solo obtido do horizonte subsuperficial, a 30 cm de profundidade na área de repouso da Faculdade de Ciências Agrárias da UFGD, classificado como - Latossolo Vermelho distroférrico, com as seguintes características químicas: potencial hidrogeniônico ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$) = 5,20; $\text{P}_{\text{Mehlich}^{-1}}$ = 2,25 mg dm^{-3} ; alumínio (Al^{+3}) = 14,40 $\text{mmol}_c.\text{dm}^{-3}$; hidrogênio (H^+)+ Al^{+3} = 26,40 $\text{mmol}_c.\text{dm}^{-3}$; K, Ca^{+2} e Mg^{+2} = 0,50, 4,30 e 1,60 $\text{mmol}_c.\text{dm}^{-3}$, respectivamente; saturação por bases (V%)= 19,53; saturação por alumínio (m%)= 69,23.

O substrato foi esterilizado em autoclave, a 121°C, por uma hora, e, após esterilização, colocado nos vasos. A correção do solo foi realizada com calcário “filler” visando elevar a saturação de bases para 70%, tendo como base a análise dos atributos químicos do solo. Para o cálculo da necessidade de corretivo, utilizou-se o método da saturação por bases (RAIJ et al., 1997).

Na incorporação do calcário, o solo de cada vaso, juntamente com o calcário, foi colocado em saco plástico com capacidade de 20 litros, inflados com ar e agitados ininterruptamente, por um minuto, até a completa mistura. O solo de cada vaso foi mantido próximo à umidade correspondente a capacidade de campo por um período de 30 dias, para que ocorresse a reação do calcário com o solo.

A adubação foi realizada adicionando as doses de P (0, 25, 50, 100 e 200 mg kg^{-1} de solo) de acordo com cada tratamento, utilizando como fonte o K_2HPO_4 (fosfato dipotássico). Em função das doses crescentes de P, fez-se necessário equilibrar as doses de K, utilizando-se como fonte o cloreto de potássio (KCl) (60% K_2O). Neste processo, o solo de cada vaso novamente foi transferido a sacos plásticos, que foram inflados com ar e agitados até ocorrer completa mistura com os minerais.

A inoculação foi feita no momento do plantio com 50 cm^3 de inóculo, sendo este, composto pela mistura de solo, esporos e raízes de *Brachiaria decumbens* colonizadas com FMAs, exceto no tratamento controle. O plantio foi realizado colocando-se uma muda de cabeludinha em cada vaso. O inóculo foi colocado abaixo da muda, para que as raízes ficassem em contato com o mesmo. A cada 120 dias foi

realizada adubação nitrogenada com 0,70 g de N planta⁻¹, tendo como fonte de N a ureia.

O crescimento das mudas foi avaliado com medições periódicas de altura de mudas (cm) e diâmetro do caule (mm) na altura do colo da planta aos 60, 120, 180, 240, 300 e 360 dias após plantio - DAP. Aos 360 DAP, as mudas de cada tratamento foram retiradas dos vasos e o sistema radicular separado da parte aérea. Após lavagem, subamostras de 2 cm de comprimento de raízes foram coletadas e conservadas em etanol a 50%, para posterior determinação da colonização micorrízica, pelo método da interseção em placa de Petri reticulada (GIOVANNETTI e MOSSE, 1980), após a coloração das raízes com azul de metila (KOSKE e GEMMA, 1989). A parte aérea e raízes das plantas foram secas separadamente, em estufa de ventilação forçada, a 65°C, por 72 horas (MALAVOLTA et al., 1997).

Foi avaliado também:

- índice de qualidade de Dickson (IQD), segundo a equação proposta por Dickson et al. (1960):
$$IQD = MST / (H / DC + MSPA / MSR);$$
- dependência micorrízica (DM) segundo a equação proposta por Plenchete et al. (1983):
$$DM = ((MSM - MSN) / MSM) \times 100;$$
- eficiência micorrízica (EM)) segundo a equação proposta por Plenchete et al. (1983):
$$EM = ((MSM - MSN) / MSN) \times 100.$$

Onde, MST = Massa seca total, H = Altura da parte aérea, DC = Diâmetro do colo, MSPA = Massa seca da parte aérea, MSR = Massa seca de raiz, MSM: Massa seca de mudas micorrizadas e MSN: Massa seca de mudas não micorrizadas.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância utilizando o aplicativo computacional SISVAR (FERREIRA et al., 2011), sendo o efeito dos tratamentos de FMAs comparados pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade e os efeitos das doses de P submetidos à análise de regressão, sendo expressos ajustes com $R^2 > 0,7$.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A colonização micorrízica apresentou interação significativa entre os fatores FMAs e doses de P (Figura 1). Todos os tratamentos microbiológicos com FMAs apresentaram colonização, diferindo pelo teste de médias apenas do controle SFMAs (Figura 1). Os tratamentos com *C. etunicatum* e *G. margarita* apresentaram ajuste de regressão quadrático, sendo estimado a menor colonização com 184 e 145 mg kg⁻¹ de P, respectivamente. Normalmente as doses de P reduzem a taxa de colonização micorrízica, mas isso depende muito dos níveis de P, do inóculo e até mesmo da espécie de planta que está sendo avaliada (CHAGNON et al., 2013; DA RUI, 2015). Por se tratar de uma espécie de planta nativa da Mata Atlântica, provavelmente houve uma boa interação da cabeludinha com o aumento das doses de P e os FMAs, favorecendo a colonização micorrízica.

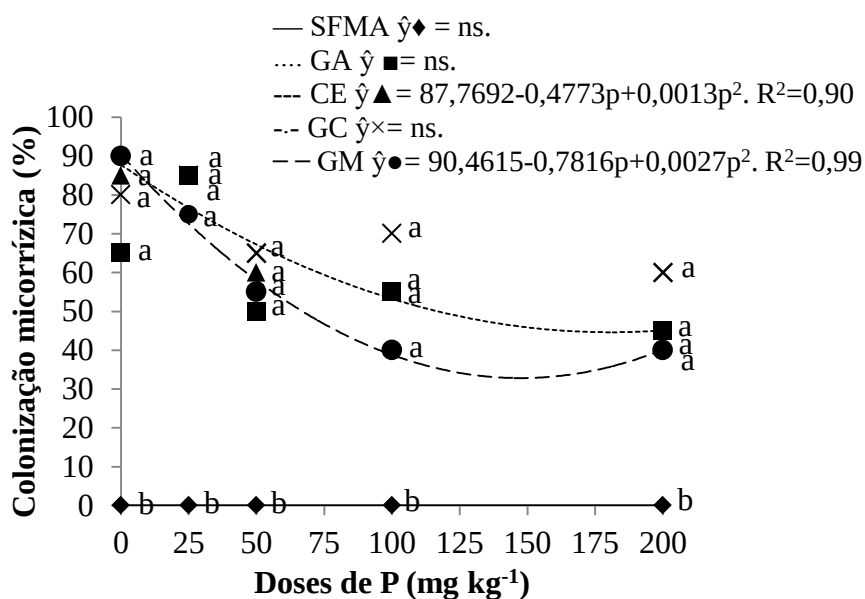


Figura 1. Colonização micorrízica (%) em mudas de *Myrciaria glomerata* (O. Berg.) inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares, sob doses de fósforo. Dourados-MS, UFGD, 2019. Letras diferentes nas barras representam as médias que diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. SFMA: sem inoculação; GA: *Gigaspora albida*; CE: *Claroideoglomus etunicatum*; GC: *Glomus clarum*; GM: *Gigaspora margarita*; ns: não significativo.

Nem sempre a percentagem de colonização micorrízica é uma característica apropriada para se definir o efeito que o endófito causa no crescimento da planta

hospedeira (DA RUI, 2015). Existem casos que em 5% de colonização já foi o suficiente para o bom desenvolvimento (KARANIKI et al., 2008) e em outros casos, altas colonizações não proporcionaram nenhum efeito positivo (TRINDADE et al., 2003), sendo que os efeitos da micorrização variam com o inóculo e a planta hospedeira (DA RUI, 2015). A relação entre colonização e fósforo no solo é complexa (KOIDE e LI, 1990; GUPTA et al., 2002; LINGFEI et al., 2005), porém, estas informações podem favorecer o maior entendimento da complexidade que conduz a interação planta hospedeira e FMA.

Conforme relatado por Lekberg e Koide (2005), a abundância de FMAs no solo mantém suas funções nas plantas hospedeiras. De tal maneira, a inoculação de FMAs exóticos, em mudas de plantas hospedeiras levadas a campo, eleva as taxas micorrízicas quando as espécies nativas de FMAs estão em quantidade e qualidade inadequadas (KOIDE e MOOSE, 2004).

A colonização, dentre as características avaliadas, mostra a adaptação dos inóculos de FMAs a diferentes tipos de solo e a espécie de planta hospedeira avaliada. Neste estudo, as espécies utilizadas colonizaram as raízes de cabeludinha, com índices acima de 40%, mantendo boa relação e adaptabilidade as condições propostas.

A interação entre FMAs e doses de P foi significativa para os caracteres de crescimento: altura de plantas e diâmetro do pseudocaule (Figura 2 e 3).

A altura de plantas foi influenciada pela simbiose com FMAs (Figuras 2). A espécie de FMAs *C. etunicatum*, na dose de 25 mg kg⁻¹ de P, favoreceu o crescimento das plantas até os 120 DAP e na dose 50 mg kg⁻¹ de P proporcionou os maiores resultados, porém diferindo apenas do tratamento com *G. margarita*, com 64% de incremento (Figura 2B).

O inóculo *C. etunicatum* favoreceu a altura de plantas sobre o controle, chegando aos 360 DAP com incrementos de 56%, 17% e 41% nas doses de 0, 25 e 50 mg kg⁻¹ de P, respectivamente (Figura 2F). Apesar de não apresentar significância pelo teste de médias, este inóculo pode ser uma alternativa para aumentar a qualidade das mudas em condições de subdosagens de P.

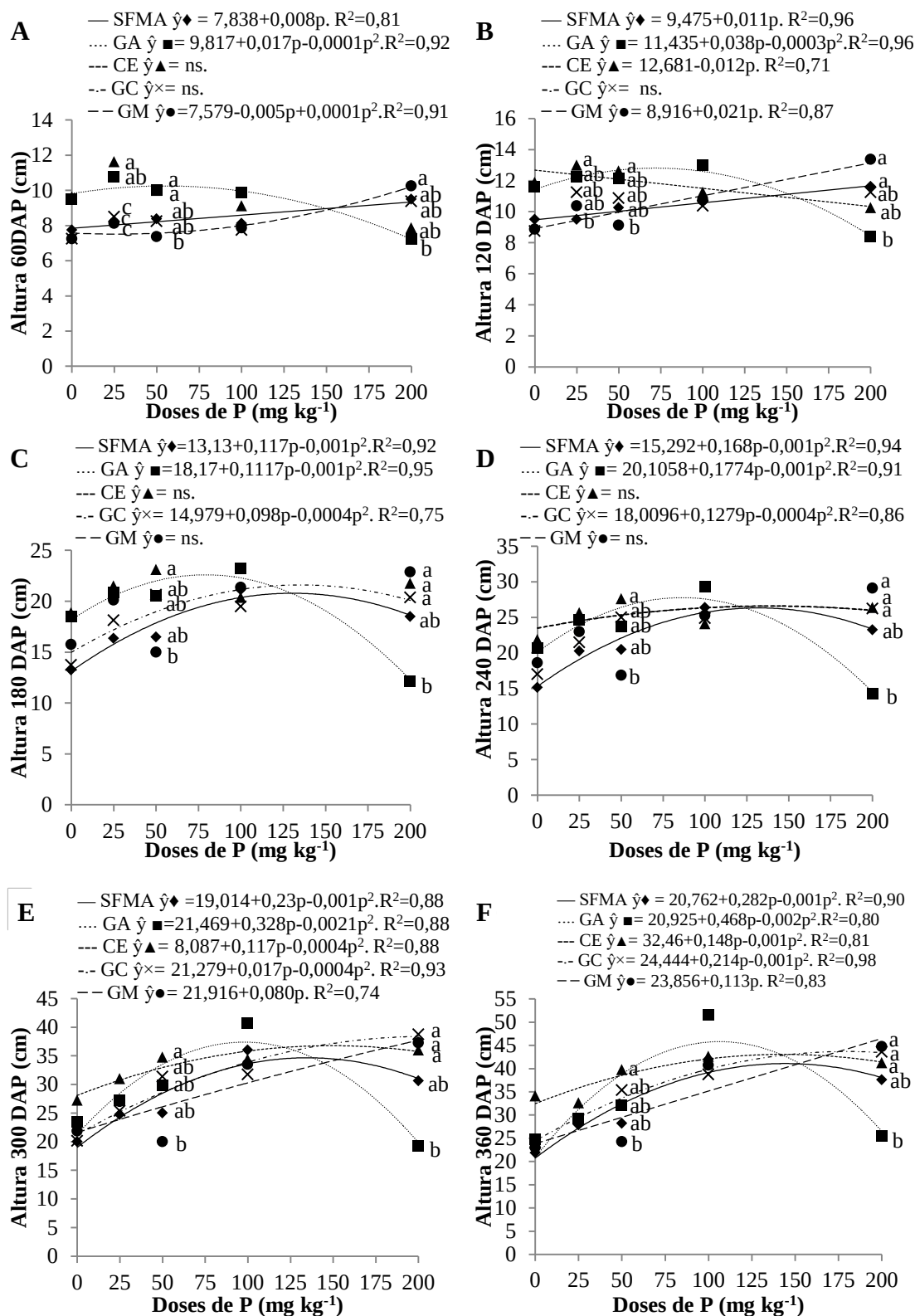


Figura 2. Altura de mudas de *Myrciaria glomerata* (O. Berg.) (cm), aos 60 dias após plantio (DAP) (A); 120 DAP (B); 180 DAP (C); 240 DAP (D), 300 DAP (E); 360 DAP (F) inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares, sob doses de fósforo (P). Dourados-MS, UFGD, 2019. Letras diferentes nos pontos representam as médias que diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. SFMA: sem inoculação; GA: *Gigaspora albida*; CE: *Claroideoglomus etunicatum*; GC: *Glomus clarum*; GM: *Gigaspora margarita*; ns: não significativo.

Na dose de 200 mg kg⁻¹ de P, o fungo *G. albida* não favoreceu o crescimento das plantas, mantendo a menor média de altura de plantas em todas as épocas avaliadas (Figura 2). Apesar de não diferir, o controle proporcionou incremento de 68% em relação a esta espécie de FMA. Porém, com a aplicação de 100 mg kg⁻¹ de P, as plantas colonizadas por *G. albida* tiveram maior crescimento médio, chegando a 51,6 cm de altura aos 360 DAP (Figura 2F).

A altura das mudas inoculadas com *G. albida* foi favorecida com a dose média de 88 mg kg⁻¹ de P, estimada pelo ajuste de regressão quadrático ao longo do seu crescimento e desenvolvimento (Figuras 2).

Aos 60 DAP, houve ajuste de crescimento linear nas mudas SFMA com o aumento do P aplicado (Figura 2A). As plantas com *G. albida* e *G. margarita* mostraram uma resposta quadrática a aplicação do P, sendo que as mudas com *G. albida* tiveram maior crescimento inicial (60 DAP), com a dose estimada de 84,5 mg kg⁻¹ de P. Já as plantas com *G. margarita* tiveram menor crescimento com dose estimada de 24 mg kg⁻¹ de P, alcançando maior altura com dose de 200 mg kg⁻¹ de P.

Na avaliação aos 120 DAP, as mudas SFMA e com a presença de *C. etunicatum* e *G. margarita* foram favorecidas com o aumento das doses de P (Figura 2B). Aos 180 e 240 DAP, os tratamentos com *C. etunicatum* e *G. margarita* não apresentaram ajuste de crescimento em função das doses de P (Figuras 2C e 2D).

Aos 300 e 360 DAP, plantas com *G. margarita* apresentaram crescimento linear em função das doses de P (Figura 2E e 2F). Os demais tratamentos se dispuseram em ajuste quadrático, sendo o melhor aproveitamento do P obtido com as plantas colonizadas por *G. albida*. Estas espécies favoreceram redução de 25% no P aplicado e ganho em altura de 13%, comparando-se as plantas controle pelo ajuste de regressão.

Mudas de espécies florestais nativas devem apresentar altura entre 20 e 35 cm para obter sucesso no plantio a campo (SCREMIN-DIAS et al., 2006). Tomando-se esse parâmetro como base, as mudas dos tratamentos com FMAs, a partir dos 180 DAP já poderiam ser levadas a campo, variando com as doses de P. Porém, para o melhor entendimento do efeito dos FMAs no crescimento das plantas, estas foram mantidas em estufa por um período maior.

O diâmetro do caule das mudas de cabeludinha não foram favorecidos, de forma significativa, pela inoculação com as espécies de FMAs em relação ao controle (Figuras 3), com exceção da simbiose com *G. albida* na dose 100 mg kg⁻¹ de P aos 360 DAP, que proporcionou 26% de incremento (Figura 3F).

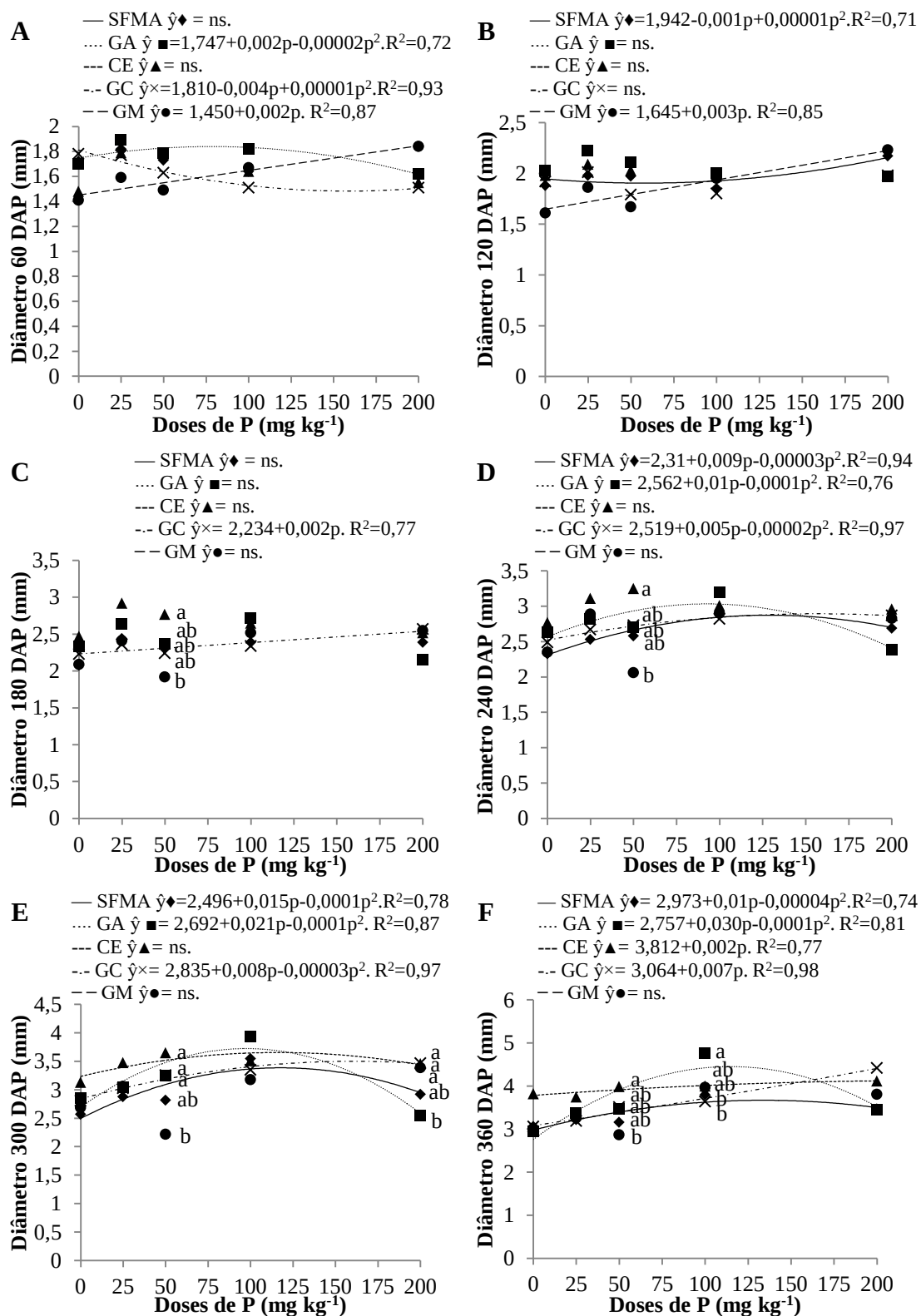


Figura 3. Diâmetro do caule de mudas de *Myrciaria glomerata* (O. Berg.) (mm), aos 60 dias após plantio (DAP) (A); 120 DAP (B); 180 DAP (C); 240 DAP (D); 300 DAP (E) e 360 DAP (F), inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares, sob doses de P. Dourados-MS, UFGD, 2019. Letras diferentes nos pontos representam as médias que diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. SFMA: sem inoculação; GA: *Gigaspora albida*; CE: *Claroideoglomus etunicatum*; GC: *Glomus clarum*; GM: *Gigaspora margarita*; ns: não significativo.

Segundo Souza et al. (2009), a ausência ou baixa resposta à inoculação micorrízica na variável diâmetro do colo pode estar relacionada aos substratos com alta quantidade de nutrientes, causando supressão da colonização das raízes, como foi verificado em seu trabalho com pimenta rosa (*Schinus terebinthifolius* Raddi). No presente trabalho, com *M. glomerata*, esta baixa resposta no diâmetro pode estar relacionado à adaptação da espécie ao baixo nível de P no solo, podendo-se desenvolver, mesmo que de forma mais lenta, em condições adversas.

Na dose de 50 mg kg⁻¹ de P, o fungo *G. margarita* manteve a menor média de diâmetro do caule, com significância na avaliação dos 240, 300 e 360 DAP em relação as plantas em simbiose com *C. etunicatum* (Figuras 3D, 3E e 3F).

A simbiose com *G. albida* foi desfavorecida na dose 200 mg kg⁻¹ de P. Aos 300 DAP apresentou diferença negativa em comparação aos demais tratamentos com FMAs (Figura 3E). Já o tratamento com *C. etunicatum*, apesar de não significativo, maior valor em relação ao controle, chegando aos 360 DAP com 26% de incremento no diâmetro do caule das mudas (Figura 3F).

Para o diâmetro do caule até os 60 DAP, houve ajuste quadrático nos tratamentos *G. albida* e *C. etunicatum* para crescimento em função das doses de P (Figura 3A). Já as plantas com *G. margarita* mantiveram crescimento com ajuste linear aos 60 e 120 DAP (Figuras 3A e 3B). O mesmo ocorreu para os tratamentos com *G. clarum* (180 e 360 DAP) e *C. etunicatum* (360 DAP) (Figuras 3C e 3F).

Aos 240 e 300 DAP, as plantas SFMAs e com a presença de FMAs *G. albida* e *G. clarum* apresentaram comportamento quadrático, sendo a melhor relação obtida no tratamento *G. albida* (Figuras 3D e 3E). Aos 360 DAP, houve ajuste linear nas plantas colonizadas por *C. etunicatum* e *G. clarum* (Figura 3F). Em simbiose com *G. albida* e no controle, o melhor ajuste foi quadrático, sendo que, com 148 mg kg⁻¹ de P as plantas em simbiose com *C. etunicatum* apresentam diâmetro médio de 4,93 mm.

Em estudo realizado por Dalanhol (2013) durante 180 dias, com as espécies *E. uniflora* e *C. xanthocarpa*, não se constatou influência da inoculação micorrízica (inóculo comercial contendo *Glomus brasilianum*, *Glomus deserticola*, *Glomus intraradices*, *Glomus monosporus* e *Glomus mosseae*, *G. margarita* e *G. clarum*) no crescimento das mudas, acreditando-se que os fungos do inóculo não estavam apresentando compatibilidade simbiótica com as espécies, possivelmente devido ao alto nível de P dos substratos.

De acordo com Silva et al. (2006) algumas plantas necessitam mais de seis meses no viveiro para estabelecer uma simbiose efetiva, e observaram também que, a aplicação de FMAs não reduz o tempo de viveiro e nem aumenta o crescimento das mudas, fatos em parte observados nesse trabalho.

Para a variável massa seca das raízes, massa seca da parte aérea e massa seca total das mudas de *M. glomerata*, foram observadas interações significativas entre os fatores FMAs e doses de P (Figura 4).

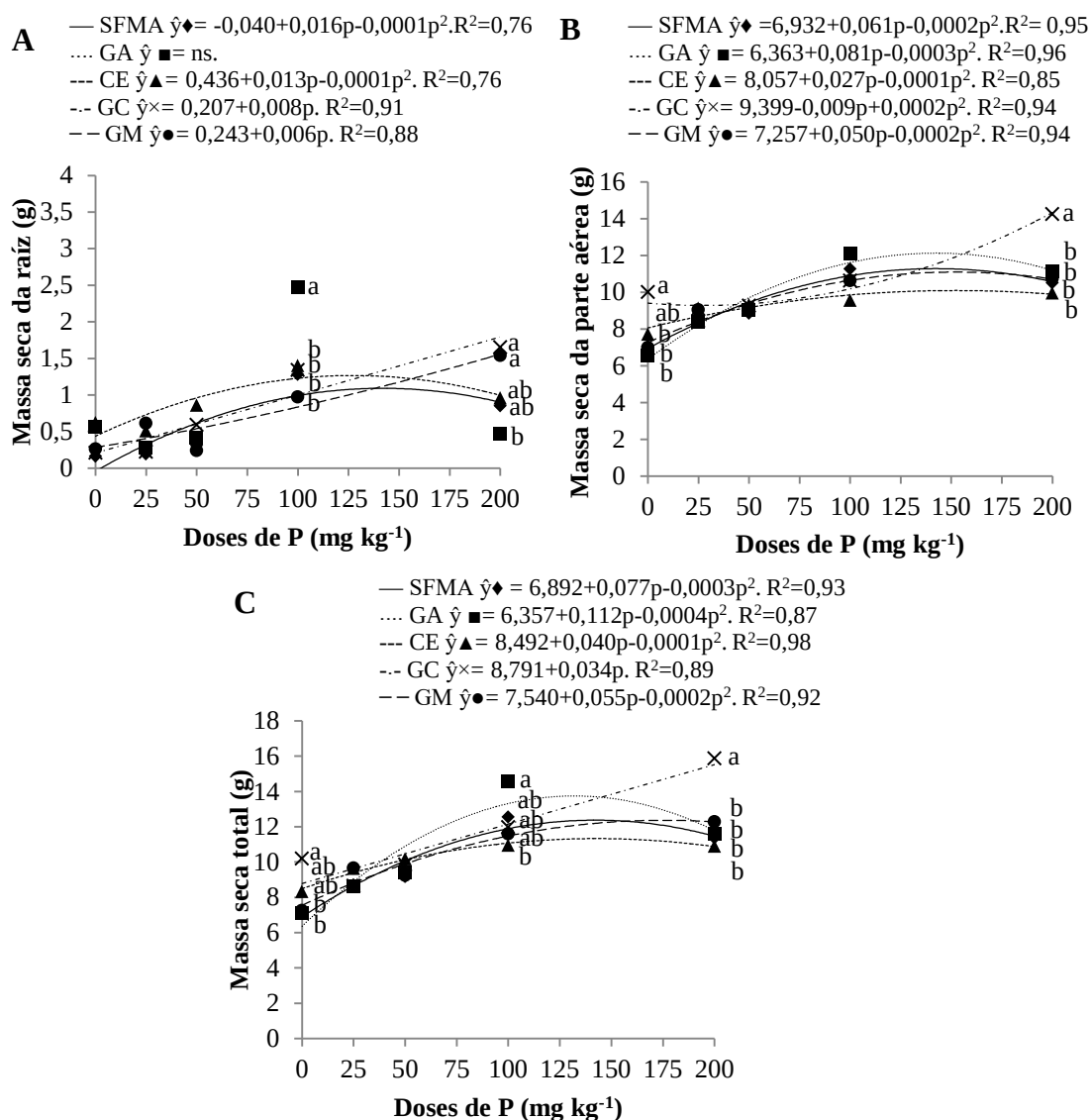


Figura 4. Massa seca das raízes ($g\ planta^{-1}$) (A); massa seca da parte aérea ($g\ planta^{-1}$) (B) e massa seca total ($g\ planta^{-1}$) (C) de mudas de *Myrciaria glomerata* (O. Berg.) inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares, sob doses de P. Dourados-MS, UFGD, 2019. Letras diferentes nos pontos representam as médias que diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. SFMA: sem inoculação; GA: *Gigaspora albida*; CE: *Claroideoglomus etunicatum*; GC: *Glomus clarum*; GM: *Gigaspora margarita*; ns: não significativo.

Para a massa seca das plantas, tratamentos com FMAs favoreceram a maior massa seca das raízes de mudas de *M. glomerata*, porém apenas a espécie de FMAs *G. albida*, na dose de 100 mg kg⁻¹ de P, proporcionou efeito significativo sobre o controle, com aumento de 93% da massa das raízes (Figura 4A). Este inóculo manteve a maior massa seca das raízes nesta dose, chegando a 2,47g planta⁻¹.

A colonização com *G. clarum* e *G. margarita*, na maior dose aplicada, proporcionou o aumento da massa seca das raízes sobre as plantas com *G. albida* (259% e 235%, respectivamente) e, apesar de não apresentar significância, estes mesmos inóculos favoreceram um aumento de 94% e 81%, simultaneamente sobre as plantas SFMA.

Na massa seca das raízes, as plantas com *G. clarum* e *G. margarita* mantiveram ajuste linear em função das doses de P (1,65 g e 1,54 g planta⁻¹). Ajuste quadrático foi obtido nos tratamentos com *C. etunicatum* e SFMAs, sendo os maiores resultados observados com doses de 65,5 e 80 mg kg⁻¹ de P (0,87 g e 0,60 g planta⁻¹, respectivamente).

A massa seca da parte aérea da mudas de *M. glomerata* foi influenciada pela micorrização com *G. clarum* na dose 0 mg kg⁻¹ de P, com aumento de 42%, 43% e 53%, sobre os tratamentos SFMAs, *G. margarita* e *G. albida*, respectivamente (Figura 4B). Na dose de 200 mg kg⁻¹ de P o fungo *G. clarum* também se destacou, proporcionando ganhos significativos em relação a todos os demais tratamentos microbiológicos, com 36%, 28%, 43% e 33% de incremento em relação a SFMAs, *G. albida*, *C. etunicatum* e *G. margarita*.

Todos os tratamentos microbiológicos permitiram um ajuste quadrático para massa seca da parte aérea em função das doses de P. A colonização por *G. clarum* na dose 200 mg kg⁻¹ de P permitiu o maior ganho de massa seca da parte aérea (14,24 g planta⁻¹), com maior aproveitamento do P aplicado. O mesmo ocorreu na colonização com *G. albida*, onde o melhor ajuste ocorreu na dose estimada de 133 mg kg⁻¹ de P, alcançando 11,70 g planta⁻¹ de massa seca da parte aérea.

Para massa seca total, o fungo *G. clarum* favoreceu, em relação ao controle, o aumento nas plantas submetidas à dose de 0 e 200 mg kg⁻¹ de P (42% e 40% de incrementos, respectivamente) (Figura 4C). A colonização por *G. albida* desfavoreceu o ganho de massa seca total na dose 0 de P (redução de 53%) em comparação a plantas com *G. clarum*. A micorrização com *G. clarum*, na dose 200 mg kg⁻¹ de P,

proporcionou média de massa seca significativamente maior que os demais tratamentos, com incrementos de 40%, 37%, 46% e 29%, em relação a SFMAs e com FMAs *G. albida*, *C. etunicatum* e *G. margarita*, respectivamente.

Na dose de 100 mg kg⁻¹ de P, o inóculo *G. albida* elevou a massa seca total, com aumento de 33% sobre plantas com *C. etunicatum*. A espécie *C. etunicatum* se mostrou pouco favorável a produção de mudas de cabeludinha partir dos 100 mg kg⁻¹ de P, porém manteve maiores médias na massa seca das raízes nas doses 0, 25 e 50 mg kg⁻¹ de P.

Apenas o tratamento com *G. clarum* favoreceu um ajuste linear na massa seca total em função do P aplicado, chegando a 15,88 g planta⁻¹, maior ganho obtido entre os tratamentos. A associação com *G. albida* também mostra uma boa correlação com o aumento da massa seca total, podendo ser obtido, com dose de 140 mg kg⁻¹ de P, 14,20 g planta⁻¹, dose estimada pelo ajuste de regressão quadrático.

O inóculo *G. clarum* mostrou-se propício ao ganho de massa seca de mudas de *M. glomerata*, podendo favorecer as plantas na ocasião de transplântio a campo e até mesmo as condições adversas nos viveiros de multiplicação, com doses de P muito baixas (0 mg kg⁻¹ aplicado) ou relativamente altas (200 mg kg⁻¹ aplicado). O fungo *G. albida* é uma espécie que se mostrou mais limitada ao P no solo, mostrando resultados positivos com dose em torno de 100 mg kg⁻¹ de P, favorecendo principalmente a massa seca das raízes.

A inoculação de mudas florestais nativas e frutíferas com FMAs pode otimizar a obtenção de nutrientes pelas plantas, em especial o P, reduzindo o uso de adubo, com menor custo na produção de mudas. Notadamente, a eficiência simbiótica pode ser comprometida se o nível de fósforo for muito baixo na solução do solo (SOUZA e SILVA, 1996). Desta maneira, mesmo inoculando as mudas, é necessário a aplicação de doses de adubo fosfatado no processo de produção das mudas e no plantio no campo (SOUZA et al., 2009).

A interação entre FMAs e doses de P favoreceu significativamente o IQD em mudas de *M. glomerata* (Figura 5). Com o aumento da disponibilidade de P no solo, plantas com *G. clarum* e *G. margarita* apresentaram IQD linear em função das doses de P (Figura 5). Ajuste quadrático foi obtido com o tratamento controle e com *C. etunicatum*.

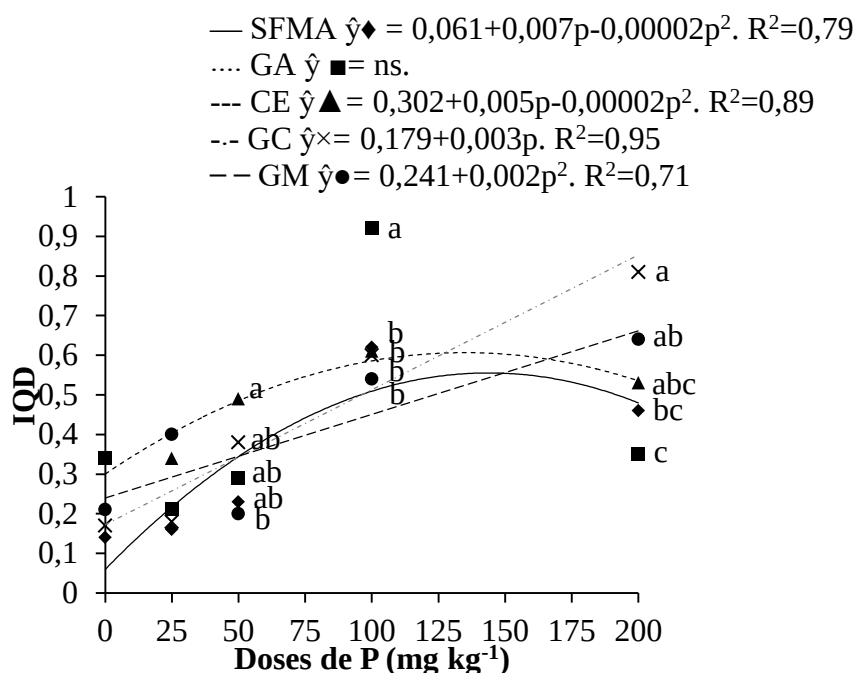


Figura 5. Índice de qualidade de Dickson (DICKSON et al., 1960) em mudas de *Myrciaria glomerata* (O. Berg.) inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares, sob doses de fósforo. Dourados-MS, UFGD, 2019. Letras diferentes nos pontos representam as médias que diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. SFMA: sem inoculação; GA: *Gigaspora albida*; CE: *Claroideoglomus etunicatum*; GC: *Glomus clarum*; GM: *Gigaspora margarita*; ns: não significativo.

Na dose 0 de P, plantas com FMAs apresentaram qualidade igual ou superior as plantas SFMAs submetidas a dose de 25 mg kg⁻¹ de P. O mesmo ocorreu nas plantas com *G. margarita* e *C. etunicatum* submetidas a dose de 25 mg kg⁻¹ de P, apresentando qualidade superior as mudas SFMAs submetidas a dose 50 mg kg⁻¹ de P.

Plantas colonizadas por *G. albida*, *C. etunicatum* e SFMAs na dose 100 mg kg⁻¹ de P mantiveram IQD maior em relação as mudas destes mesmos tratamentos microbiológicos na dose 200 mg kg⁻¹ de P, mostrando melhores condições de aproveitamento do P aplicado, com redução de custo na adubação. As plantas colonizadas por *G. albida*, na dose 100 mg kg⁻¹ de P, e por *G. clarum*, na dose 200 mg kg⁻¹ de P, apresentaram IQD superior aos demais tratamentos e doses. As doses de P também favoreceram a qualidade das mudas, principalmente nas doses 100 e 200 mg kg⁻¹ de P.

Na medição da qualidade de mudas, os parâmetros morfológicos são mais utilizados, sendo que os principais são a altura, o diâmetro do caule e a massa seca da

parte aérea e radicular (GOMES e PAIVA, 2011). Segundo Wendling et al. (2006) a qualidade de mudas garante um alto potencial de sobrevivência após plantio, com maior adaptação e crescimento.

De acordo com Gomes e Paiva (2011), para mudas serem consideradas de qualidade é necessário que o IQD seja maior que 0,2 (*Pseudotsuga menziessi* e *Picea abies*). Como é possível verificar, este valor se aplica bem a espécie em estudo, podendo-se ressaltar os tratamentos microbiológicos principalmente nas menores doses de P.

Pode-se destacar que a dose 100 mg kg⁻¹ de P proporcionou as mudas de *P. glometa* níveis suficientes para um bom crescimento e desenvolvimento, não sendo necessário o emprego de doses maiores para o estabelecimento desta espécie.

A dependência e eficiência micorrízica não seguiu parâmetro contínuo, sendo o grau de variação, dependente do fungo associado e das doses de P (Figuras 6a e 6b). Essa resposta no crescimento da planta e na micorrização, em diferentes níveis de fertilidade do solo, varia com as características genéticas da espécie vegetal e condições edafoclimáticas submetidas as plantas (JANOS, 2007).

O inóculo *G. albida* proporcionou maior dependência e eficiência micorrízica na dose 100 mg kg⁻¹ de P. Já nas doses 0 e 25 mg kg⁻¹ de P apresentou níveis de dependência e eficiência micorrízicas negativos, mesmo fato foi observado para simbiose de *G. clarum* na dose 25 mg kg⁻¹ de P, para simbiose de *C. etunicatum*, *G. clarum* e *G. margarita* na dose 100 mg kg⁻¹ de P e para simbiose com *C. etunicatum* e *G. margarita* na dose 200 mg kg⁻¹ de P

Esses parâmetros de dependência e eficiência micorrízica mostram que plantas inoculadas com estes fungos proporcionaram menor acúmulo de matéria seca, em comparação ao controle, assim, nas respectivas doses, essas espécies não encontraram condições favoráveis para proporcionar benefícios às mudas de *M. glomerata*, sendo possível caracterizar esta interação como parasítica.

O inóculo *C. etunicatum*, manteve dependência e eficiência micorrízica favorável com as mudas de *M. glomerata* nas doses de 0, 25 e 50 mg kg⁻¹ de P, o mesmo ocorreu em simbiose com *G. margarita* na dose de 25 mg kg⁻¹ de P.

Nas doses de 0 e 200 mg kg⁻¹ de P, a simbiose com *G. clarum* apresentou relações de dependência e eficiência micorrízica que chegou em torno dos 40%. Este fato pode ter ocorrido por este inóculo não ser influenciado pelo P no solo, porém a

variação de eficiência e dependência micorrízica é grande e não segue uma relação estável com as doses de P.

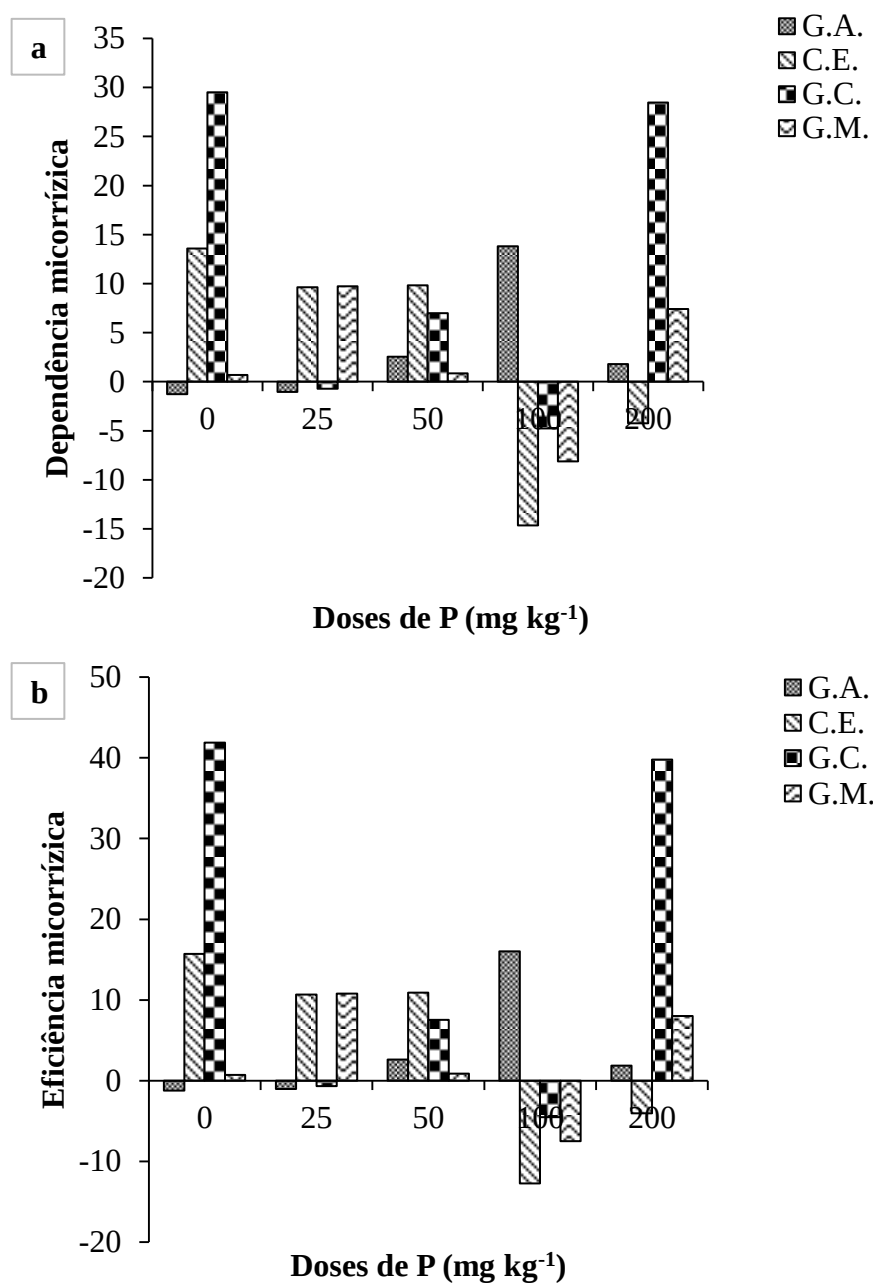


Figura 7. Dependência micorrízica (%) (a) e eficiência micorrízica (%) (b) em mudas de *Myrciaria glomerata* (O. Berg.) inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares, sob doses de fósforo. Dourados-MS, UFGD, 2019. SFMA: sem inoculação; GA: *Gigaspora albida*; CE: *Claroideoglomus etunicatum*; GC: *Glomus clarum*; GM: *Gigaspora margarita*. Dourados-MS, UFGD, 2019. GA: *Gigaspora albida*; CE: *Claroideoglomus etunicatum*; GC: *Glomus clarum*; GM: *Gigaspora margarita*; ns: não significativo.

É necessário conhecer a dependência e a eficiência micorrízica da planta hospedeira, definindo assim, até que ponto o hospedeiro irá responder à colonização

com FMAs (HABTE e MANJUNATH, 1991) e quais as espécies de FMAs trarão melhores resultados a simbiose em determinada condição edáfica e genética do hospedeiro (SAGGIN JÚNIOR e SIQUEIRA, 1995). Novos estudos são importantes para chegarmos a uma relação de dependência e eficiência micorrízica estável.

4. CONCLUSÕES

As espécies de FMAs *C. etunicatum*, *G. clarum* e *G. albida* favorecem o crescimento e qualidade das mudas de *M. glomerata* com baixas doses de P.

O aumento do P no solo eleva a qualidade das mudas de cabeludinha, sendo que a dose de 100 mg kg⁻¹ de P, proporciona níveis suficientes para o bom crescimento e desenvolvimento das mudas.

A dependência e eficiência micorrízica variou em função do inóculo e do uso de P, sendo necessários novos estudos para entendimento da relação dos FMAs com esta frutífera.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, cap.3, p.53-85, 2006.
- 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. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.27, n.2, p.485-497, 2017.
- CAVALCANTE, U. M. T.; MAIA, L. C.; MELO, A. M. M.; SANTOS, V. F. Influência da densidade de esporos de fungos micorrízicos arbusculares na produção de mudas de maracujazeiro amarelo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.5, p.643-649, 2002.
- CARVALHO FILHO, J. L. S.; ARRIGONI-BLANK, M. F.; BLANK, A. F.; RANGEL, M. S. A. Produção de mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) em diferentes ambientes, recipientes e composições de substratos. **Cerne**, Lavras, v.9, n.1, p.109-118, 2003.
- CHAGNON, P-L.; BRADLEY, R. L.; MAHERALI, H.; KLIRONOMOS, J. N. A trait-based 475 framework to understand life history of mycorrhizal fungi. **Trands plant Science**, London, v.18, p.476-491, 2013.
- DALANHOL, S. J. **Efeito de fungos micorrízicos arbusculares e da adubação no crescimento de mudas de *Eugenia uniflora* L. e *Campomanesia xanthocarpa* O. Berg, produzidas em diferentes substratos**. 2013. 103p. Dissertação (Mestrado em Silvicultura) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- DA RUI, R. F. **Fungos micorrízicos arbusculares e Fósforo no crescimento e nutrição de mudas de bananeira**. 2015. 62p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Aquidauana.
- DICKSON, A.; LEAF, A. L.; HOSNER, J. F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **Forestry Chronicle**, v.36, n.1, p.10-13, 1960.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.35, n.6, p.1039-1042, 2011.
- FISCHER, L. G. O. **Avaliação farmacológica de extratos e substâncias obtidas de *Myrciaria glomerata* (Berg.)**. 2007. 91p. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) – Faculdades Integradas do Ivaí, Ciências farmacêuticas, Ivaiporã.
- GIOVANNETTI, M.; MOSSE, B. An evaluation of techniques for measuring vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in roots. **New Phytologist**, Cambridge, v.84, n.3, p.489-500, 1980.

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

GUPTA, M.L.; PRASAD, A.; RAM, M.; KUMAR, S. Effect of the vesicular–arbuscular mycorrhizal (VAM) fungus *Glomus fasciculatum* on the essential oil yield related characters and nutrient acquisition in the crops of different cultivars of menthol mint (*Mentha arvensis*) under field conditions. **Bioresource Technology**, Xiamen, v.81, p.77-79. 2002.

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

JANOS, D. P. Plant responsiveness to mycorrhizas differs from dependence upon mycorrhizas. **Mycorrhiza**, New York, v.17, p.75-91, 2007.

JOLY, A. B. **Botânica: introdução à taxonomia vegetal**. 13 ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2002. 778p.

KARANIKA, E. D.; VOULGARI, O. K.; MAMOLOS, A. P.; ALIFRAGIS, D. A. VERESOGLOU, D. S. Arbuscular mycorrhizal fungi in Northern Greece and influence of soil resources on their colonization. **Pedobiologia**, Jena, v.51, n.6, p.409-418, 2008.

KOIDE, R.T., LI, M. On host regulation of the vesicular—arbuscular mycorrhizal symbiosis. **New Phytologist**, Cambridge, v.114, 59-74, 1990.

KOIDE, R. T.; MOSSE, B. A history of research on arbuscular mycorrhiza. **Mycorrhiza**, New York, v.14, p.145-163, 2004.

KOSKE, R. E.; GEMMA, J. N. A modified procedure for staining roots to detect VA mycorrhizas. **Mycology Research**, Cambridge, v.92, n.4, p.488-505, 1989.

LEKBERG, Y; KOIDE, R. T. Is plant performance limited by abundance of arbuscular mycorrhizal fungi? A meta-analysis of studies published between 1988 and 2003. **New Phytologist**, Hoboken, v.168, p.189-204, 2005.

LINGFEI, L.; ANNA, Y.; ZHIWEI, Z. Seasonality of arbuscular mycorrhizal symbiosis and dark septate endophytes in a grassland site in southwest China. **FEMS Microbiology Ecology**, Oxford, v.54, p.367-373, 2005.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Potafos, 1997. 309p.

MEHROTA, V. S. **Mycorrhizas: role and applications**. New Delhi: Allied Publishers, 2005, 359p.

MIRANDA, J. C. C. **Cerrado: Micorriza arbuscular: ocorrência e manejo**. 1ed. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2008, 169p.

Myrciaria in **Flora do Brasil 2020 em construção**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB10795>>. Acesso em: 17 mar. 2019

NADEEM, S. M.; AHMAD, M.; ZAHIR, Z. A.; JAVAID, A.; ASHRAF, M. The role of mycorrhizae and plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) in improving crop productivity under stressful environments. **Biotechnology advances**, New York, v.32, n.2, p.429-448, 2014.

PEEL, M. C.; FINLAYSON, T. A. MCMAHON. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. **Hydrology and Earth System Sciences Discussions**, European Geosciences Union, v.11, n.5, p.1633-1644, 2007.

PICONE, C. Diversity and abundance of arbuscular mycorrhizal fungus spores in tropical forest and pasture. **Biotropica**, Ann Arbor , v.32, n.4a, p.734-750, 2000.

PINTO, F. **Estudo da propagação da *Plinia glomerata* (O. Berg.) Amshoff (Myrtaceae)**. 2016. 140p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados.

PLENCHETTE, C.; FORTIN, J. A.; FURLAN, V. Growth responses of several plant species to mycorrhizae in a soil of moderate P-fertility. **Plant and Soil**, The Hague, v.70, n.2, p.199-209, 1983.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: Instituto Agrônomo/Fundação IAC, 1997. 285p.

RODRIGUES, L. A.; BARROSO, D. G.; FIQUEIREDO, F. A. M. M. A. Fungos micorrízicos arbusculares no crescimento e na nutrição mineral de mudas de *Tecnona grandis* L. F. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.28, n.1, p.25-34, 2018.

SAGGIN-JÚNIOR, O. J.; SIQUEIRA, J. O. Avaliação da eficiência simbiótica de fungos endomicorrízicos para o cafeeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.19, n.2, p.221-228, 1995.

SCREMIN-DIAS, E.; KALIFE, C.; MENEGUCCI, Z. R. H.; SOUZA, P. R. **Produção de espécies florestais nativas: manual**. Campo Grande: UFMS, 2006. 59p.

SERAFIN C.; NART V.; MALHEIROS A.; CRUZ A. B.; MONACHE F. D.; GETTE M. A.; ZACCHINO S.; CECHINEL FILHO V. Avaliação do potencial antimicrobiano de *Myrciaria glomerata* (Myrtaceae). **Revista Brasileira de Farmacognosia**, Curitiba, v.17, n.4, p.578-582, 2007.

SILVA, C. V.; BILIA, D. A. C.; BARBEDO, C. J. Fracionamento e germinação de sementes de Eugenia. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, DF, v.27, n.1, p.86-92, 2005.

SILVA JÚNIOR, J. M. T.; MENDES FILHO, P. F.; GOMES, V. F. F.; GUIMARÃES, F. A. V.; SANTOS, E. M. S. Desenvolvimento de meloeiro associado a fungos

micorrízicos arbusculares e cultivado em substrato pó de coco. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.5, n.1, p.54-59, 2010.

SILVA, M. A.; SILVA, F. S. B.; YANO-MELO, A. M.; MELO, N. F.; MAIA, L. C. Fungos micorrízicos arbusculares e vermicomposto na aclimação de *Alpinia purpurata* (Viell.) Schum e *Zingiber spectabile* Griff. (Zingiberaceae). **Acta Botânica Brasileira**, Pampulha, v.20, n.2, p.249-256, 2006.

SOUZA, F. A.; SILVA, E. M. R. Micorrizas arbusculares na revegetação de áreas degradadas. In: SIQUEIRA, J. O. (Ed.) **Avanços em fundamentos e aplicação de micorrizas**. Lavras: UFLA/DCS e DCF, 1996. p.253-290.

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

STÜRMER, S. L.; SIQUEIRA, J. O. Fungos micorrízicos. In: MOREIRA, F.M.S. (Ed.). **O ecossistema solo**. Lavras: UFLA, 2013. p.291-310.

TRINDADE, A. V.; LINS, G. M. L.; MAIA, I. C. S. Substratos e fungos micorrízicos arbusculares em mudas micropropagadas de bananeira na fase de aclimação. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.25, n.1, p.137-142, 2003.

TRINDADE, A. V.; SIQUEIRA, J. O.; ALMEIDA, F. P. Eficiência simbiótica de fungos micorrízicos arbusculares em solo não fumigado, para o mamoeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, n.3, p.505-513, 2000.

WENDLING, I.; GUASTALA, D.; DEDECEK, R. Características físicas e químicas de substratos para produção de mudas de *Ilex paraguariensis* St. Hil. **Revista Árvore**, Viçosa, v.31, p.209-220, 2007.

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

CONSIDERAÇÕES GERAIS

O uso de alternativas biológicas que favoreçam o crescimento e desenvolvimento de plantas vem se tornando objeto de pesquisa com mais frequência. O uso dos FMAs é uma das alternativas que favorecem o estabelecimento de inúmeras espécies de plantas, proporcionando maior crescimento e nutrição.

O uso do P associado aos FMAs favorece o crescimento de *Musa* spp. e *M. glomerata*, sendo que nem sempre doses elevadas de P é o ideal para se obter mudas com maior qualidade, desta forma para estas espécies de frutíferas, nas presentes condições, este estudo aponta as doses 325 e 100 mg kg⁻¹ de P, respectivamente, como sendo as mais propícias ao crescimento e desenvolvimento das mudas.

A aplicação desses fungos em larga escala deve ser através da inoculação, que ainda é restringida pela baixa disponibilidade de inoculantes comerciais. A principal dificuldade para a produção de inoculante comercial refere-se ao fato dos FMAs serem biotróficos obrigatórios, ou seja, só completam o seu ciclo de vida associados a um hospedeiro vegetal vivo. Como não existe tecnologia adequada para produção de inoculantes de FMAs, não há grande interesse comercial pela sua produção e distribuição, limitando o seu uso na agricultura principalmente para produção de mudas em viveiros.

Na produção de mudas em viveiro, o uso de FMAs faz-se necessário, pois frequentemente, utiliza-se subsolo ou solo esterilizado, outros substratos como a vermiculita e materiais orgânicos, são igualmente desprovidos desses fungos. Desta forma quando empregado o uso de espécies de FMAs selecionados, as plantas podem ser favorecidas, desenvolvendo-se mais rapidamente, reduzindo o tempo de viveiro, além de reduzir a quantidade e aumentar a eficiência de uso dos corretivos e fertilizantes adicionados nos substratos.

APÊNDICE

Apêndice A. Resumo da análise de variância para colonização micorrízica, caracteres de crescimento e ecofisiológicos em mudas de *Musa* spp. em função da inoculação com fungos micorrízicos arbusculares (FMA), doses de fósforo e interação entre FMA x Dose

Fonte de variação	FMA	Dose	FMA x Dose	CV
CM	16976**	2746**	386**	21,53
H (30 DAP)	6,79**	31,60**	3,62**	17,65
H (60 DAP)	4,66 ^{ns}	301,98**	4,29 ^{ns}	14,31
H (90 DAP)	11,60**	641,15**	3,27 ^{ns}	10,19
H (120 DAP)	24,34**	761,26**	4,65 ^{ns}	11,48
H (150 DAP)	38,12**	214,50**	7,03*	9,91
D (30 DAP)	5,04 ^{ns}	50,57**	5,78 ^{ns}	19,53
D (60 DAP)	3,24 ^{ns}	54,68**	1,36 ^{ns}	13,63
D (90 DAP)	12,17*	546,19**	7,10 ^{ns}	11,30
D (120 DAP)	22,31**	846,93**	11,91**	9,85
D (150 DAP)	46,14**	1140,22**	17,74**	8,89
MSPA	46,49**	762,16**	11,66 ^{ns}	20,66
MSR	158,87*	3052,41**	81,03 ^{ns}	33,47
MST	302,91**	6796,15**	129,64 ^{ns}	24,85
IQD	212,21	4050,11**	132,10 ^{ns}	35,47
Clorofila	23,63**	39,11	23,66	3,83
E	0,68 ^{ns}	6,89**	0,37 ^{ns}	19,88
Gs	0,00 ^{ns}	0,01**	0,00 ^{ns}	34,59
A	8,17**	26,46**	1,75 ^{ns}	15,98
Ci	454,07 ^{ns}	1512,00 ^{ns}	606,95 ^{ns}	16,86
A/Ci	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}	27,12
A/Gs	36,04 ^{ns}	700,75 ^{ns}	336,79 ^{ns}	39,79
A/E	0,10 ^{ns}	0,26 ^{ns}	0,13 ^{ns}	19,13

* significativo ao nível de 5% de probabilidade; ** significativo a 1% de probabilidade; ^{ns}: não significativo pelo teste F.

FMA: fungos micorrízicos arbusculares; C.V.: coeficiente de variação (%); CM: colonização micorrízica (%); H: altura de plantas (cm); D: diâmetro do pseudocaule (mm); DAP: dias após plantio; MSPA: massa seca da parte aérea (g); MSR: massa seca da raiz (g); MST: massa seca total (g); IQD: índice de qualidade de Dickson (DICKSON et al., 1960); E: transpiração ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$); Gs: condutância estomática ($\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$); A: fotossíntese ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$); Ci: concentração interna de carbono orgânico ($\mu\text{mol mol}^{-1}$); A/Ci: eficiência de carboxilação da rubisco ($\mu\text{mol } \mu\text{mol}^{-1}$); A/Gs: eficiência intrínseca do uso da água ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ mmol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$); A/E: eficiência do uso da água ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ mmol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$).

Apêndice B. Resumo da análise de variância para teores foliares de nutrientes em mudas de *Musa* spp. em função da inoculação com fungos micorrízicos arbusculares (FMA), doses de fósforo e interação entre FMA x Dose

Fonte de variação	FMA	Dose	FMA x Dose	CV
P	0,48**	13,39**	0,11 ^{ns}	22,39
N	29,87**	501,81**	10,71 ^{ns}	9,57
K	195,18**	376,04**	64,35**	12,14
Ca	1,88 ^{ns}	5,00**	1,88*	21,05
Mg	1,01 ^{ns}	6,88**	2,21**	17,57
S	0,18*	0,55**	0,13*	16,52
Cu	143,45**	1,41 ^{ns}	6,34 ^{ns}	17,57
Fe	37694,92**	40071,29**	12974,77 ^{ns}	19,73
Mn	2521003,98**	21331272,46**	795563,91 ^{ns}	28,36
Zn	26,11**	32,56**	12,07**	15,66
B	82,88**	4,34 ^{ns}	10,41**	9,65

* significativo ao nível de 5% de probabilidade; ** significativo a 1% de probabilidade; ^{ns}: não significativo pelo teste F.

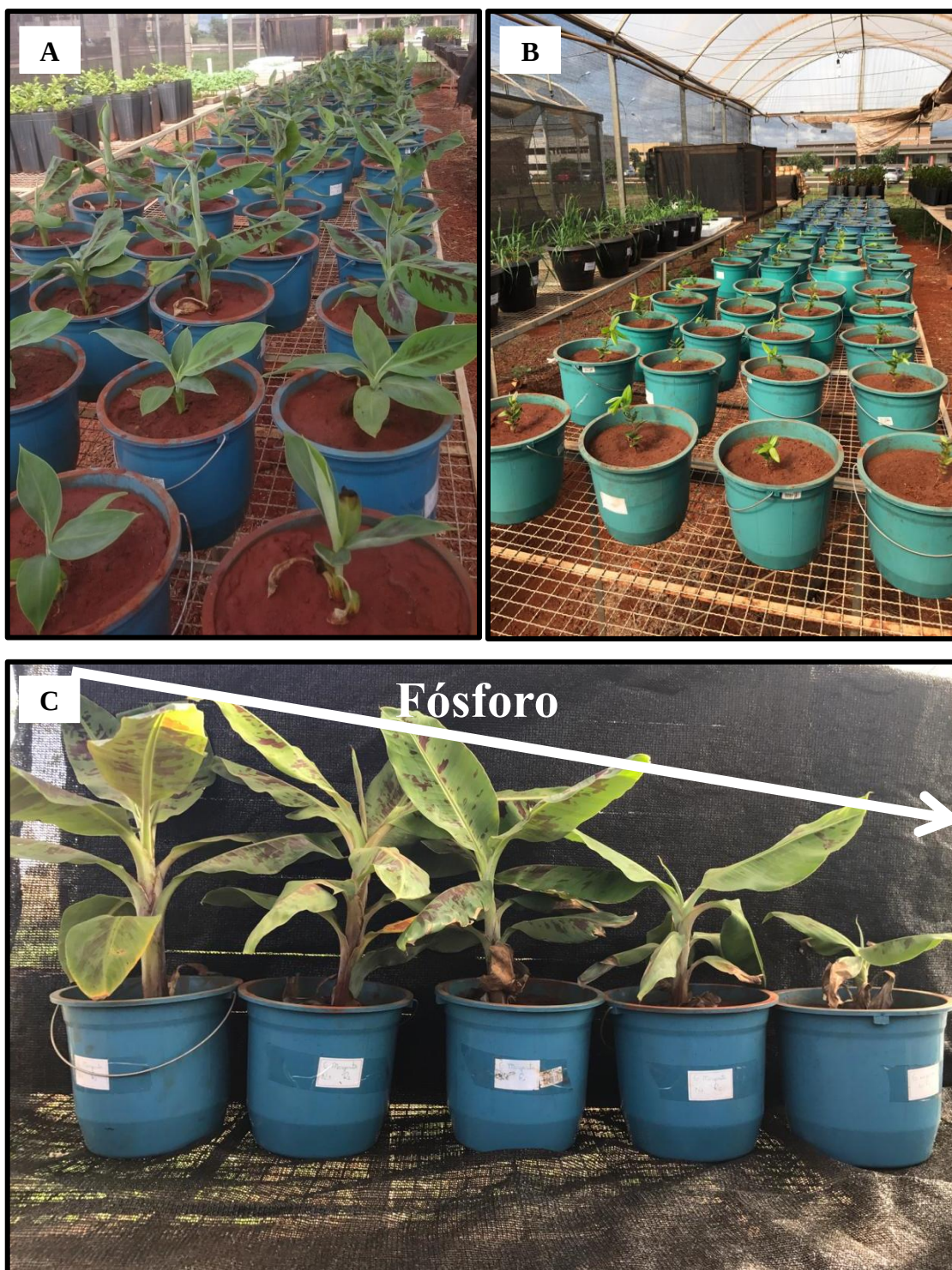
FMA: fungos micorrízicos arbusculares; C.V.: coeficiente de variação (%); Teores foliares de nutrientes: P: fósforo (g kg⁻¹); N: nitrogênio (g kg⁻¹); K: potássio (g kg⁻¹); Ca: Cálcio (g kg⁻¹); Mg: magnésio (g kg⁻¹); S: enxofre (g kg⁻¹); Cu: cobre (mg kg⁻¹); Fe: ferro (mg kg⁻¹); Mn: manganês (mg kg⁻¹); Zn: zinco (mg kg⁻¹); B: boro (mg kg⁻¹).

Apêndice C. Resumo da análise de variância para colonização micorrízica, caracteres de crescimento e ecofisiológicos em mudas de *Myrciaria glomerata* (O. Berg.) Amshoff em função da inoculação com fungos micorrízicos arbusculares (FMA), doses de fósforo e interação entre FMA x Dose

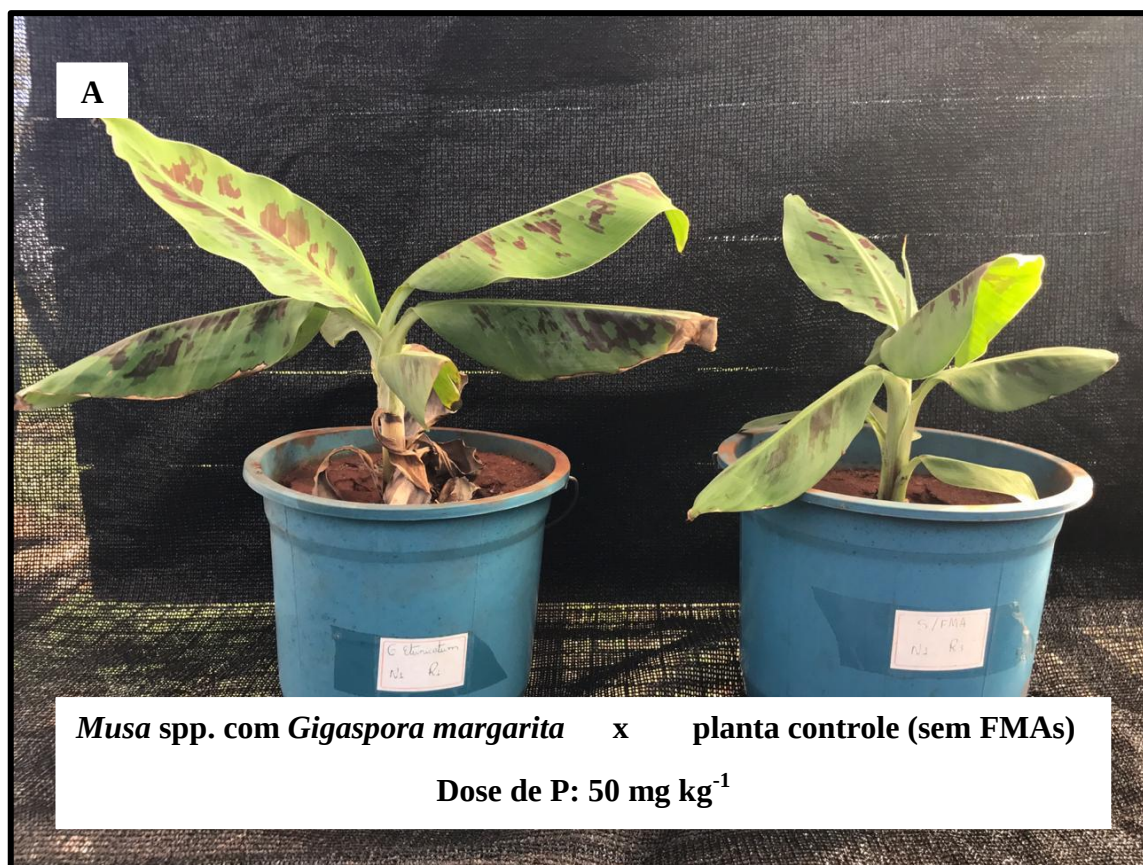
Fonte de variação	FMA	Dose	FMA x Dose	CV
CM	17136,00**	3176,00**	381,00**	27,59
H (60 DAP)	10,29**	3,81*	5,21**	13,71
H (120 DAP)	9,09*	4,22 ^{ns}	8,48**	14,83
H (180 DAP)	41,05 ^{ns}	67,79**	31,94*	21,56
H (240 DAP)	42,20 ^{ns}	142,19**	56,12**	21,74
H (300 DAP)	92,21 ^{ns}	481,59**	100,08**	22,59
H (360 DAP)	135,03*	996,55**	115,28**	19,70
D (60 DAP)	0,10 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,06 ^{ns}	13,71
D (120 DAP)	0,13 ^{ns}	0,12 ^{ns}	0,06 ^{ns}	12,07
D (180 DAP)	0,45**	0,34*	0,11 ^{ns}	14,71
D (240 DAP)	0,56**	0,56**	0,19 ^{ns}	14,05
D (300 DAP)	0,92**	1,26**	0,40**	13,62
D (360 DAP)	1,12**	2,64**	0,44*	13,81
MSPA	6,46**	46,39**	4,18**	13,90
MSR	0,30 ^{ns}	5,18**	0,63**	28,97
MST	7,31*	79,00**	6,33**	15,17
IQD	0,05*	0,71**	0,07**	35,50

* significativo ao nível de 5% de probabilidade; ** significativo a 1% de probabilidade; ^{ns}: não significativo pelo teste F.

FMA: fungos micorrízicos arbusculares; C.V.: coeficiente de variação (%); CM: colonização micorrízica (%); H: altura de plantas (cm); D: diâmetro do caule (mm); DAP: dias após plantio; MSPA: massa seca da parte aérea (g); MSR: massa seca da raiz (g); MST: massa seca total (g); IQD: índice de qualidade de Dickson (DICKSON et al., 1960).



Apêndice D. Vasos do experimento, dispostos em bancadas na estufa, mudas de *Musa* spp. (A) e *Myrciaria glomerata* (B); e o efeito do fósforo no crescimento das mudas de *Musa* spp. (C)



Apêndice E. Plantas micorrizadas e sem fungos micorrízicos, mudas de *Musa* spp. (A) e *Myrciaria glomerata* (B)