

GUSTAVO MATTOS ABREU

**ADUBAÇÃO FOSFATADA E MICRORGANISMOS SIMBIOTES
NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE MANGABA E MAMA-CADELA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS-BRASIL
2018

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

A162a
2018 Abreu, Gustavo Mattos, 1990-
Adubação fosfatada e microrganismos simbiotes na
produção de mudas de mangaba e mama-cadela / Gustavo
Mattos Abreu. – Viçosa, MG, 2018.
xii, 84f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Inclui apêndice.

Orientador: Haroldo Nogueira de Paiva.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. *Hancornia speciosa*. 2. *Brosimum gaudichaudii*.
3. Árvores frutíferas. 4. Plantas - Propagação. 5. Micorriza
vesículo-arbuscular. I. Universidade Federal de Viçosa.
Departamento de Engenharia Florestal. Programa de
Pós-Graduação em Ciência Florestal. II. Título.

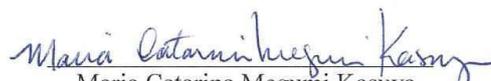
CDO adapt CDD 22. ed. 634.9181351

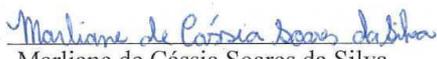
GUSTAVO MATTOS ABREU

**ADUBAÇÃO FOSFATADA E MICRORGANISMOS SIMBIOTES
NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE MANGABA E MAMA-CADELA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 23 de fevereiro de 2018.


Maria Catarina Megumi Kasuya
(Coorientadora)


Marliane de Cássia Soares da Silva


Haroldo Nogueira de Paiva
(Orientador)

Aos meus queridos pais, Fausto (in memoriam) e Nilda pelo apoio, dedicação, exemplo e amor!

Dedico!

AGRADECIMENTOS

A Deus e a Nossa Senhora da Imaculada Conceição, pela vida e saúde para chegar até aqui e por toda a iluminação e proteção para alcançar esta conquista!

Aos meus pais, Fausto (*in memoriam*) e Nilda, por todos os ensinamentos, dedicação, perseverança, paciência, e o mais importante, amor aos seus filhos! Sem eles, não seria possível chegar até aqui.

Aos meus irmãos, Phillipe e Daniel, pelo companheirismo, incentivo e amizade.

À minha tia Leda (Ledoca), que assim como uma mãe, sempre esteve ao meu lado e acreditou nesta conquista.

À minha namorada Bruna, por sempre estar ao meu lado e me dar força em todos os momentos de minha vida pessoal e profissional. Obrigado por todo o apoio.

Aos professores Haroldo Nogueira de Paiva e Maria Catarina Megumi Kasuya, por toda a paciência, apoio e dedicação, estando dispostos a ajudar e colaborar sempre. Sou muito grato pela confiança em mim depositada e pela orientação.

Aos professores da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul – Unidade Universitária de Aquidauana (UEMS-UUA), Glaucio Abrantes, Elói Panachuki, Jean Rosset e Jolimar Schiavo por toda a ajuda e incentivo para conseguir chegar à UFV.

A todos os amigos envolvidos na realização desse trabalho, em especial Adenio Louzeiro, Bruna Guirardi, José Camargo (Violeiro Mineiro Capiáu) e Samuel Dutra, assim como aos funcionários da UFV, em especial Alexandre, Antonio Carlos, Bete, Camila, Chiquinho, Dilson e Josimar, pela disposição e boa vontade em ajudar em diversas ocasiões.

Aos colegas do Laboratório de Associações Micorrízicas, por me acolher, ajudar e pelos ensinamentos ali adquiridos, em especial ao Mateus Bitarães por toda a colaboração durante a realização das análises e obtenção dos dados. Agradeço também aos grandes amigos de Viçosa, em especial aos do “Decreto”, por todos os momentos de alegria e amizade.

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

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Engenharia Florestal (DEF), dos quais me orgulho em fazer parte, pela oportunidade de alcançar essa meta em minha vida pessoal e profissional. Obrigado por todo o auxílio e conhecimento transmitido.

E finalmente, agradeço a todos que me ajudaram direta ou indiretamente durante o desenvolvimento dessa importante etapa de minha vida. Um MUITO OBRIGADO a todos!

BIOGRAFIA

Gustavo Mattos Abreu, filho de Fausto Matos Abreu (*in memoriam*) e Nilda Rodrigues da Silva, nasceu em 08 de Dezembro de 1990 em Curvelo, Minas Gerais.

Em março de 2011, ingressou no curso de Engenharia Florestal pela Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul – Unidade Universitária de Aquidauana (UEMS-UUA), concluindo o mesmo em fevereiro de 2016.

Em março de 2016, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal em nível de Mestrado, pela Universidade Federal de Viçosa.

Em fevereiro 2018, submeteu-se à defesa da dissertação para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

,

MEU CERRADO

Tem de tudo que eu precise encontrar
tem Pequi, Jabuticaba, Araticum e Araçá
Grão de Galo e Mangaba, Ananás e Gravatá
tem Buriti, Embaúba, Licuri, Macaúba
pra comer sem cozinhar.
Quando Gabiroba acaba
a Cagaita eu vou achar
Mirando o Gonçalo Alves
me lembrei do Gonçalves
que vou parafrasear:
"Minha terra tem sabiá
que canta no pé de Jatobá
outras aves aqui gorjeiam
gorjeiam pra me encantar
trinam, piam e chilreiam
quer ver orquestra, vem pra cá!"

(Violeiro Mineiro Capiáu)

SUMÁRIO

LISTA DE ABRIVIATURAS E SIGLAS	viii
RESUMO	ix
ABSTRACT	xi
1. INTRODUÇÃO GERAL	1
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	3
2.1 Cerrado.....	3
2.2 Espécies florestais frutíferas nativas do Cerrado.....	5
2.3 Nutrição de espécies florestais nativas do Cerrado.....	9
2.4 Substratos e produção de mudas de espécies nativas do Cerrado.....	12
2.5 Aspectos morfológicos e qualidade de mudas.....	13
2.6 Interação fósforo x fungos micorrízicos arbusculares (FMA).....	17
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	21
CAPÍTULO 1: Crescimento e qualidade de mudas de mangabeira (<i>Hancornia speciosa</i>) e mama-cadela (<i>Brosimum gaudichaudii</i>) em resposta à adubação fosfatada e microrganismos nativos	32
RESUMO	32
1. INTRODUÇÃO	34
2. MATERIAL E MÉTODOS	36
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
4. CONCLUSÕES	51
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52
CAPÍTULO 2: Crescimento e qualidade de mudas de mangabeira (<i>Hancornia speciosa</i>) e mama-cadela (<i>Brosimum gaudichaudii</i>) associadas com microorganismos simbiotes provenientes do solo da planta matriz e, ou, inoculadas com FMA.....	57
RESUMO	57
1. INTRODUÇÃO	59
2. MATERIAL E MÉTODOS	60
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	64
4. CONCLUSÕES	77
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	77

CONCLUSÕES GERAIS.....	80
APÊNDICE.....	81

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- AE - Abundância de esporos presentes no substrato
- CM - Taxa de colonização micorrízica
- DAR - Dias após a repicagem
- DAS - Dias após a semeadura
- DC - Diâmetro do coleto
- DIC - Delineamento inteiramente casualizado
- DM - Dependência micorrízica
- FMA - Fungos micorrízicos arbusculares
- H- Altura total da parte aérea
- H/DC - Relação Altura total da parte aérea / Diâmetro do coleto
- H/MSPA - Relação Altura total da parte aérea / Massa de matéria seca da parte aérea
- IQD - Índice de Qualidade de Dickson
- LVAd-Aut - Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico autoclavado
- MSPA - Massa de matéria seca da parte aérea
- MSPA/MSR - Relação Massa de matéria seca da parte aérea / Massa de matéria seca de raízes
- MSR - Massa de matéria seca de raízes
- MST - Massa de matéria seca total
- SC-Aut - Substrato comercial Tropstrato Florestal® autoclavado
- SRPM - Solo rizosférico das plantas matrizes
- VR - Volume do sistema radicular

RESUMO

ABREU, Gustavo Mattos, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2018. **Adução fosfatada e microrganismos simbiotes na produção de mudas de mangaba e mama-cadela.** Orientador: Haroldo Nogueira de Paiva. Coorientadora: Maria Catarina Megumi Kasuya.

A obtenção de mudas de qualidade é fundamental para o sucesso da implantação de um projeto florestal, pois o crescimento e a sobrevivência das plantas estarão atrelados à sua qualidade. A nutrição mineral e a seleção de microrganismos simbiotes a serem adicionados ao substrato de cultivo são de grande importância e influenciam a qualidade de uma muda. Contudo, para grande parte das espécies arbóreas nativas do Cerrado, esse conhecimento ainda não foi obtido, podendo dificultar ou inviabilizar a produção das mudas. O presente estudo teve como objetivo avaliar o crescimento inicial e a qualidade de mudas de *Hancornia speciosa* (mangabeira) e *Brosimum gaudichaudii* (mama-cadela) em resposta a doses de P e inoculação de microrganismos simbiotes provenientes do solo próximo às plantas matrizes e inóculo de fungos micorrízicos arbusculares (FMA). Foram avaliados dois experimentos, sendo ambos conduzidos no delineamento inteiramente casualizado (DIC). O experimento um foi composto por cinco doses de P (0, 100, 200, 300 e 400 mg dm⁻³), com seis repetições, totalizando 30 unidades experimentais por espécie, sendo o substrato uma mistura do solo rizosférico de plantas matrizes (SRPM) das espécies em estudo + horizonte subsuperficial de um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico autoclavado (LVAd-Aut) + substrato comercial Tropstrato Florestal® autoclavado (1:1:1,v:v:v). O experimento dois foi composto por quatro formulações de substrato contendo SRPM, LVAd-Aut e substrato comercial autoclavados (SC-Aut), onde esses receberam ou não a adição de inóculo de FMA (Mix), composto pelas espécies *Gigaspora decipiens*, *Rhizophagus clarus* e *Scutellospora heterogama*. Os tratamentos deste experimento consistiram de: T1 (LVAd-Aut + SC-Aut), T2 (LVAd-Aut + SC-Aut + Mix), T3 (LVAd-Aut + SC-Aut + SRPM) e T4 (LVAd-Aut + SC-Aut + SRPM + Mix), com seis repetições, totalizando 24 unidades experimentais por espécie. Ao final de cada experimento, realizou-se a determinação da taxa de colonização micorrízica (CM), a abundância de esporos presentes no substrato (AE) e as medições da altura total da parte aérea (H), diâmetro do coleto (DC), volume do sistema radicular (VR), massa de matéria seca da parte aérea (MSPA), raízes (MSR) e total (MST); relações H/DC, H/MSPA, MSPA/MSR, Índice de Qualidade de Dickson (IQD) e, para o experimento dois, foi quantificada, também, a dependência micorrízica (DM). No experimento um, plantas de mangabeira sofreram

redução da CM em resposta aos níveis de P testados e tiveram resposta linear positiva à aplicação de P ao analisar as relações H/MSPA e MSPA/MSR, enquanto a relação H/DC não sofreu efeito do P. As demais variáveis em mudas de *H. speciosa* foram influenciadas negativamente pela aplicação de P. Em relação ao experimento dois, as espécies em estudo tiveram DM variando de moderada a alta quando o SRPM foi adicionado ao substrato de cultivo. A adição do SRPM gerou incremento na H, DC, VR, MSPA, MSR, MST e aumento da qualidade de mudas de *H. speciosa* e *B. gaudichaudii*, em comparação às plantas do tratamento controle. Para a produção de mudas de qualidade de *H. speciosa* e *B. gaudichaudii*, ao usar o substrato utilizado neste ensaio, a adubação fosfatada é desnecessária, sendo recomendada a utilização de solo rizosférico da planta matriz e, ou inoculação com FMA para garantir a produção de mudas de mangabeira e mama-cadela.

ABSTRACT

ABREU, Gustavo Mattos, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February, 2018. **Phosphate fertilization and symbiotic microorganisms in the production of mangaba and mama-cadela seedlings.** Advisor: Haroldo Nogueira de Paiva. Co-advisor: Maria Catarina Megumi Kasuya.

Obtaining seedlings of quality is essential to the successful implementation of a forestry project, because the growth and survival of plants will be tied to its quality. Mineral nutrition and selection of symbionts microorganisms to be added to the substrate of seedling production are of great importance and influence the quality of the seedlings. However, for most of the native tree species of Cerrado, this knowledge has not yet been obtained, and may hinder or derail the production of seedlings. The present study aimed to evaluate the initial growth and the quality of seedlings of *Hancornia speciosa* (mangabeira) and *Brosimum gaudichaudii* (mama-cadela) in response to P and inoculation doses of microorganisms symbionts from the soil around the plants and inoculum of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF). Two experiments were evaluated, both being conducted in completely randomized design (CRD). The experiment was composed of five doses of P (0, 100, 200, 300 and 400 mg dm⁻³), with six repetitions, totalizing 30 experimental units per species, being the substrate a mixture of rhizospheric soil coming from the mother plant species (RSMP) + subsurface horizon of a Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (Oxisol) autoclaved (LVAd-Aut) + commercial Forest substrate autoclaved (SC-Aut) (1:1:1, v:v:v). The experiment two was composed of four substrate formulations containing RSMP, LVAd-Aut and SC-Aut, where these had or had not received the addition of AMF inoculum (Mix), composed by the species *Gigaspora decipiens*, *Rhizophagus clarus* and *Scutellospora heterogama*. The treatments evaluated in experiment two were T1 (LVAd-Aut + SC-Aut), T2 (LVAd-Aut + SC-Aut + Mix), T3 (LVAd-Aut + SC-Aut + RSMP) and T4 (LVAd-Aut + SC-Aut + RSMP + Mix), with six repetitions, totalizing 24 experimental units per species. At the end of each experiment, the determination of the rate of mycorrhizal colonization (CM), the abundance of spores present in the substrate (AE) and measurements of the total height of shoot (H), stalk diameter (DC), volume of the root system (VR), mass of shoot dry matter (MSPA), mass of roots dry matter (MSR), and total dry matter (MST), beyond their relationships, and the Dickson's quality index (IQD) and, for the experiment two, was quantified also the mycorrhizal dependence (DM). In one experiment, plants of mangabeira suffered reduction of CM in response to P levels tested and had positive linear response to P application to analyze

relations H/MSPA and MSPA/MSR, while the ratio H/DC suffered no effect of P. The other variables in seedlings of *H. speciosa* were influenced negatively by applying P. compared to experiment two, the studied species had DM ranging from moderate to high when the RSMP was added to the substrate. The addition of the RSMP generated increase in H, DC, VR, MSPA, MSR, and MST, and increased the quality of seedlings of *H. speciosa* and *B. gaudichaudii*, as compared to the control treatment seedlings. For the production of quality seedlings of *H. speciosa* and *B. gaudichaudii*, when using the substrate used in this test, the phosphate fertilization it is recommended to use of rhizospheric soil of the mother plant and, or inoculation with AMF for guarantee the seedling production of mangabeira and mama-cadela.

1. INTRODUÇÃO GERAL

O Cerrado ocupa uma área de aproximadamente 23% do território brasileiro (Ribeiro & Walter, 2008). Este bioma possui grande variação fitofisionômica e apresenta formações florestais, savânicas e campestres (Eiten, 1972). O bioma possui elevado número de espécies frutíferas nativas, as quais oferecem grande quantidade de frutos comestíveis, de qualidade apreciável, cujo aproveitamento por populações humanas ocorre desde os primórdios de sua ocupação (Barbosa, 1996). Além disso, muitas espécies que ocorrem no bioma Cerrado apresentam múltiplos usos, como alimentação, fins madeireiros e medicinais (Duboc, 2008).

Essas plantas podem ser uma opção para os produtores incrementarem suas áreas de produção, gerando uma fonte alternativa de renda e produtos, como alimentos e madeira, além de proporcionar serviços ambientais às propriedades. As espécies vegetais do bioma podem ser usadas para formação de pomares, recuperação de áreas degradadas, plantios de enriquecimento da flora, entre outros fins (Gonçalves et al., 2015). Entre as espécies frutíferas do bioma que apresentam potencial para a utilização em sistemas de produção estão a mangabeira (*Hancornia speciosa*) e a mama-cadela (*Brosimum gaudichaudii*).

A mangabeira (*H. speciosa*) é uma espécie arbórea da família Apocynaceae de ocorrência na região Nordeste (Caatinga) e no Brasil Central, até os estados de São Paulo e Mato Grosso do Sul, ocorrendo principalmente em terrenos arenosos e de baixa fertilidade (Lorenzi, 1992). A mangabeira possui elevado potencial para a utilização em cultivos de espécies frutíferas tropicais, dada a sua aceitação no mercado nacional e internacional, por meio da comercialização de seus frutos e da polpa produzida a partir dos mesmos (Araújo et al., 2003)..

Segundo Lorenzi (1998), a mama-cadela (*B. gaudichaudii*) é uma espécie da família Moraceae com ocorrência nos estados do Amazonas e Pará até o Paraná, além de Bolívia e Paraguai. A espécie é presente em Cerrados, Campos Cerrados e Cerradões, sendo corriqueira em solos arenosos e bem drenados. Seus frutos são comestíveis e apreciados pelas populações locais do Brasil Central, além de conter caráter medicinal no tratamento de doenças de pele, como o vitiligo (Lorenzi, 1998; Almeida et al., 1998; Rodrigues e Carvalho, 2001).

Para que um empreendimento florestal alcance resultados satisfatórios faz-se necessária a obtenção de mudas de qualidade para o plantio no local escolhido para esta finalidade (Duryea, 1985). A produção de mudas deve ser realizada a fim de se obter plantas com baixo custo e com qualidade satisfatória, dado que o estabelecimento de espécies nativas é fortemente influenciado por esse fator. Para se obter mudas de qualidade, alguns aspectos

são de grande relevância, como a escolha adequada dos substratos de cultivo. Pezzutti et al. (1999) e Bardivieso et al. (2011) afirmam que existem poucas informações no tocante a essa questão, o que reforça a necessidade de estudos nessa linha .

Os substratos são materiais puros ou mistura de vários materiais e devem ser fonte de nutrientes, apresentarem materiais leves e porosos, além de possuírem propriedades físicas e químicas adequadas às necessidades de cada espécie (Arrua et al., 2016). A função mais relevante de um substrato é sustentar as mudas e favorecer o desenvolvimento do sistema radicular das mesmas, além de suprir as plantas com os nutrientes necessários para seu crescimento.

Para promover bom crescimento das mudas, torna-se imprescindível que o substrato possua algumas características, como isenção de pragas, microrganismos patogênicos e propágulos de plantas indesejadas (Gonçalves et al., 2000; Hartmann et al., 2011). Contudo, grande parte dos substratos de cultivo utilizados na produção de mudas, após receberem tratamentos químicos e/ou físicos para a eliminação de patógenos, tornam-se isentos de microorganismos promotores do crescimento de plantas (Goetten et al., 2016), o que compromete a produção de mudas de determinadas espécies vegetais. Alguns desses microrganismos evidenciam elevada eficiência em promover benefícios aos vegetais, sendo os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) um dos simbioses mais importantes nos ecossistemas terrestres, desempenhando relevante papel na estruturação de comunidades vegetais (Flores-Aylas et al., 2003)

A utilização de microrganismos benéficos no substrato das mudas, como os FMA, é uma alternativa viável para promover incremento no crescimento das plantas, aumentar a eficiência de fertilizações, em especial as que contenham fósforo (P), além de auxiliar no vigor e sobrevivência das mudas após o plantio no campo. Tais microrganismos intercedem significativamente nos processos de recuperação de áreas degradadas, em especial tratando-se de ambientes com baixo suprimento de P, caso de grande parte dos solos tropicais (Flores-Aylas et al., 2003).

Epstein e Bloom (2006) afirmam que o P é um dos nutrientes mais importantes para as plantas, devido o mesmo ser relevante no metabolismo e crescimento dos vegetais. No entanto, a eficiência de absorção de P pelas plantas é baixa, em especial em solos com elevado grau de intemperismo (Santos et al., 2011), o que reforça a necessidade de novas tecnologias, como o emprego de FMA, visando contornar tal problema.

O conhecimento das espécies arbóreas nativas que apresentem respostas positivas à inoculação com micorrizas é fator importante para o sucesso de projetos de recuperação de

áreas degradadas e reflorestamentos com fins econômicos, dado que em grande parte dos locais onde tais projetos são instalados ocorrem limitações, principalmente nutricionais, para o desenvolvimento e estabelecimento das mudas a campo (Sugai et al., 2011).

Diante o exposto, o presente estudo teve como objetivo avaliar o crescimento inicial e qualidade de mudas de *Hancornia speciosa* e *Brosimum gaudichaudii* em resposta a doses de P e inoculação de microrganismos simbioses provenientes do solo próximo às plantas matrizes e inóculo de fungos micorrízicos arbusculares (FMA).

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Cerrado

O Cerrado ocupa uma área de aproximadamente 23% do território brasileiro (Ribeiro & Walter, 2008). Este bioma detém grande variação fitofisionômica e formações florestais, savânicas e campestres (Eiten, 1972). A formação savânica predominante do bioma é o Cerrado sensu stricto, o qual ocupa cerca de 70% da extensão do bioma e possui densidade de plantas lenhosas de 600 a 1300 indivíduos por hectare (Felfili et al., 2004; Ribeiro e Walter, 2008).

O Cerrado é o segundo maior Bioma do Brasil, incidindo sobre os estados de Goiás, Tocantins, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Bahia, Maranhão, Piauí, Rondônia, Paraná, São Paulo e Distrito Federal, além de conter encaves no Amapá, Roraima e Amazonas. No bioma encontram-se as nascentes das três maiores bacias hidrográficas da América do Sul (Amazônica/Tocantins, São Francisco e Prata), resultando em grande oferta de recursos hídricos (MMA, 2017).

Além do caráter ambiental, o Cerrado possui grande relevância social, dada as populações que sobrevivem de seus recursos naturais, como comunidades indígenas, quilombolas, ribeirinhos, entre outros. Tais comunidades compõem o patrimônio histórico e cultural do Brasil, além de conservarem o conhecimento da diversidade do bioma. Mais de 220 espécies vegetais apresentam uso medicinal e mais 416 podem ser usadas na recuperação de áreas degradadas, como quebra vento, controle de erosão, habitat de predadores naturais de pragas, entre outros (MMA, 2017)

O Cerrado, após a Mata Atlântica, é o bioma que mais sofreu alteração devido à ocupação humana (MMA, 2017). A supressão de florestas nativas no Brasil é uma preocupação iminente para a sustentabilidade ambiental e a conservação de espécies florestais, sendo que no bioma Cerrado, algumas espécies da flora têm sido exploradas de

forma predatória, promovida principalmente pelo avanço das fronteiras agrícolas (Beuchle et al., 2015).

Segundo Resende et al. (1996), alguns fatores foram primordiais para a abertura de novas áreas de cultivo no Cerrado, como a mecanização facilitada, devido o relevo geralmente apresentar-se plano; existência de ampla malha viária; e o baixo valor das terras, aliado à proximidade com o mercado consumidor e disponibilidade de recursos hídricos, possibilitando a irrigação dos cultivos. Contudo, a conversão da vegetação nativa em monocultivos gera transtornos ao ciclo hidrológico local, interferindo no abastecimento do lençol freático e alterando a dinâmica das nascentes e cursos d'água do bioma (Mendes, 2012), além de modificações no estoque de carbono presente no ecossistema (Paiva et al., 2011).

O desenvolvimento de pesquisas sobre as espécies de ocorrência no Cerrado visa, entre outros pontos, identificar a aplicação das mesmas em sistemas alternativos de produção agrícola (Duboc, 2008). Entre os modelos de cultivo, os sistemas agroflorestais (SAFs) podem se mostrar como uma opção de elevado potencial de utilização, uma vez que as espécies do bioma Cerrado são uma opção para os produtores incrementarem suas áreas de produção, gerando uma fonte alternativa de renda e produtos, como alimentos e madeira, além de proporcionar serviços ambientais às propriedades.

O uso dos recursos oriundos do Cerrado é feito de forma extrativista, dado que a maioria das espécies vegetais presentes no bioma ainda não foram domesticadas (Melo, 2013). No entanto, tais espécies possuem uma peculiaridade que favorece o seu cultivo, como a produção de múltiplos produtos, como madeira, frutos, folhas, flores, cascas e resinas, os quais podem ser utilizados e/ou comercializados por quem as cultiva (Ribeiro et al., 2008). Os citados autores usam como exemplo uma árvore de baru (*Dypterix alata*), a qual aos 60 anos de idade apresenta madeira com porte comercial para serraria (toras). Contudo, a partir dos 5 anos de idade a espécie já produz frutos, os quais possuem polpa apreciada pelo gado na época de estiagem, além de amêndoa de elevada qualidade para alimentação humana.

Essa capacidade de múltiplo uso das espécies florestais do Cerrado é conhecida pelas populações regionais do bioma. Essas plantas chamam a atenção de pesquisadores, os quais procuram por produtos ainda não explorados, como medicamentos, aditivos, entre outros. Pereira (1992) aponta que grande parte desses trabalhos envolve os diversos usos dos produtos do Cerrado, em especial o uso alimentar e potencial econômico dos frutos de espécies vegetais nativas, existindo ainda muito a ser investigado.

2.2 Espécies florestais frutíferas nativas do Cerrado

O aumento da demanda por recursos como alimentos, bionergia e produtos florestais encontra forte concorrência com a necessidade de se reduzir o desmatamento em áreas de floresta nativa, caso do bioma Cerrado, o que requer a criação de estratégias de desenvolvimento socioeconômico sem que ocorra a perda da sustentabilidade dos recursos naturais. Uma solução para tal problema vem a ser a melhoria da eficiência dos sistemas de produção que combinem esses interesses, o que pode ser obtido pelo uso racional da terra (Vilela et al., 2011).

O cultivo de espécies florestais nativas do Cerrado compreende aspectos econômicos vantajosos, como a geração de renda devido à produção de frutos e agregação de renda à propriedade, gerando recursos financeiros a partir dos primeiros anos de plantio, ao mesmo tempo em que se acumula um capital de reserva para o futuro, como uma poupança verde (Ribeiro et al., 2008). Além disso, ocorre maior segurança alimentar do produtor e sua família, dado o aproveitamento dos frutos incrementando a nutrição dos mesmos, e a proteção ambiental, conservando espécies animais e vegetais, quando o objetivo do cultivo é o reflorestamento (Bardivieso et al., 2011).

O Cerrado ostenta notável diversidade vegetal, possuindo alto número de espécies frutíferas nativas, as quais oferecem uma gama de frutos comestíveis, de qualidade apreciável, cujo aproveitamento por populações humanas ocorre desde os primórdios de sua ocupação (Barbosa, 1996). Além disso, muitas espécies que ocorrem no Cerrado são passíveis de múltiplos usos, como alimentação, fins madeireiros e medicinais (Duboc, 2008). Dentre as espécies fruteiras do bioma com potencial para o cultivo, destacam-se a mama-cadela (*Brosimum gaudichaudii*) e a mangabeira (*Hancornia speciosa*).

Segundo Lorenzi (1998), a mama-cadela (*B. gaudichaudii*) é uma espécie da família Moraceae com ocorrência nos estados do Amazonas e Pará até o Paraná, além de Bolívia e Paraguai. A espécie é presente em Cerrados, Campos Cerrados e Cerradões. É uma planta decídua, heliófita e seletiva xerófila, corriqueira em solos arenosos e bem drenados. Apresenta frequência esparsa a elevada, com dispersão descontínua. A espécie é de grande importância para o Cerrado, devido ser a única representante do gênero *Brosimum* na vegetação do bioma (Palhares et al., 2006).

A mama-cadela é lactescente, possuindo de 4 a 10 m de altura, podendo chegar aos 25 m em casos excepcionais e possui copa ovalada. Seu tronco é geralmente cilíndrico e retilíneo e sua madeira é moderadamente pesada (0,72 g cm⁻³), macia, grã direita, textura média e de baixa durabilidade quando usada em ambientes externos, apresentando utilidade

para marcenaria, construção civil, lenha e carvão. Seus frutos são comestíveis e apreciados pelas populações locais do Brasil Central, além de conter caráter medicinal no tratamento de doenças de pele, como o vitiligo (Lorenzi, 1998; Almeida et al., 1998; Rodrigues e Carvalho, 2001).

Além do fato da degradação do Cerrado e a crescente ocupação do bioma com a abertura de novas áreas agrícolas e urbanas, a demanda pela mama-cadela para uso medicinal, a qual sofre com o extrativismo predatório de suas raízes, em conjunto com a falta de reposição de novos indivíduos, tem reduzido as populações naturais da espécie no Brasil (Bucher, 2002). Segundo Ji et al. (2004), o extrativismo do sistema radicular de uma planta, o que ocorre com a mama-cadela, é um ponto preocupante, devido os indivíduos poderem não resistir a tal estresse, o que compromete sua conservação. Outra preocupação em relação à conservação de *B. gaudichaudii* é referente ao avanço das fronteiras agrícolas e as queimadas no bioma Cerrado, os quais têm contribuído para a redução das populações da espécie. Sendo assim, a espécie enquadra-se como de elevada necessidade de conservação, caracterização e manejo sustentável (Vieira et al., 2002).

A falta de investimentos em técnicas de propagação e pesquisas sobre a reprodução da espécie apresenta-se como um dos fatores que limitam a produção de novos indivíduos (Bucher, 2002). Portanto, o desenvolvimento de novas tecnologias para a produção de mudas de *B. gaudichaudii* é importante, visando-se a conservação e o cultivo da espécie. A instalação de plantios é uma opção para a redução da pressão extrativista que a mama-cadela sofre em seu habitat natural, sendo essa uma alternativa para sua conservação, além de assegurar a oferta de seus produtos para o mercado consumidor.

A mangabeira é uma espécie arbórea da família Apocynaceae de ocorrência na região Nordeste (Caatinga) e no Brasil Central, até os estados de São Paulo e Mato Grosso do Sul. A mangabeira é uma planta semidecídua, heliófita e xerófita. Ocorre principalmente em terrenos arenosos e de baixa fertilidade (Lorenzi, 1992). Sua madeira é leve, esponjosa, de baixa resistência e durabilidade. A mesma é empregada apenas para produção de caixotes, lenha e carvão. É uma planta lactescente e possui de 5 a 7 m de altura. Possui tronco tortuoso, o qual possui de 20 a 30 cm de diâmetro. Suas folhas são simples e glabras nas duas faces (Lorenzi, 1992).

A espécie possui elevado potencial para a utilização em cultivos de espécies frutíferas tropicais, dada a sua aceitação no mercado nacional e internacional, por meio da comercialização de seus frutos e da polpa produzida a partir dos mesmos (Araújo et al., 2003). Deste modo, a mesma pode ser cultivada a fim de agregar renda a agricultores familiares, seja

em plantios puros ou por meio de consórcio com outras espécies arbóreas ou agrícolas, como no caso de SAFs.

A mangabeira apresenta dificuldades na propagação em condições naturais, em virtude de suas sementes serem recalcitrantes, as quais sofrem rápida desidratação do embrião (Gricoletto, 1997). Outro fato apontado pelo citado autor é que a polpa dos frutos causa inibição da germinação das sementes, o que demonstra a importância do beneficiamento das mesmas e a produção de mudas, além de novos plantios para se garantir a perpetuação da espécie e assegurar o fornecimento de seus frutos ao mercado consumidor. Essa espécie inicia a produção de frutos entre o terceiro e o quinto ano após o plantio, sendo que a partir do quinto ano a cultura pode apresentar produtividade de 10 a 12 t/ha (CONAB, 2014).

Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), a produção de mangaba no Brasil em 2015 foi de aproximadamente 680 toneladas (CONAB, 2017). Tal produção é considerada significativamente positiva, em virtude do reduzido número de plantios comerciais de mangabeira e por grande parte da produção, a qual gira em torno de 90% do total comercializado no Brasil, ser proveniente de extrativismo realizado por catadores e cooperativas, o que gera aumento do preço do produto e dificulta sua aquisição em centros urbanos distantes aos locais de coleta dos frutos (CONAB, 2017). Independentemente da origem dos frutos, outro obstáculo é a falta de técnicas de processamento da produção no Brasil, onde a maior parte das mangabas colhidas é vendida na forma fresca, não agregando valor à cultura (CONAB, 2014).

A maioria das espécies frutíferas do Cerrado são exploradas de forma extrativista (Donadio et al., 2002), e seu potencial é pouco explorado em larga escala, sendo estas utilizadas, em sua maioria, apenas por populações regionais (Carlos et al., 2014). No entanto, o extrativismo realizado de forma predatória pode ser um risco a essa biodiversidade, dado que a maioria dos coletores explora esse recurso de forma equivocada, visando, em primeiro plano, a maximização de lucros com a venda desses produtos (Ávidos e Ferreira, 2003).

A domesticação e o cultivo de espécies fruteiras do Cerrado em plantios comerciais pode contribuir de forma significativa para a conservação das mesmas em seu habitat natural (Ávidos e Ferreira, 2003). A correta aplicação de técnicas silviculturais em tais plantas apresenta grande importância econômica, social e ambiental, dada a sua capacidade de uso em plantios comerciais, assim como a manutenção de tais recursos para as gerações futuras.

As espécies fruteiras nativas ocupam lugar de destaque nesse bioma, onde seus frutos são comercializados em feiras locais, exibindo grande aceitação popular (Pereira e Pasqualetto, 2011). Existem mais de 58 espécies frutíferas do Cerrado que são conhecidas e consumidas

pela população que vive neste e em outros biomas. De acordo com o MMA (2017), algumas espécies do Cerrado que possuem frutos comestíveis apresentam mercado consumidor já bem estabelecido nos centros urbanos, como o Pequi (*Caryocar brasiliense*), Buriti (*Mauritia flexuosa*), Mangaba (*Hancornia speciosa*), Cagaita (*Eugenia dysenterica*), Bacupari (*Salacia crassifolia*), Cajuzinho do cerrado (*Anacardium humile*), Araticum (*Annona crassifolia*) e as sementes do Barú (*Dipteryx alata*), o que pode se tornar um atrativo aos produtores rurais na adoção do cultivo de tais espécies. Esses frutos possuem sabores característicos e são fontes de vitaminas, nutrientes, sais minerais, carboidratos e proteínas, compondo importante papel na alimentação dessas populações.

Outro mercado promissor que pode integrar essas essências nativas do bioma é a produção de compostos antioxidantes. Avaliando a ação anti-oxidativa dos frutos das espécies nativas do Cerrado *Annona crassiflora* (araticum), *Solanum lycocarpum* (lobeira), *Eugenia dysenterica* (cagaita), *Caryocar brasiliense* (pequi) e *Swartzia langsdorfii* (banha de galinha), Roesler et al. (2007) observaram que o extrato dos frutos dessas espécies apresenta excelente capacidade de captura de radicais livres. Esses extratos podem ser ainda mais efetivos, a depender do aprimoramento das técnicas de extração dos compostos fenólicos.

Roesler et al. (2007) ainda afirmam que o potencial dessas e outras espécies frutíferas do Cerrado eram desvalorizados, sendo consumidas apenas por populações regionais. Devido à desvalorização econômica desse recurso, o bioma sofre com o desmatamento e abertura de novas áreas para a expansão da agropecuária. Os autores ainda concluem que a aplicação dessas frutas na produção de antioxidantes é uma alternativa viável do ponto de vista econômico, devido à grande procura por esses produtos na indústria farmacêutica, cosmética e nutricional.

As espécies do bioma podem ser usadas em consórcios com espécies agrícolas, na formação de pomares, recuperação de áreas degradadas, plantios de enriquecimento da flora, entre outros fins (Gonçalves et al., 2015). Contudo, faz-se necessária a realização de novas pesquisas, objetivando-se preencher algumas lacunas em relação ao manejo dessas espécies, como as práticas silviculturais adequadas para cada região e espécie, recomendações de adubação, produção de mudas, etc.

Soldati e Albuquerque (2008) afirmam que a comercialização de produtos florestais não madeireiros, como frutos, resinas, óleos, etc., é uma alternativa de integrar a conservação da biodiversidade com a geração de renda, o que é um atrativo ao produtor. O aproveitamento econômico desses recursos incentiva a população local a valorizar o Cerrado como um todo, servindo como justificativa para o uso do “Cerrado em pé”, o que poderia reduzir a pressão da

abertura de novas áreas e gerar renda à população local (Ribeiro et al., 2008). Os citados autores ainda salientam que existe a necessidade de se realizar estudos sobre o manejo adequado dessas espécies, assim como pesquisas sobre os impactos ecológicos gerados pelo extrativismo vegetal.

2.3 Nutrição de espécies florestais nativas do Cerrado

A aplicação de fertilizantes ocorre devido o substrato não suprir os nutrientes em quantidades adequadas ao pleno crescimento das mudas. Para que os projetos que utilizam espécies arbóreas nativas obtenham sucesso, faz-se necessário conhecer aspectos silviculturais das plantas, em especial o seu requerimento nutricional, o que ressalta a importância de pesquisas sobre a resposta das mesmas a diferentes manejos de fertilização e a obtenção de recomendações de adubação, de modo a satisfazer as diversas finalidades de plantio (Cruz et al., 2011a).

Segundo Delarmelina et al. (2014), em viveiros florestais, é corriqueiro o uso de componentes orgânicos na formulação dos substratos utilizados na produção das mudas, visando melhorar os atributos físicos, químicos e biológicos. No entanto, tais formulações possuem quantidade insuficiente de nutrientes demandados para o crescimento das plantas, gerando a necessidade de fertilizações minerais para que o desenvolvimento dos vegetais ocorra adequadamente.

Uma dificuldade encontrada por viveiristas que produzem mudas de essências florestais nativas é o ritmo de crescimento lento de muitas delas, em especial as da classe sucessional clímax. Sendo assim, o emprego de tecnologias que promovam o crescimento das mudas com qualidade, em tempo reduzido e sob condições de acesso ao produtor são primordiais para o sucesso do empreendimento (Cunha et al., 2005). Nesse contexto, a fertilização mineral pode se tornar um grande aliado de produtores de mudas na solução desse problema, acelerando a expedição das mudas e reduzindo custos de produção, bem como o consumo de água.

Contudo, o emprego de espécies florestais nativas em plantios com fins comerciais e ambientais encontra grande barreira na falta de informações sobre as exigências nutricionais para a produção de mudas de qualidade das mesmas, o que também foi constatado por outros autores (Fernández et al., 1996; Cunha et al., 2005; Cruz et al., 2011a; Scalón et al., 2011; Gonçalves et al., 2012). Fato contrário é observado para algumas espécies arbóreas de origem exótica, como as pertencentes aos gêneros *Eucalyptus* e *Pinus*, as quais possuem grande

número de trabalhos científicos tratando da nutrição mineral e manejo de fertilização em viveiros florestais (Gonçalves et al., 2010).

Gonçalves et al. (2013) afirmam que o fornecimento adequado de nutrientes às plantas exerce função primordial na vida dos vegetais, dado que os mesmos compõem importantes processos de seu metabolismo, como a produção de compostos orgânicos e ativação/regulação de enzimas. O conhecimento do requerimento nutricional das espécies florestais nativas ainda é restrito a poucas espécies. Tais exigências nutricionais têm sido altamente diferenciadas, o que ressalta a necessidade de estudos gerando tais informações para subsidiar a produção de mudas (Duboc et al., 1996).

A frequência de projetos florestais com espécies nativas evidenciando resultados insatisfatórios pode ser atribuída a diversos fatores, em especial às extrapolações de recomendações de adubação geradas por meio de experimentos para uma dada cultura, hábito de crescimento e condições de solo e clima, as quais são arbitrariamente utilizadas para espécies com características não similares (Neves, 1983).

A resposta a um dado nutriente é variável de acordo com a espécie testada. Avaliando o crescimento, nutrição e nível crítico foliar de potássio (K) em mudas de umbuzeiro (*Spondias tuberosa*), Neves et al. (2007) observaram que a altura das plantas apresentou máxima produção física na dose 187 mg dm^{-3} . No entanto, Gonçalves et al. (2014) encontraram ausência de resposta da aplicação de K na altura total, diâmetro do coleto e produção de matéria seca de mudas de jacarandá-da-bahia (*Dalbergia nigra*) cultivadas em diferentes tipos de solos. Sendo assim, a determinação de doses críticas para cada nutriente, obtidas em nível de espécie, colaboram para maior precisão dessas recomendações para a produção de mudas.

A exigência nutricional dos vegetais altera-se de acordo com seu crescimento e desenvolvimento, mas também o status nutricional de uma planta pode interferir em sua taxa de crescimento e alterar algumas características morfológicas (Epstein e Bloom, 2006). Um exemplo da alteração em um caráter morfológico em resposta à fertilização ocorre em casos onde há maior disponibilidade de nitrogênio (N) no substrato, gerando incremento da área foliar (Malavolta et al., 1997).

A classe sucessional é outro aspecto a se perceber quanto à nutrição de espécies arbóreas nativas. Gonçalves et al. (2000) afirmam que plantas com elevadas taxas de crescimento, caso das pioneiras e secundárias iniciais, possuem maior demanda nutricional, além de absorver e acumular os minerais em seus tecidos de reserva em magnitude superior às observadas em espécies de estágios sucessionais avançados. Tal informação sugere que a

fertilização dessas plantas deve ser elevada, quando comparada às que por ventura venham a ocorrer em espécies clímax.

A realização de trabalhos no tocante à nutrição de espécies nativas do Brasil vem crescendo nos últimos anos, o que pode ser atribuído à maior demanda por projetos florestais com finalidades econômicas e ambientais utilizando-se essências nativas, como exemplo dos Sistemas Agroflorestais (SAFs), recuperação de áreas degradadas e plantios de enriquecimento de pastagens.

Na literatura encontram-se trabalhos referentes à fertilização de mudas de espécies florestais de ocorrência no Cerrado, entre elas *Sclerolobium paniculatum* (Dias et al., 1991), *Anadenanthera falcata* (Furtini Neto et al., 1999), *Guazuma ulmifolia* e *Peltophorum dubium* (Moraes Neto et al., 2003; Cruz et al., 2011a), *Anadenanthera colubrina* (Gomes et al., 2004), *Eremanthus erythropappus* (Venturin et al., 2005), *Luehea divaricata* (Ceconi et al., 2006), *Myroxylon peruiferum* (Santos et al., 2008), *Hancornia speciosa* (Dias et al., 2009), *Mimosa caesalpiniaefolia* (Gonçalves et al., 2010; Costa Filho et al., 2013), *Croton urucurana* (Sorreato et al., 2011), *Anadenanthera macrocarpa* (Gonçalves et al., 2012), *Cedrela fissilis* (Fontes et al., 2013; Freiberger et al., 2013), *Caryocar brasiliense* (Carlos et al., 2014), *Calophyllum brasiliense* (Ciriello et al., 2014) e *Dipteryx alata* (Silva et al., 2016).

No entanto, salienta-se a necessidade de promover novas pesquisas, com o objetivo de se avaliar um maior número de espécies florestais nativas do Cerrado e de outros biomas quanto ao uso de fertilizantes, formas de aplicação e doses aplicadas. Tais informações são importantes para o subsídio de novos trabalhos, além de servir como orientação para viveiristas e produtores de mudas.

O estudo de exigência nutricional das espécies nativas brasileiras é de extrema importância para que ocorra índice satisfatório de sobrevivência e rápido crescimento das mudas em campo, uma vez que são insuficientes as informações para se determinar um programa de manejo de fertilização para essa classe de plantas, sobretudo para todos os macronutrientes. Ao se estudar o efeito dos minerais no crescimento, desenvolvimento e nutrição de mudas é possível identificar aspectos importantes para o manejo de adubação, como se determinar qual elemento é o maior limitante para a espécie em questão, além de estabelecer doses adequadas para cada nutriente testado (Cruz et al., 2011b; Neves et al., 2004).

2.4 Substratos e produção de mudas de espécies nativas do Cerrado

A produção de mudas deve ser realizada a fim de se obter plantas com qualidade satisfatória, dado que o estabelecimento de um plantio de espécies nativas é fortemente influenciado por esse fator. Além dos aspectos referentes à nutrição das plantas, a escolha de substratos carece de informações (Pezzutti et al., 1999; Bardivieso et al., 2011). A seleção de um substrato adequado ao crescimento das mudas deve ser realizada com o intuito de promover um ambiente satisfatório aos vegetais quanto às suas necessidades para pleno crescimento e desenvolvimento (Gonçalves e Benedetti et al., 2000), sendo este um item de grande influência na produção de mudas (Pio et al., 2005).

Substrato pode ser definido como um material usado com finalidade de proporcionar suporte físico ao desenvolvimento de uma planta. Esse suporte pode ser também químico, por meio do fornecimento de nutrientes a muda em formação (Pasqual et al., 2001). Os substratos são compostos por uma fase sólida, sendo esta constituída por partículas minerais e orgânicas; uma fase líquida, onde há a mistura entre a água e os nutrientes, denominada solução do substrato; e por fim, uma parte gasosa, sendo esta o ar (Paiva e Gonçalves, 2001).

Durante a seleção de um substrato adequado para a produção de mudas, alguns aspectos devem ser considerados, como o custo de obtenção, qualidade e disponibilidade do material, características químicas (Ex: pH, quantidade de nutrientes e presença de metais pesados) e físicas (Ex: densidade, textura e agregação). Tais atributos interferem na qualidade do substrato, podendo afetar sua capacidade de aeração e retenção de água (Wendling et al., 2002). Os substratos devem ainda ser isentos de propágulos de plantas indesejáveis, pragas e fungos patogênicos (Hartmann et al., 2011).

O substrato interfere em aspectos físicos, químicos e biológicos, como a drenagem, aeração, retenção de água e disponibilidade de minerais, gerando efeitos nos processos de germinação de sementes, crescimento e formação do sistema radicular e o desenvolvimento da parte aérea. A germinação de sementes e a iniciação radicular estão intimamente atreladas à macroporosidade, enquanto a microporosidade e a superfície específica do substrato influenciam na retenção de água e disponibilidade de nutrientes, respectivamente (Caldeira et al., 2000).

O emprego de padrões técnicos e procedimentos adequados na composição dos substratos, como a definição do pH do substrato adequado à espécie em questão e a proporção entre materiais orgânicos e minerais para a produção de mudas pode melhorar a qualidade das mesmas, gerando plantas vigorosas e uniformes, o que resulta em maior chance de resistirem às adversidades do local de plantio e sobreviverem no campo. Tais práticas podem ser

aplicadas para a produção de mudas de qualquer espécie, independente de seu interesse ser comercial ou ambiental (Caldeira et al., 2012).

O uso de resíduos industriais orgânicos para a confecção de substratos para a produção de mudas tornou-se uma realidade no Brasil. Tal situação foi impulsionada pela alternativa de se reduzir custos de produção, além de minimizar a poluição gerada por indústrias (Oliveira et al., 2014). Alguns substratos orgânicos vêm ganhando espaço no setor de produção de mudas, devido constituir subprodutos de outros processos industriais e apresentarem custo relativamente baixo, como a casca de arroz, o lodo de esgoto, a fibra de coco, bagaço de cana, tortas, entre outros.

O composto com casca de pinus semidecomposta é um dos materiais mais utilizados na formulação de substratos. Esse produto é utilizado na produção de mudas de diversas espécies florestais (Delarmelina et al., 2014), sendo amplamente difundido em viveiros de mudas dos gêneros *Eucalyptus* e *Pinus*. Esse substrato é formulado, em muitas ocasiões, por meio da mistura de produtos orgânicos e minerais, como a casca de arroz carbonizada, fibra de coco, vermiculita expandida e turfas. Os componentes presentes no substrato, assim como a proporção entre eles, são variáveis de acordo com a espécie, região, empresa, custo de obtenção, entre outros.

Resultados positivos no crescimento de mudas de essências florestais utilizando-se substrato comercial foram observados em *Sebastiania commersoniana* (Boene et al., 2013), *Matayba guianensis* (Bao et al., 2014), *Bauhinia forficata* (Duarte e Nunes, 2012), *Eugenia uniflora* (Antunes et al., 2012) e *Hancornia speciosa* (Silva et al., 2011). No entanto, resultados não satisfatórios foram encontrados em *Ateleia glazioviana* (Caldeira et al., 2012), *Anadenanthera macrocarpa* (Uliana et al., 2014), *Copaifera langsdorffii* (Dutra et al., 2012) e *Enterolobium contortisiliquum* (Afonso et al., 2012), onde o substrato comercial gerou mudas com menor taxa de crescimento, mostrando que a resposta das espécies nativas à natureza dos substratos são diferentes. Isso indica que existe a necessidade de estudos com foco na escolha adequada de substratos para a produção de mudas dessas espécies considerando-se suas especificidades, a fim de se obter plantas com padrão de qualidade satisfatório para atender aos projetos florestais.

2.5 Aspectos morfológicos e qualidade de mudas

Para que um empreendimento florestal alcance resultados satisfatórios faz-se necessária a obtenção de mudas de qualidade para o plantio no local escolhido para esta finalidade. A qualidade de uma muda é entendida como a presença de determinados atributos

imprescindíveis para que a mesma consiga sobreviver e se desenvolver em ambiente sujeito a variações ambientais (Duryea, 1985), como o déficit hídrico, variações térmicas, entre outros. Desse modo, a avaliação qualitativa das mudas torna-se pertinente para o entendimento de seu desenvolvimento no viveiro e predição de sobrevivência e crescimento no campo (Gasparin et al., 2014).

Na determinação da qualidade de mudas de espécies florestais aptas para o plantio a campo, a escolha deve-se basear nos aspectos fenotípicos (morfológicos) e/ou nos internos das mudas (fisiológicos), sendo as características morfológicas as mais utilizadas por viveiristas, devido sua compreensão mais intuitiva e menor custo. Tais atributos são influenciados por fatores como a carga genética e a procedência da semente; das condições ambientais e técnicas de produção das mudas; e as estruturas, equipamentos e modo de transporte dessas para o campo (Gomes e Paiva, 2012).

Como exemplo de atributos necessários ao adequado crescimento e desenvolvimento de uma muda implantada no campo, a mesma deve apresentar parte aérea e sistema radicular bem formado, além de um bom estado nutricional. A presença dessas características eleva o poder de competição da espécie plantada em relação às plantas daninhas, reduzindo a frequência de controle de matocompetição e custos de replantio (Fonseca, 2005).

Para avaliação da qualidade das mudas, é comum o uso de características morfológicas, podendo-se citar como exemplo a altura total da parte aérea (H) e o diâmetro do coleto (DC), sendo ambos relacionados com a sobrevivência e o crescimento inicial das mudas em campo (Carneiro, 1995). Outras características também são utilizadas na distinção de classes de qualidade de mudas, como a produção de massa de matéria fresca e/ou seca da parte aérea, raízes e total; relação entre a altura total da parte aérea e o diâmetro do coleto (H/DC), altura total da parte aérea e massa de matéria seca da parte aérea (H/MSPA) e massa seca de parte aérea e raízes (MSPA/MSR).

A altura total da parte aérea demonstra correlação com a expectativa de crescimento inicial da muda após o plantio a campo. Tal característica sofre influência do manejo adotado durante a produção da muda, sendo uma característica responsiva aos tratamentos silviculturais realizados no viveiro. Por ser uma variável de fácil obtenção, além de ser quantificada por métodos não destrutivos, a H é muito utilizada na avaliação da qualidade de mudas (Gomes et al., 2002). Avaliando as características morfológicas e a qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*, Gomes et al. (2002) observaram que a altura contribuiu com 32,34% da qualidade das mudas aos 90 dias, mostrando que tal característica da planta é um dos mais importantes atributos para se qualificar uma muda.

De acordo com Gonçalves et al. (2000), para que se obtenham mudas com qualidade adequada, as mesmas devem possuir altura da parte aérea entre 20 e 35 cm. Contudo, o tamanho ideal da muda para que a mesma seja expedida para o campo depende de outros fatores, como a espécie e o sistema de plantio (Gomes e Paiva, 2012). Quando avaliada de forma isolada, a H da muda pode gerar transtornos ao silvicultor após o plantio a campo. Isso ocorre em casos em que uma muda alta e com reduzido DC (muda delgada) poderá facilmente sofrer tombamento após o plantio (Gasparin et al., 2014). Sendo assim, deve-se evitar usar essa única característica para a avaliação da qualidade de uma muda, sendo necessário o uso de outros atributos (Gonçalves et al., 2012).

O diâmetro a altura do coleto (DC) é um atributo considerado como um dos mais relevantes para estimar a sobrevivência de mudas de espécies florestais no campo (Gomes e Paiva, 2012). O mesmo quando observado de forma isolada ou em conjunto com a altura da parte aérea da muda é um forte indicativo da qualidade das mudas (Gomes et al., 2002). Segundo Scalon et al. (2001), quanto maior o DC de uma muda, maior será o particionamento de fotoassimilados na parte aérea da mesma, indicando maior chance de sobrevivência após o plantio.

A avaliação da relação entre a altura da muda e seu respectivo diâmetro de coleto (H/DC) é uma característica que exprime o equilíbrio de crescimento e quanto delgada está a muda (Carneiro, 1995). Salienta-se que, para uma mesma altura da parte aérea, quanto menor a H/DC, maior será a chance de sobrevivência da muda após o plantio (Gomes e Paiva, 2012). O manejo das mudas no viveiro pode afetar significativamente essa relação. Como exemplo, a aplicação de doses elevadas de N pode acarretar em maior incremento em altura e menor em diâmetro, gerando plantas pouco robustas e com menor capacidade de sobrevivência no campo (Carneiro, 1995; Gomes e Paiva, 2012). Espaçamento adensado no viveiro também pode ocasionar a produção de mudas delgadas, devido ao estiolamento das mesmas (Ritchie et al., 2010).

O quociente gerado pela divisão entre a altura da parte aérea e a massa de matéria seca produzida na parte aérea das mudas (H/MSPA) também expressa a capacidade de sobrevivência da muda em campo, em especial a sua resistência a ventos, seca e geadas (Haase, 2008). Quanto menor o valor dessa relação, mais lenhificada será a muda, possuindo melhor qualidade. Em espécies com elevado número de folhas, tal relação poderá apresentar valor reduzido, em especial em mudas produzidas sob condições de sombreamento, o que não expressa o esperado de forma adequada (Gomes e Paiva, 2012).

A produção de massa seca das plantas expressa alta correlação com sua qualidade. No entanto, tal operação nem sempre é viável em viveiros florestais, pois sua quantificação é realizada por meio de métodos destrutivos, além de necessitar de equipamentos especializados, como balanças de precisão e estufas, os quais nem sempre estão disponíveis aos viveiristas (Gomes e Paiva, 2012). A MSPA é um relevante indicativo da capacidade das plantas a resistirem às adversidades ambientais (Morgado et al., 2000). A parte aérea das plantas pode se tornar um reservatório de fotoassimilados, pois os mesmos estando alocados no caule poderão ser redistribuídos para a formação de novas folhas, o que permite maior captação de energia solar, influenciando no incremento de massa total da planta (Marenco e Lopes, 2005).

Assim como a produção de massa da parte aérea, a massa das raízes é um atributo que muito influencia na sobrevivência das mudas após o plantio a campo, sendo, portanto, uma característica relevante na avaliação da qualidade da muda. Quanto mais abundante o sistema radicular das mudas, independentemente da altura da mesma, maior serão suas chances de sobrevivência a campo (Gomes e Paiva, 2012).

Reis et al. (1989) afirmam que plantas com maior massa de raízes tendem a possuir elevado número de ápices radiculares, o que auxilia a absorção e transporte de água e nutrientes, assim como a produção de hormônios. No entanto, elevados valores de massa de sistema radicular pode estar atrelado a raízes mais desenvolvidas, o que levou Haase (2008) a mencionar que nem sempre a massa radicular está relacionada com a fibrosidade das mesmas, onde plantas que apresentem alta densidade de raízes finas podem ter a mesma massa de raízes de uma muda com raiz pivotante bem desenvolvida.

Outro fator que interfere na alocação de massa nas raízes é o ambiente, em especial a luminosidade do local onde as mudas são produzidas e a fertilidade do substrato. Para que as plantas suportem condições de altas taxas de fotossíntese e transpiração, as mesmas desenvolveram estratégia de maior acúmulo de massa de raízes, a fim de aprimorar a absorção de água e nutrientes em situações de intensa luminosidade (Carvalho et al., 2006). No tocante à fertilidade do substrato, Marschner et al. (1996) apontam que o crescimento de raízes pode ser impulsionado em situação de deficiência de nutrientes, sendo este um artifício visando à aquisição de minerais devido à exploração de um maior volume do substrato.

O quociente obtido pela divisão da massa de matéria seca produzida na parte aérea e raízes de mudas (MSPA/MSR) indica a estratégia de partição do carbono entre o sistema fotossintético (parte aérea) e o de absorção de nutrientes e água (raízes). Plantas que possuam valores elevados de relação MSPA/MSR estão mais sujeitas ao estresse hídrico (Uliana et al.,

2014), enquanto baixos valores exprimem adequada proporção entre o desenvolvimento da parte aérea e radicular, o que configura mudas de boa qualidade (Barbosa et al., 1997). No entanto, baixa relação MSPA/MSR pode ocorrer em ambientes com baixa fertilidade no substrato, devido ao maior crescimento das raízes em função da necessidade de maior exploração do solo em busca por minerais (Tedesco et al., 1999; Caldeira et al., 2000).

Em relação à massa de matéria seca total das plantas (MST), Cruz et al. (2010) inferem que o desejável para essa variável se encontra em seu máximo, devido ao fato de que mudas com elevada MST são mais vigorosas, rustificadas (endurecidas) e com alta capacidade fotossintética, o que promove melhor desenvolvimento do vegetal. A muda estando mais rustificada no momento do plantio possui menor chance de sofrer danos devido às condições adversas do ambiente, o que reduz a mortalidade das mesmas e necessidades de replantio (Gomes e Paiva, 2012).

Um dos índices mais utilizados na avaliação da qualidade das mudas é o Índice de Qualidade de Dickson (IQD). O mesmo foi criado por Dickson et al. (1960), os quais estudaram o comportamento de mudas de *Pinus monficola* e *Picea glauca*. Esse índice apresenta eficiência na predição da qualidade das plantas, devido considerar a robustez e o equilíbrio de partição de massa entre os diferentes órgãos da planta. O mesmo pondera características relevantes empregadas na avaliação da qualidade das mudas, como a H, DC, MST, MSPA e MSR (Fonseca et al., 2002; Gomes e Paiva, 2012; Melo e Cunha, 2008). Segundo Gomes e Paiva (2012), tal índice deve possuir valor igual ou superior a 0,20 para que uma muda possa ser de boa qualidade.

A qualidade de uma muda de espécie florestal está atrelada a fatores diversos, como a nutrição, substrato de cultivo, volume de recipiente, ambiente de crescimento, entre outros. Tais fatores atuam de forma integrada na aquisição de plantas com características superiores e com maior capacidade de sobrevivência após o plantio. O manejo do viveiro de mudas deve sempre considerar a qualidade como fator preponderante para o sucesso de um projeto florestal.

2.6 Interação fósforo x fungos micorrízicos arbusculares (FMA)

O fósforo (P) é um dos nutrientes mais importantes para as plantas, devido o mesmo ser relevante no metabolismo e crescimento dos vegetais; aquisição, armazenamento e transferência de energia, além de ser componente de ácidos nucléicos, fitina e fosfolípidios (Epstein e Bloom, 2006). Esse elemento está envolvido diretamente em diversos processos do metabolismo das plantas, como transdução de sinais e regulação da atividade celular dos

vegetais. Assim, a manutenção da homeostase celular deste elemento é central para organismos em geral, em particular para as plantas tropicais em solos de baixa fertilidade natural (Epstein e Bloom, 2006).

A disponibilidade de P em solos tropicais é geralmente reduzida, o que é explicado pela baixa solubilidade de compostos de fósforo no solo, além da presença de altos teores de argilominerais do tipo 1:1 e óxidos e hidróxidos de Fe e Al, os quais possuem grande poder de absorção de ânions (Novais e Smyth, 1999; Novais et al., 2007). No entanto, a aquisição e uso do P presente no solo também são influenciados pelo genótipo do vegetal, estando atrelados à capacidade de absorção e a eficiência de utilização do mineral (Resende et al., 2000).

A adubação torna-se necessária quando o solo não supre um dado nutriente em quantidades necessárias para o adequado crescimento do vegetal. Em condições de cultivo, quando o P se encontra com baixa disponibilidade, torna-se fundamental a prática da adubação fosfatada. Vários aspectos interferem nessa operação, como a fertilidade do solo; as características do fertilizante, como a sua eficiência e reação no solo; necessidade da espécie e fatores de ordem econômica (Gonçalves, 1995). No entanto, a eficiência da adubação fosfatada é baixa, em especial em solos com elevado grau de intemperismo (Santos et al., 2011), o que reforça a necessidade de novas tecnologias, visando contornar tal problema. Nesse contexto, os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) tornam-se uma alternativa promissora para a superação desse obstáculo da silvicultura tropical.

A utilização de FMA é uma biotecnologia que tem sido aplicada a várias culturas agrícolas e florestais, o que pode constituir-se em alternativa para incrementar a produção de alimentos e reduzindo a quantidade de fertilizantes aplicados no solo, dado que as hifas dos fungos micorrízicos arbusculares aumentam o volume de solo explorado e, conseqüentemente, o aproveitamento de insumos que eventualmente são aplicados (Moreira e Siqueira, 2006). O elevado custo desses insumos, aliado à baixa eficiência de absorção pelas plantas, em especial as fontes de fósforo, requerem novas práticas com o intuito de tornar o seu uso mais eficaz, visando à redução dos custos de produção (Moreira e Siqueira, 2006).

Os FMA são organismos simbiotróficos mutualistas obrigatórios e completam seu ciclo apenas quando associados a raízes de vegetais (Siqueira et al., 1985). O fluxo bidirecional de nutrientes e compostos orgânicos é essencial para a planta e o fungo, o qual não é capaz de se desenvolver e esporular na ausência de um hospedeiro (Siqueira et al., 1985). Sendo assim, faz-se necessária a presença da raiz viva de um vegetal para que os FMA se multipliquem, o que pode ser um grande empecilho para a obtenção de inoculantes desses organismos simbiotes em larga escala, com baixo custo e alta eficiência (Pasqualini, 2013).

Durante a associação micorrízica a interação entre os parceiros torna-se estreita em relação à integração fisiológica e morfológica. Com isso, tem-se uma elevada compatibilidade funcional, onde o vegetal obtém proveito devido à maior absorção de água e nutrientes ocasionada pela hifa dos fungos, a qual funciona como extensão do sistema radicular, enquanto o fungo recebe fotoassimilados da planta (Smith e Read, 2008).

O incremento no desenvolvimento das plantas micorrizadas pode ser atribuído à capacidade dos fungos em aumentar a área de exploração do solo, pela maior eficiência na absorção de nutrientes pelas hifas extrarradiculares quando comparadas às raízes (Moreira e Siqueira, 2006; Balota et al., 1997), além de tornar o sistema radicular das plantas mais vigoroso e estimular a produção de hormônios vegetais (Yao et al., 2005). Esses microrganismos não possuem a capacidade de introduzir P ao sistema, como no caso do nitrogênio pelas bactérias diazotróficas, mas eles conseguem alterar a dinâmica do nutriente no solo, fazendo que a absorção de fósforo e o aproveitamento das adubações fosfatadas realizadas em cultivos agrícolas aumentem (De-Polli et al., 1988; Cardoso et al., 2010).

Outro benefício da presença dos FMA nos sistemas de cultivo é a melhoria da qualidade do solo. Dentre os fatores físicos, químicos e biológicos responsáveis pela agregação de solo, os FMA fazem parte dos fatores biológicos com maior contribuição na agregação de solo, devido à diversidade de mecanismos usados por estes microrganismos na formação de agregados, como enrolamento físico de partículas do solo por redes de hifas (Bearden e Petersen, 2000). Existem diversos fatores que influenciam a atividade dos fungos micorrízicos arbusculares, dentre eles estão os sistemas de uso e manejo do solo. Por outro lado, os fatores tais como textura e agregação do solo, espécie, variedade e sistema radicular das plantas, também têm influência sobre a sua atividade (Moreira e Siqueira 2006).

Espécies vegetais que possuem altas taxas de crescimento, sistema radicular pouco desenvolvido e com maior capacidade de se associar com FMA, são responsivas ao fornecimento de P (Furtini Neto et al., 2005). O conhecimento das espécies arbóreas nativas que apresentem respostas positivas à inoculação com micorrizas é um fator importante para o sucesso de projetos de recuperação de áreas degradadas e reflorestamentos com fins econômicos, dado que na grande parte dos locais onde tais projetos são instalados ocorrem limitações, principalmente nutricionais, para o desenvolvimento e estabelecimento das mudas a campo (Sugai et al., 2011).

Quando o ambiente é estressante para a planta, com baixo suprimento de água e de nutrientes, particularmente de P, geralmente as micorrizas garantem benefícios para a planta. São nestas condições que as associações micorrízicas assumem um papel determinante na

sobrevivência de diversas espécies vegetais, incapazes de mobilizar este elemento (Gamper et al., 2004). Porém, em altos níveis de P, ocorre redução da colonização radicular, causando diminuição no crescimento do vegetal (Carneiro et al., 2004; Cardoso et al., 2010), ressaltando a necessidade da determinação de doses adequadas de P que favoreçam o crescimento de mudas de diferentes espécies florestais nativas associadas aos FMA.

O benefício proporcionado pela interação da aplicação de doses de P e inoculação com FMA no crescimento inicial de espécies nativas do bioma Cerrado já foram observados em mangaba (*Hancornia speciosa*) (Costa et al., 2005), angico (*Anadenanthera macrocarpa*) (Sugai et al., 2011) e caroba (*Jacaranda cuspidifolia*), gabioba (*Campomanesia cambessedeanana*), ingá (*Inga laurina*) e chichá (*Sterculia striata*) (Lacerda et al., 2011). No entanto, resultados não satisfatórios também são encontrados, como os observados por Carneiro et al. (2004), avaliando crescimento inicial de mudas de embaúba (*Cecropia pachystachya*) aos 120 dias após a semeadura (DAS), e por Leite et al. (2014), avaliando o crescimento de mudas de mulungu (*Erythrina velutina*) aos 98 DAS.

Analisando o crescimento inicial de mudas de 31 espécies florestais, sendo 24 nativas da flora brasileira, incluindo algumas do bioma Cerrado, em resposta a superfosfato simples (ausência e presença) e à inoculação com FMA (*Glomus etunicatum* e *Gigaspora margarita*), Carneiro et al. (1996) observaram que a dependência micorrízica (DM) apresentou grande variação entre as espécies do Cerrado, onde algumas demonstraram elevada DM (cerca de 100%) na ausência de aplicações de superfosfato simples, como *Trema micrantha* (Trema) *Luehea sp.* (Açoita cavalo) e *Schinus terebinthifolius* (Aroeirinha), enquanto *Copaifera langsdorffii* (Copaíba), *Hymenaea courbaril* (Jatobá) e *Talauma ovata* (pinha do brejo) responderam de forma modesta (DM < 5%) aos FMA. Tal resultado demonstra que a resposta à inoculação micorrízica é variável de acordo com a espécie vegetal e que extrapolações de resultados para outras espécies devem ser ponderadas, o que pode ser um estímulo à realização de novos trabalhos para se avaliar tais peculiaridades.

Os FMA desempenham papel relevante na estruturação das comunidades vegetais, devido alterarem a competitividade entre as espécies. Tais microrganismos intercedem significativamente nos processos de recuperação de áreas degradadas, em especial tratando-se de ambientes com baixo suprimento de P, caso de grande parte dos solos tropicais (Flores-Aylas et al., 2003).

A utilização de microrganismos benéficos, como os FMA, no substrato das mudas é uma alternativa viável para promover melhorias e uniformidade no crescimento das plantas, aumentar a eficiência de fertilizações, em especial as que contenham P, além de melhorar o

vigor e sobrevivência das mudas após o plantio no campo. Contudo, grande parte dos substratos de cultivo utilizados na produção de mudas são inertes e livres de microorganismos promotores do crescimento de plantas (Goetten et al., 2016), o que compromete a produção de mudas de determinadas espécies vegetais.

O Brasil possui grande capacidade para utilizar a biotecnologia como aliada na produção de bens e serviços em diversas áreas, como a silvicultura. O uso de FMA apresenta potencial considerado, dadas as condições de solo e clima e a aptidão silvicultural do país, tornando essa tecnologia viável e interessante (Souza et al., 2006).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFONSO, M. V.; MARTINAZZO, E. G.; AUMONDE, T. Z.; VILLELA, F. A. Composição do substrato, vigor e parâmetros fisiológicos de mudas de timbaúva (*Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong). **Revista Árvore**, v. 36, n. 6, p. 1019-1026, 2012.

ALMEIDA, S. P.; PROENÇA, C. E. B.; SANO, S. M.; RIBEIRO, J. F. **Cerrado: espécies vegetais úteis**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1998. 464p.

ANTUNES, L. E. C.; PICOLOTTO, L.; VIGNOLO, G. K.; GONÇALVES, M. A. Influência do substrato, tamanho de sementes e maturação de frutos na formação de mudas de pitangueira. **Revista Brasileira de fruticultura**, v. 34, n. 4, p. 1216-1223, 2012.

ARAÚJO, I. A.; FRANCO, C. F. O.; BARREIRO NETO, M. ; FONTINÉLLI, I. S. C. Avaliação Fenológica dos Frutos de Progênies de Mangabeira Cultivadas no Litoral Paraibano. In: **Anais**. I Simpósio Brasileiro sobre a Cultura da Mangaba. Aracaju, SE: Embrapa semi-árido, 2003.

ARRUA, L. L. D. C.; COSTA, E.; BARDIVIESSO, E. M.; NASCIMENTO, D. M. D.; BINOTTI, F. F. D. S. Protected environments and substrates for mangabeira seedlings (*Hancornia speciosa* Gomez) production. **Engenharia Agrícola**, v. 36, n. 6, p. 984-995, 2016.

ÁVIDOS, M. F. D.; FERREIRA, L. T. **Frutos dos Cerrados** – Preservação gera muitos frutos. 2003. Disponível em: <<http://www.almanaquedocampo.com.br/imagens/files/frutos%20do%20Cerrado.pdf>> Acesso em: 30 ago. 2017.

BALOTA, E. L.; LOPES, E. S.; HUNGRIA, M.; DOBEREINER, J. Inoculação de bactérias diazotróficas e fungos micorrízicos arbusculares na cultura da mandioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 32, n. 6, p. 627-639, 1997.

BAO, F.; LIMA, L. B.; LUZ, P. B. Caracterização morfológica do ramo, sementes e plântulas de *Matayba guianensis* Aubl. e produção de mudas em diferentes recipientes e substratos. **Revista Árvore**, v. 38, n. 1, p. 63-71, 2014.

- BARBOSA, A. S. **Sistema biogeográfico do Cerrado: alguns elementos para sua caracterização**. Goiânia: Editora UCG, 1996. 44 p.
- BARBOSA, Z.; CARVALHO, J. G.; MORAIS, A. R. Fósforo e zinco na nutrição e crescimento da aroeira-do-sertão (*Myracrodruon urundeuva* Fr. All.) I. Características de crescimento das plantas. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 21, n. 2, p. 196-204, 1997.
- BARDIVIESSO, D. M.; MARUYAMA, W. I.; REIS, L. L.; MODESTO, J. H.; REZENDE, W. E. Diferentes substratos e recipientes na produção de mudas de guabiroba (*Campomanesia pubescens* O. Berg). **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, Garça, v. 18, n. 1, p. 52-59, 2011.
- BEARDEN, B. N.; PETERSEN, L. Influence of arbuscular mycorrhizal fungi on soil structure and aggregate stability of vertisols. **Plant and Soil**, v. 218, p. 173-183, 2000.
- BEUCHLE, R.; GRECCHI, R. C.; SHIMABUKURO, Y. E.; SELIGER, R.; EVA, H. D.; SANO, E.; ACHARD, F. Land cover changes in the Brazilian Cerrado and Caatinga biomes from 1990 to 2010 based on a systematic remote sensing sampling approach. **Applied Geography**, v. 58, p. 116-127, 2015.
- BOENE, H. C. A. M.; NOGUEIRA, A. C.; SOUSA, N. J.; KRATZ, D.; SOUZA, P. V. D. Efeitos de diferentes substratos na produção de mudas de *Sebastiania commersoniana*. **Floresta**, v. 43, n. 3, p. 407-420, 2013.
- BUCHER, J. P. **Aspéctos de conservação *in vitro* e micropropagação de mama-cadela (*Brosimum gaudichaudii* Tréc., Moraceae)**. 2002. 64 p. Dissertação (Mestrado em Botânica) - Departamento de Botânica, Universidade de Brasília, Brasília, DF.
- CALDEIRA, M. V. W.; PERONI, L.; GOMES, D. R.; DELARMELINA, W. M.; TRAZZI, P. A. Diferentes proporções de biossólido na composição de substratos para a produção de mudas de timbó (*Ateleia glazioviana* Baill.). **Scientia Forestalis**, v. 40, n. 43, p. 15-22, 2012.
- CALDEIRA, M. V. W.; SCHUMACHER, M. V.; BARICHELLO, L. R.; VOGEL, H. L. M.; OLIVEIRA, L. S. Crescimento de mudas de *Eucalyptus saligna* Smith em função de diferentes doses de vermicomposto. **Floresta**, v. 28, n. 1/2, p. 19- 30, 2000.
- CARDOSO, E. J. B. N.; CARDOSO, I. M.; NOGUEIRA, M. A.; BARRETA, 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. **Micorrizas: 30 anos de pesquisa no Brasil**. Lavras: UFLA, 2010. p. 153-214.
- CARLOS, L.; VENTURIN, N.; MACEDO, R. L. G.; HIGASHIKAWA, E. M.; GARCIA, M. B.; FARIAS, E. S. Crescimento e nutrição mineral de mudas de pequi sob efeito da omissão de nutrientes. **Ciência Florestal**, v. 24, n. 1, p. 13-21, 2014.
- CARNEIRO, J. G. de A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba: UFPR/FUPEF, 1995. 451 p.

CARNEIRO, M. A. C.; SIQUEIRA J. O.; DAVIDE, A. C. Fósforo e inoculação com fungos micorrízicos arbusculares no estabelecimento de mudas de embaúba (*Cecropia pachystachya* Trec). **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 34, n. 3, p. 119-125, 2004.

CARNEIRO, M. A. C.; SIQUEIRA, J. O.; DAVIDE, A. C.; GOMES, L. J.; CURI, N.; VALE, F. R. Fungo micorrízico e superfosfato no crescimento de espécies arbóreas tropicais. **Scientia Forestalis**, n. 50, p. 21-36, 1996.

CARVALHO, N. O. S.; PELACANI, C. R.; RODRIGUES, M. O. S.; CREPALDI, I. C. Crescimento inicial de plantas de licuri (*Syagrus coronata* (Mart.) Becc.) em diferentes níveis de luminosidade. **Revista Árvore**, v. 30, n. 3, p. 351-357, 2006.

CECONI, D. E.; POLETTO, I.; BRUN, E. J.; LOVATO, T. Crescimento de mudas de açoita-cavalo (*Luehea divaricata* Mart.) sob influência da adubação fosfatada. **Cerne**, v. 12, n. 3, p. 292-299, 2006.

CIRIELLO, V.; GUERRINI, I. A.; BACKES, C. Doses de nitrogênio no crescimento inicial e nutrição de plantas de guanandi. **Cerne**, v. 20, n. 4, p. 653-660 2014.

CONAB. **Conjuntura mensal - Mangaba (fruto)**. Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14_10_10_17_14_06_mangabasetembro2014.pdf. Acesso em: 03 fev. 2018.

CONAB. **Conjuntura mensal - Mangaba (fruto)**. Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_02_21_09_01_36_conjuntura_mangaba_-_jan_-_1_2017.pdf. Acesso em: 03 fev. 2018.

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**, v. 40, n. 3, p. 225-232, 2005.

COSTA FILHO, R. T.; VALERI, S. V.; CRUZ, M. C. P. Calagem e adubação fosfatada no crescimento de mudas de *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth. em Latossolo vermelho-amarelo. **Ciência florestal**, v. 23, n.1, p. 89-98, 2013.

CRUZ, C. A. F.; CUNHA, A. C. M. C. M.; PAIVA, H. N.; NEVES, J. C. L. Efeito de macronutrientes sobre o crescimento e qualidade de mudas de canafístula cultivadas em Latossolo vermelho-amarelo distrófico. **Revista Árvore**, v. 35, n. 5, p. 983-995, 2011a.

CRUZ, C. A. F.; PAIVA, H. N.; CUNHA, A. C. M. C. M.; NEVES, J. C. L. Macronutrientes na produção de mudas de canafístula em argissolo vermelho amarelo da região da zona da mata, MG. **Ciência Florestal**, v. 21, n. 3, p. 445-457, 2011b.

CRUZ, C. A. F.; PAIVA, H. N.; NEVES, J. C. L.; CUNHA, A. C. M. C. M. Resposta de mudas de *Senna macranthera* (dc. Ex collad.) Hs Irwin & Barnaby (fedegoso) cultivadas em Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico a macronutrientes. **Revista Árvore**, v. 34, n.1, p. 13-24, 2010.

- CUNHA, A. O.; ANDRADE, L. A.; BRUNO, R. L. A.; SILVA, J. A. L.; SOUZA, V. C. Efeitos de substratos e das dimensões dos recipientes na qualidade das mudas de *Tabebuia impetiginosa* (Mart. Ex DC) Standl. **Revista Árvore**, v. 24, n. 4, p. 507-516, 2005.
- DELARMELINA, W. M.; CALDEIRA, M. V. W.; FARIA, J. C. T.; GONÇALVES, E. O.; ROCHA, R. L. F. Diferentes substratos para a produção de mudas de *Sesbania virgata*. **Floresta e Ambiente**, v. 21, n. 2, p. 224-233, 2014.
- DE-POLLI, H.; FRANCO, A. A.; ALMEIDA, D. L.; DUQUE, F.F.; MONTEIRO, E. M.; DÖBEREINER, J. **A biologia do solo na agricultura**. 1. ed. Rio de Janeiro; Embrapa-UAPNPBS, 1988. 48 p.
- DIAS, L. E.; VENEGAS, V. H. A.; JUCKSCH, I.; BARROS, N. F.; JÚNIOR, S. B. Formação de mudas de taxi-branco (*Sclerolobium paniculatum* Voguel). I. Resposta a calcário e fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 26, n. 1, p. 69-76, 1991.
- DIAS, T. J.; PEREIRA, W. E., CAVACANTE, L. F.; RAPOSO, R. W. C.; FREIRE, J. L. O. Desenvolvimento e qualidade nutricional de mudas de mangabeiras cultivadas em substratos contendo fibra de coco e adubação fosfatada. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, n. 2, p. 512-523, 2009.
- DICKSON, A.; LEAF, A. L.; HOSNER, J. F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **Forestry Chronicle**, v. 36, p. 10-13, 1960.
- DONADIO, L. C.; MÖRO, F. V.; SERVIDONE, A. A. **Frutas brasileiras**. Jaboticabal: Novos Talentos, 2002. 288p.
- DUARTE, D. M.; NUNES, U. R. Crescimento inicial de mudas de *Bauhinia forficata* Link em diferentes substratos. **Cerne**, v.18, n. 2, p. 327-334, 2012.
- DUBOC, E. Sistemas agroflorestais e o Cerrado. In: FALEIRO, F.; FARIAS NETO, A.L. (Ed). **Savana: desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2008. p. 965-985.
- DUBOC, E.; VENTORIM, N.; VALE, F. R. D.; DAVIDE, A. C. Nutrição do jatobá (*Hymenaea courbaril* L. var. *stilbocarpa* (Hayne) Lee et Lang.). **Cerne**, v. 2, n. 1, p. 31-47, 1996.
- DURYEA, M. L. Evaluating seedling quality importance to reforestation. In: DURYEA, M. L. **Evaluating seedling quality principles, procedures, and predictive abilities of major tests**. Corvallis: Forest Research Laboratory Oregon State University, 1985. p. 1-6.
- DUTRA, T. R.; GRAZZIOTTI, P. H.; SANTANA, R. C.; MASSAD, M. D. Desenvolvimento inicial de mudas de copaíba sob diferentes níveis de sombreamento e substratos. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 2, p. 321-329, 2012.
- EITEN, G. The Cerrado vegetation of Brazil. **Botanical Review**, v.38, n. 2, p.201-341, 1972.
- EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição mineral de plantas: Princípios e perspectivas**. 2.ed. Londrina: Planta, 2006. 401p.

FELFILI, J. M.; SILVA JÚNIOR, M. C.; SEVILHA, A. C.; FAGG, C. W.; WALTER, B. M. T.; NOGUEIRA, P. E.; REZENDE, A. V. Diversity, floristic and structural patterns of Cerrado vegetation in Central Brazil. **Plant Ecology**, v.175, n. 1, p.37-46, 2004.

FERNANDEZ, J. Q. P.; RUIVO, M. D. L.; DIAS, L. E.; COSTA, J. D.; DIAZ, R. R. Crescimento de mudas de *Mimosa tenuiflora* submetidas a diferentes níveis de calagem e doses de fósforo, potássio e enxofre. **Revista Árvore**, v. 20, n. 4, p. 425-431, 1996.

FLORES-AYLAS, W. W.; SAGGIN-JÚNIOR, O. J.; SIQUEIRA, J. O.; DAVIDE, A. C. Efeito de *Glomus etunicatum* e fósforo no crescimento inicial de espécies arbóreas em semeadura direta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 2, p. 257-266, 2003.

FONSECA, E. P.; VALÉRI, S. V., MIGLIORANZA, E.; FONSECA, N. A. N.; COUTO, L. Target seedlings of *Trema micrantha* (L.) Blume grown under different periods of shading. **Revista árvore**, v. 26, n. 4, p. 515-523, 2002.

FONSECA, F. A. **Produção de mudas de *Acacia mangium* Wild. e *Mimosa artemisiana* Heringer & Paula, em diferentes recipientes, utilizando compostos de resíduos urbanos, para a recuperação de áreas degradadas.** 2005. 61p. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica-RJ.

FONTES, A. G.; GAMA-RODRIGUES, A. C.; GAMA-RODRIGUES, E. F. Eficiência nutricional de espécies arbóreas em função da fertilização fosfatada. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 33, n. 73, p. 9-18, 2013.

FREIBERGER, M. B.; GUERRINI, I. A.; GALETTI, G.; FERNANDES, D.M.; CORRÊA, J. C. Crescimento inicial e nutrição de cedro (*Cedrela fissilis* Vell.) em função de doses de nitrogênio. **Revista Árvore**, v. 37, n. 3, p. 385-392, 2013.

FURTINI NETO, A. E.; SIQUEIRA, J. O.; CURI, N.; MOREIRA, F. M. S. Fertilização em reflorestamentos com espécies nativas. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETI, V. (Ed.). **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2005. p. 351-383.

FURTINI NETO, A. E.; RESENDE, Á. V.; VALE, F. R.; FAQUIN, V.; FERNANDES, L. A. Acidez do solo, crescimento e nutrição mineral de algumas espécies arbóreas, na fase de muda. **Cerne**, v. 5, n. 2, p. 1-12, 1999.

GAMPER H.; PETER M.; JANSAN J.; LUSCHER A.; HARTWIG U.A.; LEUCHTMANN A. Arbuscular mycorrhizal fungi benefit from 7 years of free air CO₂ enrichment in well-fertilized grass and legume monocultures. **Global Change Biology**. v. 10, p. 189-199, 2004.

GASPARIN, E.; AVILA, A. L.; ARAUJO, M. M.; CARGNELUTTI FILHO, A.; DORNELES, D. U.; FOLTZ, D. R. B. Influência do substrato e do volume de recipiente na qualidade das mudas de *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart. em viveiro e no campo. **Ciência Florestal**, v. 24, n. 3, p. 553-563, 2014.

GOETTEN, L. C.; MORETTO, G.; STÜRMER, S. L. Influence of arbuscular mycorrhizal fungi inoculum produced on farm and phosphorus on growth and nutrition native Woody plant species from Brazil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 30, n. 1, p. 9-16, 2016.

GOMES, J. M.; PAIVA, H. N. **Viveiros florestais: propagação sexuada**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2012. 116p.

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

GOMES, K. C. O.; PAIVA, H. N.; NEVES, J. C. L.; BARROS, N. F.; SILVA, S. R. Influência da saturação por bases e do fósforo no crescimento de mudas de angico-branco. **Revista Árvore**, v. 28, n. 6, p. 785-792, 2004.

GONÇALVES, E. O.; PAIVA, H. N.; NEVES, J. C. L.; KLIPPEL, V. H.; CALDEIRA, M. V. W. Crescimento de Jacarandá-da-bahia (*Dalbergia nigra* ((Vell.) Fr. All. ex Benth)) sob diferentes doses de NPK. **Revista Cerne**, v. 20, n. 3, p. 493-500, 2014.

GONÇALVES, E. O.; PAIVA, H. N.; NEVES, J. C. L.; GOMES, J. M. Nutrição de mudas de *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth. sob diferentes doses de N, P, K, Ca e Mg. **Ciência Florestal**, v. 23, n. 2, p. 273-286, 2013.

GONÇALVES, E. O.; PAIVA, H. N.; NEVES, J. C. L.; GOMES, J. M. Nutrição de mudas de angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan) submetidas a doses de N, P, K, Ca e Mg. **Revista Árvore**, v. 36, n. 2, p. 219-228, 2012.

GONÇALVES, E. O.; PAIVA, H. N.; NEVES, J. C. L.; GOMES, J. M. Crescimento de mudas de sansão-do-campo (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.) sob diferentes doses de macronutrientes. **Scientia Forestalis**, v. 38, n. 88, p. 599-609, 2010.

GONÇALVES, J. L. M.; SANTARELLI, E. G.; MORAES NETO, S. P. Produção de mudas de espécies nativas: substrato, nutrição, sombreamento e fertilização. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETI, V. (Ed.). **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. p. 309-350.

GONÇALVES, J. L. M. **Recomendações de adubação para *Eucalyptus*, *Pinus* e espécies típicas da Mata Atlântica**. Documentos florestais, Piracicaba, v. 15, p. 1-23, 1995.

GONÇALVES, K. G.; DUARTE, G. S. D.; TSUKAMOTO FILHO, A. A. Espécies frutíferas do Cerrado e seu potencial para os SAFs. **FLOVET-Boletim do Grupo de Pesquisa da Flora, Vegetação e Etnobotânica**, v. 1, n. 7, p. 64-79, 2015.

GRICOLETTO, E. R. **Micropropagação de *Hancornia speciosa* Gomes (Mangabeira)**. 1997. 76 p. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) – Universidade Estadual de Brasília, Brasília, DF.

HAASE, D. L. Understanding forest seedling quality: measurements and interpretation. **Tree Planters' Notes**, v. 52, n. 2, p. 24-30, 2008.

HARTMANN, H. T.; KESTER, D. E.; DAVIES JR., F. T.; GENEVE, R. **Plant propagation: principles and practices**. 8. ed. Boston: Prentice-Hall, 2011. 915 p.

JI, H.; SHENGJI, P.; CHUNLIN, L. An ethnobotanical study of medicinal plants used by the Lisu people in Nujiang, Northwest Yunnan, China. **Economic Botany**, v. 58, n. 1, p. 253-264, 2004.

KRATZ, D.; WENDLLING, I.; NOGUEIRA, A. C.; ZOUZA, P. V. Propriedades físicas e químicas de substratos renováveis. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 37, n. 6, p. 1103-1113, 2013.

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

LEITE, T. S.; FREITAS, R. M. O.; DOMBROSKI, J. L. D.; LEITE, M. S.; RODRIGUES, M. R. O. Crescimento e partição da biomassa de mudas de mulungu sob adubação fosfatada e inoculação micorrízica. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 34, n. 80, p. 407-415, 2014.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Instituto Plantarum, v. 2, 1998. 352 p.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Editora Plantarum, v. 1, 1992. 352 p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319 p.

MARENCO, R. A.; LOPES, N. F. **Fisiologia vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral**. Viçosa: UFV, 2005. 451p.

MARSCHNER, H.; KIRKBY, E. A.; CAKMAK, I. Effect of mineral nutritional status on shoot-root partitioning of photoassimilates and cycling of mineral nutrients. **Journal of Experimental Botany**, v. 47, Special issue, p. 1255-1263, 1996.

MELO, R. R.; CUNHA, M. C. L. Crescimento inicial de mudas de mulungu (*Erythrina velutina* Wild.) sob diferentes níveis de luminosidade. **Ambiência**, v. 4, n. 1, p. 67-77, 2008.

MELO, S. W. C. **Extrativismo vegetal como estratégia de desenvolvimento rural no Cerrado**. 2013. 197 p. Dissertação (Mestrado em Agronegócio) – Universidade de Brasília, Brasília-DF.

MENDES, W. C. **As representações sociais do bioma cerrado entre os alunos do Curso de Tecnologia em Gestão Ambiental do Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí**. 2012. 79 p. Dissertação (Mestrado em Educação Agrícola) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica-RJ.

MMA - Ministério do meio ambiente. **O bioma Cerrado**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/biomas/cerrado>> Acesso em: 25 ago. 2017.

MORAES NETO, S. P.; GONÇALVES, J. L. M.; RODRIGUES, C. J.; GERES, W. L. A., DUCATTI, F.; AGUIRRE JUNIOR, J. H. Produção de mudas de espécies arbóreas nativas

com combinações de adubos de liberação controlada e prontamente solúveis. **Revista Árvore**, v. 27, n. 6, p. 779-789, 2003.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2. ed. atualizada e ampliada. Larvas: UFLA, 2006. 729p.

MORGADO, I. F.; CARNEIRO, J. D. A.; LELES, P. D. S.; BARROSO, D. G. Nova metodologia de produção de mudas de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden utilizando resíduos prensados como substratos. **Revista Árvore**, v. 24, n. 1, p. 27-33, 2000.

NEVES, O. S. C.; CARVALHO, J. G.; FERREIRA, E. V. O.; PEREIRA, N. V. Crescimento, nutrição mineral e nível crítico foliar de K em mudas de umbuzeiro, em função da adubação potássica. **Ciencia e Agrotecnologia**, v. 31, n. 3, p. 636-642, 2007.

NEVES, J. C. L. **Aspectos nutricionais em mudas de *Eucalyptus spp* – Tolerância ao alumínio e níveis críticos de fósforo no solo**. 1983. 83p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG.

NEVES, O. S. C.; BENEDITO, D. D. S.; MACHADO, R. V.; CARVALHO, J. G. D. Crescimento, produção de matéria seca e acúmulo de N, P, K, Ca, Mg e S na parte aérea de mudas de andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.) cultivadas em solo de várzea, em função de diferentes doses de fósforo. **Revista Árvore**, v. 28, n. 3, p. 343-349, 2004.

NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. 1017p.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1999. 399p.

OLIVEIRA, L. S. B.; ANDRADE, L. A.; ALVES, A. S.; GONÇALVES, G. S. Substrato e volume de recipiente na produção de mudas de Jatobá (*Hymenaea courbaril* L.). **Nativa**, v. 2, n. 2, p. 103-107, 2014.

PAIVA, A. O.; REZENDE, A. V.; PEREIRA, R. S. Estoque de carbono em Cerrado *sensu stricto* do Distrito Federal. **Revista Árvore**, v. 35, n. 3, p. 527-538, 2011.

PAIVA, H. N.; GONÇALVES, W. **Produção de mudas**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2001. 149 p.

PALHARES, D.; DE PAULA, J. E.; SILVEIRA, C. E. S. Morphology of stem and subterranean system of *Brosimum gaudichaudii* (Moraceae). **Acta Botanica Hungarica**, v. 48, n.1-2, p. 89-101, 2006.

PASQUAL, M.; CHALFUN, N. N. J.; RAMOS, J. D.; VALE, M. R.; SILVA, C. R. R. **Fruticultura comercial: propagação de plantas frutíferas**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2001. 137p.

PASQUALINI, D. **Inoculação de fungos micorrízicos arbusculares e bactérias solubilizadoras de fosfato como alternativas para agricultura familiar e recomposição**

florística. 2013. 178 p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages-SC.

PEREIRA, B. A. S. Flora Nativa. In: DIAS, B. F. S. (Ed.). **Alternativas de desenvolvimento dos cerrados**: manejo e conservação dos recursos naturais renováveis. Brasília: Fundação Pró-Natureza, 1992. p. 53-62.

PEREIRA, M. E.; PASQUALETO, A. Desenvolvimento sustentável com ênfase em Frutíferas do Cerrado. **Estudos**, v. 38, n. 2, p. 333-363, 2011.

PEZZUTTI, R. V.; SCHUMACHER, M. V.; HOPPE, J. M. Crescimento de mudas de *Eucalyptus globulus* em resposta à fertilização NPK. **Ciência Florestal**, v. 9, n. 2, p. 117-125, 1999.

PIO, R.; RAMOS, J. D.; GONTIJO, T. C. A.; CARRIJO, E. P.; MENDONÇA, V., FABRI, E. G.; CHAGAS, E. A. Substratos na produção de mudas de jaboticaba. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 11, n. 4, p. 425-427, 2005.

REIS, G. G.; REIS, M. G. F.; MAESTRI, M.; XAVIER, A.; OLIVEIRA, L. M. Crescimento de *Eucalyptus camaldulensis*, *E. grandis* e *E. cloeziana* sob diferentes níveis de restrição radicular. **Revista Árvore**, v.13, n.1, p.1-18, 1989.

RESENDE, A. V.; FURTINI NETO, A. E.; FARIA, M. R.; MUNIZ, J. A.; CURI, N. Acúmulo e eficiência nutricional de macronutrientes por espécies florestais de diferentes grupos sucessionais em resposta à fertilização fosfatada. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 24, n. 1, p. 160-173, 2000.

RESENDE, M.; KER, J. C.; BAHIA FILHO, A. F. C. Desenvolvimento sustentado do cerrado. In: ALVAREZ, V. V. H.; FONTES, L. E. F.; FONTES, M. P. F. (Ed.). **O solo nos grandes domínios do Brasil e o desenvolvimento sustentado**. Viçosa: UFV, 1996. p. 169-199.

RIBEIRO, J. F.; OLIVEIRA, M. C.; GULIAS, A. P. S. M.; FAGG, J. M. F.; AQUINO, F. G. Usos Múltiplos da Biodiversidade no Bioma Cerrado: estratégia sustentável para a sociedade, o agronegócio e os recursos naturais. In: FALEIRO, F. G.; FARIAS NETO, A. L. (Ed.) **Savanas: desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2008. p. 336-360.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. (Ed.). **Cerrado: ecologia e flora**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, p. 89-168, 2008.

RITCHIE, G. A.; LANDIS, T. D.; DUMROESE, R. K.; HAASE, D. Assessing plant quality. In: LANDIS, T. D.; DUMROESE, R. K.; HAASE, D. L (Ed.). **Seedling processing, storage and outplanting**. Agriculture Handbook. Washington, D.C.: U.S. D. A. Forest Service, 2010. p. 17-81.

RODRIGUES, V. E. G.; CARVALHO, D. A. **Plantas medicinais no domínio dos Cerrados**. Lavras: UFLA, 2001. 180 p.

ROESLER, R.; MALTA, L. G.; CARRASCO, L. C., HOLANDA, R. B.; SOUSA, C. A. S.; PASTORE, G. M. Atividade antioxidante de frutas do cerrado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n. 1, p. 53-60, 2007.

SANTOS, D. H.; SILVA, M. A.; TIRITAN, C. S.; FOLONI, J. S. S.; ECHER, F. R. Qualidade tecnológica da cana-de-açúcar sob adubação com torta de filtro enriquecida com fosfato solúvel. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.5, p.443-449, 2011.

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

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

SCALON, S. P. Q.; SCALON FILHO, H.; RIGONI, M. R.; VERALDO, F. Germinação e crescimento de mudas de pitangueira (*Eugenia uniflora* L.) sob condições de sombreamento. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.23, n.3, p.652-655, 2001.

SILVA, D. S. N.; VENTURIN, N.; RODAS, C. L.; MACEDO, R. L. G; VENTURIN, R. P.; MELO, L. A. Growth and mineral nutrition of baru (*Dipteryx alata* Vogel) in nutrient solution. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, n. 12, p. 1101-1106, 2016.

SILVA, E. A.; OLIVEIRA, A. C.; MENDONÇA, V.; SOARES, F. M. Substratos na produção de mudas de mangabeira em tubetes. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 41, n. 2, p. 279-285, 2011.

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

SMITH, S. E.; READ, D. J. **Mycorrhizal symbiosis**. 3. ed. New York: Academic Press, 2008. 800 p.

SOLDATI, G. T.; ALBUQUERQUE, U. P. Non-timber forest products: an overview. **Functional Ecosystems and Communities**, v. 2, n. 1, p. 21-31, 2008.

SORREANO, M. C. M.; MALAVOLTA, E.; SILVA, D. H. D.; CABRAL, C. P.; RODRIGUES, R. R. Deficiência de macronutrientes em mudas de sangra d'água (*Croton urucurana*, Baill.). **Cerne**, v. 17, n. 3, p. 347-352, 2011.

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

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

TEDESCO, N.; CALDEIRA, M. V. W.; SCHUMACHER, M. V. Influência do vermicomposto na produção de mudas de caroba (*Jacaranda micrantha* Chamisso). **Revista Árvore**, v. 23, n. 1, p. 1-8, 1999.

ULIANA, M. B.; FEY, R.; MALAVASI, M. M.; MALAVASI, U. C. Produção de mudas de *Anadenanthera macrocarpa* em função de substratos alternativos e da frequência de fertirrigação. **Floresta**, v. 44, n. 2, p. 303-312, 2014.

VIEIRA, R. F.; RIBEIRO-SILVA, S.; ALVES, R. B. N.; SILVA, D. B.; WETZEL, M. M. V. S.; DIAS, T. A. B.; UDRY, M. C.; MARTINS, R. C. **Estratégias para Conservação e Manejo de Recursos Genéticos de Plantas Medicinais e Aromáticas**: Resultados da 1ª Reunião Técnica. Brasília: Embrapa/Ibama/CNPq. 2002. 184 p.

VENTURIN, N.; SOUZA, P. A. D.; MACEDO, R. L. G.; NOGUEIRA, F. D. Adubação mineral da candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC.) McLeish). **Floresta**, v. 35, n. 2, p. 211-219, 2005.

VILELA, L.; MARTHA JUNIOR, G. B.; MACEDO, M. C. M.; MARCHÃO, R. L.; GUIMARÃES JÚNIOR, R.; PULROLNIK, K.; MACIEL, G. A. Sistemas de integração lavoura-pecuária na região do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 10, p. 1127-1138, 2011.

WENDLING, I.; GATTO, A.; PAIVA, H. N.; GONÇALVES, W. **Substratos, adubação e irrigação na produção de mudas**. 1. ed. Viçosa: Aprenda Fácil Editora, 2002. 165 p.

YAO, Q.; ZHU, H. H.; CHEN, J. Z. Growth responses and endogenous IAA and iPAs changes of litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) seedlings induced by arbuscular mycorrhizal fungal inoculation. **Scientia Horticulturae**, v. 105, n. 1, p. 145-151, 2005.

CAPÍTULO 1: Crescimento e qualidade de mudas de mangabeira (*Hancornia speciosa*) e mama-cadela (*Brosimum gaudichaudii*) em resposta à adubação fosfatada e microrganismos nativos

RESUMO

O fósforo (P) apresenta baixa disponibilidade em solos intemperizados, sendo uma das principais causas do baixo desenvolvimento vegetal em solos de regiões tropicais. Os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) aumentam o vigor e o crescimento das mudas, em especial, devido ao incremento na absorção de P gerado pelas hifas do FMA. Nesse sentido, o presente estudo teve como objetivo avaliar a influência da adubação fosfatada e a utilização de FMA no crescimento inicial e qualidade de mudas de mangabeira (*Hancornia speciosa*) e mama-cadela (*Brosimum gaudichaudii*). O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC), sendo o experimento composto por cinco doses de P (0, 100, 200, 300 e 400 mg dm⁻³), com seis repetições e parcela experimental constituída por uma planta, totalizando 30 unidades experimentais por espécie em estudo. O substrato utilizado foi composto pelo horizonte subsuperficial de um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico + substrato comercial Tropstrato Florestal® + solo rizosférico da planta matriz (1:1:1, v:v:v). Aos 290 e 320 dias após a repicagem (DAR), respectivamente, para as plantas de mangabeira e mama-cadela, realizou-se a determinação da taxa de colonização micorrízica (CM), a abundância de esporos presentes no substrato (AE) e as medições da altura (H) e diâmetro do coleto (DC), volume do sistema radicular das plantas (VR), massa de matéria seca da parte aérea (MSPA), raízes (MSR) e total (MST), o que permitiu o cálculo das relações H/DC, H/MSPA, MSPA/MSR, além do Índice de Qualidade de Dickson (IQD). Mudas de mama-cadela sofreram efeito significativo das doses de P apenas no VR, MSR, MST e IQD. Plantas de mangabeira sofreram redução da CM em resposta aos níveis de P testados. As mudas de mangabeira tiveram resposta linear positiva à aplicação de P nas relações H/MSPA e MSPA/MSR, enquanto a H/DC não sofreu efeito da adubação fosfatada. As demais variáveis estudadas em mudas de mangabeira foram influenciadas de forma negativa pela aplicação de doses de P. A adubação fosfatada prejudicou o crescimento e a qualidade das mudas de mangabeira nas condições estudadas. A produção de MSR, MST, o VR e a qualidade das mudas de mama-cadela foram influenciados de forma negativa pela adubação fosfatada. Assim, a adubação fosfatada não é recomendada para a produção de mudas de qualidade de mangabeira e mama-cadela, nas condições do substrato utilizado.

Palavras-chave: Fósforo, nutrição de espécies florestais nativas, micorriza arbuscular, associação simbiótica

1. INTRODUÇÃO

O Cerrado, após a Mata Atlântica, é o bioma que mais sofreu alteração devido à ocupação humana. O Bioma é considerado um *Hotspot* da biodiversidade, sendo a savana mais diversa do planeta, abrigando cerca de 11.627 espécies de plantas nativas (MMA, 2017). A supressão de florestas nativas no Brasil é uma preocupação iminente para a sustentabilidade ambiental e a conservação de espécies florestais, sendo que no bioma Cerrado, algumas espécies da flora têm sido exploradas de forma predatória, promovida principalmente pelo avanço das fronteiras agrícolas (Beuchle et al., 2015).

O extrativismo predatório pode ser um risco a essa biodiversidade, dado que a maioria dos coletores explora esse recurso de forma equivocada, visando, em primeiro plano, a maximização de lucros com a venda desses produtos (Ávidos e Ferreira, 2003). O desenvolvimento de pesquisas sobre as espécies de ocorrência no Cerrado visam, entre outros pontos, identificar a aplicação das mesmas em sistemas alternativos de produção agrícola.

De acordo com MMA (2017), algumas espécies do Cerrado que possuem frutos comestíveis apresentam mercado consumidor já bem estabelecido nos centros urbanos, como o Pequi (*Caryocar brasiliense*), Buriti (*Mauritia flexuosa*), Cagaita (*Eugenia dysenterica*), Mangaba (*Hancornia speciosa*), além de outras frutíferas ainda pouco exploradas comercialmente, como a mama-cadela (*Brosimum gaudichaudii*).

A mangabeira (*Hancornia speciosa*) é uma espécie arbórea da família Apocynaceae de ocorrência na região Nordeste (Caatinga) e no Brasil Central, até os estados de São Paulo e no Cerrado de Mato Grosso do Sul. A mangabeira é uma planta semidecídua, heliófita e xerófila. Ocorre principalmente em terrenos arenosos e de baixa fertilidade (Lorenzi, 1992). A mama-cadela (*Brosimum gaudichaudii*) é uma espécie da família Moraceae com ocorrência nos estados do Amazonas e Pará até o Paraná, além de Bolívia e Paraguai. A espécie é presente em Cerrados, Campos Cerrados e Cerradões. É uma planta decídua, heliófita e seletiva xerófila, corriqueira em solos arenosos e bem drenados (Lorenzi, 1998). A instalação de plantios com espécies arbóreas frutíferas é realizada, em sua maioria, por meio de mudas, o que exige esforços de pesquisadores florestais, visando definir técnicas e métodos de produção de mudas de qualidade a um preço acessível (Gomes e Paiva, 2012).

Para que um empreendimento florestal alcance resultados satisfatórios faz-se necessária a obtenção de mudas de qualidade para o plantio no local escolhido para esta finalidade (Duryea, 1985). O conhecimento do requerimento nutricional vegetal é um aspecto de grande importância para se alcançar plantas de qualidade, sendo essa temática ainda pouco estudada tratando-se de espécies florestais nativas do Cerrado. Entre os macronutrientes, um

dos mais importantes para o crescimento inicial de plantas é o fósforo (P), devido o mesmo apresentar baixa disponibilidade em solos intemperizados, sendo uma das principais causas do baixo desenvolvimento vegetal em solos de regiões tropicais (Resende et al., 1999).

O P é um dos nutrientes mais importantes para as plantas, devido o mesmo ser relevante no metabolismo e crescimento dos vegetais; aquisição, armazenamento e transferência de energia, além de ser componente de ácidos nucleicos, fitina e fosfolípidios (Epstein e Bloom, 2006).

A disponibilidade de P em solos tropicais é geralmente reduzida, o que é explicado pela baixa solubilidade de compostos de fósforo no solo, além da presença de altos teores de argilominerais do tipo 1:1 e óxidos e hidróxidos de Fe e Al, os quais possuem grande poder de adsorção de ânions (Novais e Smyth, 1999; Novais et al., 2007). Visando-se contornar esse problema, o uso de biotecnologias que visem aumentar a aquisição de nutrientes para as plantas é de grande interesse. Nesse quesito, destacam-se os microrganismos benéficos aos vegetais, como os fungos micorrízicos arbusculares (FMA).

O uso de FMA no substrato de cultivo de mudas de espécies florestais é uma alternativa viável para promover incremento no crescimento das plantas, aumentar a absorção de nutrientes, em especial o P, além de auxiliar no vigor e sobrevivência das mudas após o plantio no campo (Flores-Aylas et al., 2003). Os FMA possuem grande relevância na estruturação das comunidades vegetais, devido alterarem a competitividade entre as espécies. Tais microrganismos intercedem significativamente nos processos de recuperação de áreas degradadas, em especial tratando-se de ambientes com baixo suprimento de P, caso de grande parte dos solos tropicais (Flores-Aylas et al., 2003).

Essa biotecnologia tem sido aplicada a várias culturas agrícolas e florestais, o que pode constituir-se em alternativa para incrementar a produção de alimentos, reduzindo a necessidade de aplicação de fertilizantes. O elevado custo desse insumo, aliado à baixa eficiência de absorção pelas plantas, em especial as fontes de fósforo, requerem novas práticas com o intuito de tornar o seu uso mais eficaz, visando à redução dos custos de produção (Moreira e Siqueira, 2006).

Diante o exposto, o presente estudo teve como objetivo avaliar o crescimento inicial e qualidade de mudas de *Hancornia speciosa* e *Brosimum gaudichaudii* em resposta a doses de P com inoculação de FMA provenientes do solo rizosférico de plantas matrizes das espécies em estudo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi conduzido no Laboratório de Associações Micorrízicas, Instituto de Biotecnologia Aplicada à Agropecuária (Bioagro) e em casa de vegetação, ambos pertencentes ao Departamento de Microbiologia da Universidade Federal de Viçosa – UFV, em Viçosa – Minas Gerais, durante o período de janeiro a dezembro de 2017. O município de Viçosa - MG (20° 45' S, 42° 55' W, 648 m de altitude), segundo a classificação de Köppen, é representado pelo clima do tipo Cwb (verões chuvosos e invernos frios e secos). O município apresenta precipitação média anual de 1.221 mm e temperatura média anual de 19,4 °C, com máxima média de 26,4 °C e mínima média de 14,8 °C (DNMET, 1992).

As sementes e o solo rizosférico das plantas matrizes (SRPM) das espécies florestais em estudo (mangabeira e mama-cadela) foram coletados em área de ocorrência natural de vegetação de Bioma Cerrado, no município de Curvelo – MG (18° 45' S, 44° 25' W, 632 m de altitude). O SRPM e as sementes foram coletados em 10 plantas matrizes, com distância mínima de 100 m entre plantas. A coleta do SRPM foi realizada em dezembro de 2016, por ocasião do início do período chuvoso na região de Curvelo-MG. O solo foi coletado a 1 m da planta matriz e a uma profundidade de 0-20 cm de profundidade, em três pontos no entorno de cada planta matriz. O SRPM coletado foi peneirado a campo (malha de 4 mm de diâmetro) e, posteriormente, homogeneizado por meio da mistura do solo recolhido em todas as árvores matriz, sendo o mesmo posteriormente acondicionado em câmara fria (5 °C), visando manter a viabilidade dos microrganismos simbiotes nativos do solo rizosférico.

As sementes das espécies em estudo foram armazenadas em câmara fria (5 °C), sendo as mesmas dispostas em sacos plásticos hermeticamente fechados, contendo areia umedecida, evitando-se assim sua desidratação. Para facilitar a germinação, anteriormente à semeadura, realizou-se embebição das sementes de *H. speciosa* e *B. gaudichaudii* em água a temperatura ambiente por 24 horas. A germinação das sementes ocorreu em sementeira contendo areia lavada, localizada no Viveiro de Pesquisas Florestais da UFV – Viçosa-MG.

Como recipiente para a produção das mudas, foram utilizados vasos plásticos com capacidade de 2 dm³. Para compor o substrato utilizado no enchimento dos vasos, realizou-se a mistura do horizonte subsuperficial (camada de 0,2 a 0,8 m) de um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (LVAd), coletado no Campus da Universidade Federal de Viçosa – UFV, em Viçosa-MG + SRPM + substrato comercial (SC) Tropstrato Florestal® (1:1:1, v:v:v). Foram retiradas amostras dos solos que constituíram o substrato para a realização das análises físico-químicas, estando os resultados apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Caracterização físico-química do solo utilizado para a produção de mudas de *H. speciosa* e *B. gaudichaudii*

	pH	P	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Al ³⁺	H ⁺ +Al ³⁺	SB	t	T	V	m	M.O
Amostra	H ₂ O	-- mg dm ⁻³ --			----- cmol _c dm ⁻³ -----				--- % ---		--- dag kg ⁻¹ ---		
LVAd	4,79	0,7	6	0,01	0,11	0,92	3,93	0,14	1,06	4,04	3,5	86,8	1,66
SR-MC	4,67	2,6	81	0,46	0,69	1,14	5,7	1,36	2,50	7,06	19,3	45,6	3,05
SR-MA	4,63	1,5	47	0,09	0,16	1,24	3,9	0,37	1,61	4,27	8,7	77	2,08

LVAd = Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico; **SR-MC** = Solo rizosférico de mama-cadela; **SR-MA** = Solo rizosférico de mangabeira. **LVAd**: Areia Total = 0,320 kg kg⁻¹; Silte = 0,110 kg kg⁻¹ e Argila = 0,570 kg kg⁻¹; **SR-MC**: Areia Total = 0,178 kg kg⁻¹; Silte = 0,350 kg kg⁻¹; Argila = 0,472 kg kg⁻¹; e P-Rem = 25,5 mg L⁻¹. **SR-MA**: Areia Total = 0,207 kg kg⁻¹; Silte = 0,365 kg kg⁻¹; Argila = 0,428 kg kg⁻¹; e P-Rem = 23,9 mg L⁻¹.

pH em água - Relação 1: 2,5; P e K - Extrator Mehlich 1; Ca²⁺, Mg²⁺ e Al³⁺ - Extrator: KCl 1 mol L⁻¹; H + Al - Extrator CaOAc 0,5 mol L⁻¹, pH 7,0; SB = Soma de bases; CTC(t) = Capacidade de troca catiônica efetiva; CTC(T) = Capacidade de troca catiônica, pH 7,0; V = Saturação por bases; m = Saturação por alumínio; Matéria orgânica (MO) = C. org. x 1,724 - Método Walkley-Black; P-Rem = Fósforo remanescente.

Visando esterilizar os vasos de cultivo, LVAd e o SC, realizou-se a desinfestação dos mesmo em autoclave duas vezes a 121 °C (1,0 atm), pelo período de uma hora. A segunda autoclavagem foi realizada 48 horas após a primeira esterilização. Após a desinfestação, respeitou-se o período de 15 dias até a instalação do experimento.

Para a quantificação do número de esporos presentes no SRPM, usou-se 50 cm³ do mesmo de cada espécie, sendo os esporos extraídos do SRPM por meio da técnica de peneiramento úmido (Gerdemann e Nicholson, 1963) em malhas de 0,42 e 0,044 mm, seguido por centrifugação em água e solução de sacarose 50%. A contagem da abundância total de esporos de cada amostra foi realizada em placas de Petri com canaletas sob um estereomicroscópio, onde verificou-se a presença de, respectivamente, 15 e 19 esporos/50 cm³ de SRPM de mangabeira e mama-cadela.

A adubação de base do substrato foi composta por 50 mg dm⁻³ de K, seguida da aplicação das doses de P (0, 100, 200, 300 e 400 mg dm⁻³). As fontes utilizadas para a adubação potássica e fosfatada foram, respectivamente, KCl e NaH₂PO₄.H₂O. Decorridos 40 dias após a semeadura em sementeira contendo areia lavada, realizou-se o transplântio (repicagem) das plântulas da sementeira para os vasos, depositando-se duas plântulas por vaso de cultivo, os quais foram alocados em casa de vegetação. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC), sendo o experimento composto por cinco doses de P (0, 100, 200, 300 e 400 mg dm⁻³), com seis repetições e parcela experimental constituída por uma planta, totalizando 30 unidades experimentais por espécie em estudo.

Durante o período de condução do experimento, a umidade do solo foi mantida próxima a 60% da capacidade de campo, com monitoramento diário. A cada 15 dias, após a realização da repicagem, aplicou-se 50 mL de solução nutritiva definida por Furlani & Clark (1981) e adaptada por Oliveira et al. (2000). Na mesma ocasião, também se realizava a aleatorização dos vasos, pelo rodízio de todos os vasos da bancada, evitando-se assim haver influência do ambiente no crescimento das plantas.

Aos 290 e 320 dias após a repicagem (DAR), respectivamente, para as plantas de mangabeira e mama-cadela, realizaram-se as medições da altura (H) e diâmetro do coleto (DC). A H das mudas foi medida do nível acima do solo até a gema apical, utilizando-se régua (graduada em cm), enquanto o DC foi mensurado por meio de paquímetro digital (graduado em mm). As plantas foram separadas em raiz e parte aérea, onde depois de lavadas as raízes, aferiu-se o volume do sistema radicular das plantas (VR), por meio de uma proveta (graduada em mL) contendo água.

Posteriormente, foram coletadas subamostras de, aproximadamente, 1g de raízes finas (≤ 2 mm) das mudas, as quais foram conservadas em solução de F:A:A (formaldeído 5%, ácido acético glacial a 5% e álcool etílico a 90%, v:v:v). Os segmentos de raiz foram lavados e, em seguida, diafanizados com KOH a 10 % (v:v) em pernoite, e no dia seguinte deixados em banho-maria a 90 °C por duas horas. Em seguida, adicionou-se H₂O₂ a 50 % (v:v) à solução de KOH, de modo a obter relação entre as soluções KOH:H₂O₂ igual a 10:1 (v:v), por tempo necessário para tornar as raízes translúcidas. Em sequência, o KOH e o H₂O₂ foram removidos e as raízes transferidas para solução de HCl a 1 % por 5 min e, posteriormente, os fragmentos de raízes foram coloridos com azul de tripano (Brundrett et al., 1996) e conservadas em solução de lactoglicerol, sendo a porcentagem de colonização micorrízica determinada com auxílio de estereomicroscópio através do método em placa de Petri quadriculada (Giovannetti e Mosse, 1980).

As plantas foram secas em estufa com circulação forçada de ar, a temperatura de 60 °C por 72 horas. Após a secagem, a massa das plantas foi pesada em balança analítica com precisão de 0,01g. Por meio dos dados de altura total da parte aérea (H), diâmetro do coleto (DC), massa de matéria seca da parte aérea (MSPA), raízes (MSR) e total (MST) das plantas, calculou-se as relações de qualidade de mudas: H/DC, H/MSPA, MSPA/MSR, além do Índice de Qualidade de Dickson (IQD) (Dickson et al., 1960), expresso pela equação:

$$IQD = MST / [(H/DC) + (MSPA/MSR)] \quad (\text{equação 1})$$

Foram também coletadas amostras de solo em todos os vasos de cultivo das plantas, visando-se determinar a abundância de esporos de FMA (AE), por meio da técnica de peneiramento úmido (Gerdemann & Nicholson, 1963), seguido por centrifugação em água destilada e solução de sacarose 50%. A quantificação da abundância total de esporos de cada amostra foi realizada em placas de Petri com canaletas sob um estereomicroscópio.

Por meio do Software SigmaPlot, realizou-se o teste de correlação de Pearson ($p < 0,05$ e $p < 0,01$) para avaliar a correlação entre as características morfológicas nas mudas de *H. speciosa* e *B. gaudichaudii*. Os dados foram analisados por meio de análise de variância e de regressão ($p < 0,05$ e $p < 0,01$), com auxílio do software estatístico SISVAR (Ferreira, 2000), onde a escolha dos modelos baseou-se na significância dos coeficientes da regressão e no coeficiente de determinação (R^2).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve influência das doses de P na taxa de colonização micorrízica nas raízes das plantas de mangabeira, a qual apresentou comportamento linear negativo (Figura 1-A). Como exemplo, pode-se citar a diferença na porcentagem da CM entre mudas de mangabeira presentes nas doses 0 e 400 mg dm^{-3} , onde as últimas apresentaram taxa de colonização radicular duas vezes menor quando comparadas às plantas que não receberam P no substrato. Almeida et al. (2016) também observaram que a presença do FMA *Scutellospora heterogama* levou a resposta linear negativa na CM de mudas de *Carica papaya* quando submetidas a elevada dose de P (915 mg dm^{-3}), apresentando cerca de 25% de redução da CM em relação às plantas isentas de adubação fosfatada.

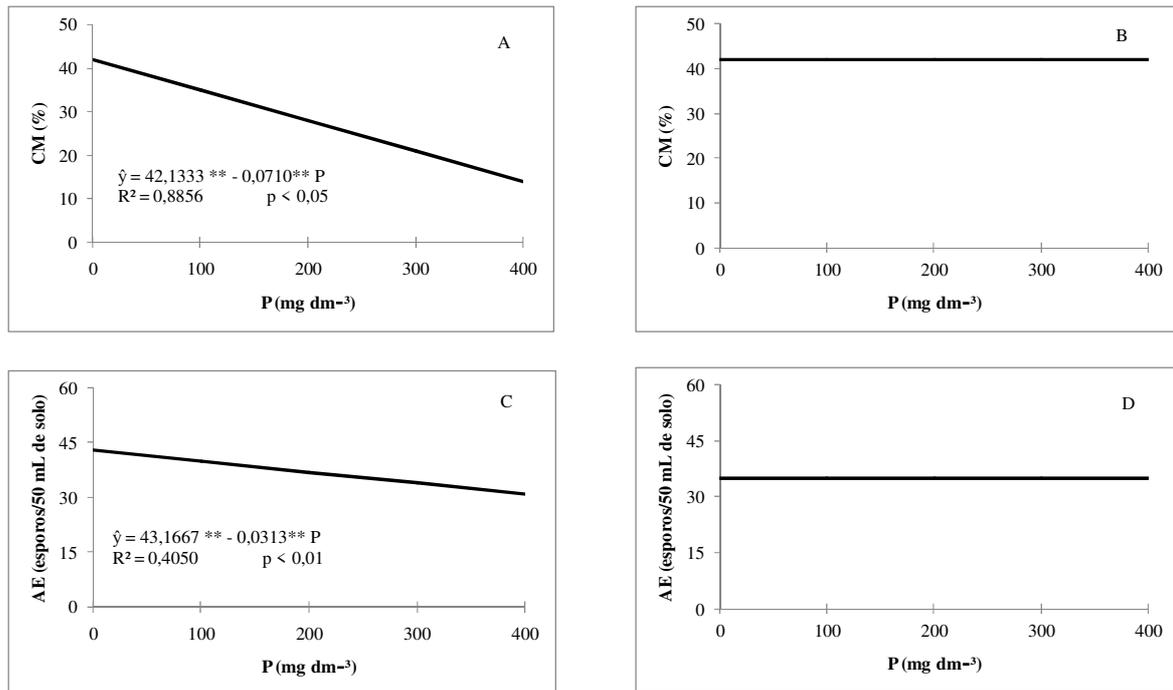


Figura 1. Taxa de colonização micorrízica (CM) e abundância de esporos no substrato (AE) em mudas de *Hancornia speciosa* (A e C) e *Brosimum gaudichaudii* (B e D) em resposta à adubação fosfatada.

Avaliando o crescimento inicial de plantas de mangabeira em resposta a doses de P e FMA, Costa et al. (2005) observaram comportamento similar ao do presente trabalho, onde em solo não desinfestado e inoculado com *Gigaspora albida*, a taxa de CM das raízes das mudas foi de 43,45 e 16,91% quando o substrato apresentava 3 e 138 mg dm⁻³ de P, respectivamente. Carneiro et al. (2004), testando P e FMA na produção de mudas de *Cecropia pachystachya* também observaram redução da CM das plantas presentes na dose 148 mg kg⁻¹ de P (aproximadamente 10% de CM) em relação às mudas da dose 0 mg kg⁻¹ de P (aproximadamente 25% de CM).

Não houve efeito significativo das doses de P ($p > 0,05$) sobre a taxa de colonização micorrízica (CM) das raízes de mudas de mama-cadela em resposta à adubação fosfatada. Em média, as plantas apresentaram cerca de 40% de suas raízes colonizadas por FMA (Figura 1-B). Almeida et al. (2016) encontraram comportamento similar ao avaliarem o crescimento de mudas de *Carica papaya*, onde a taxa de CM proporcionada pelos FMA *Gigaspora margarita* ($\hat{y} = 30,05\%$) e *Entrophospora colombiana* ($\hat{y} = 46,33$) não foi influenciada pelas seis doses de P testadas (0 a 915 mg dm⁻³, com intervalos de 183 mg dm⁻³).

Desempenho parecido no que se refere à CM das espécies em estudo também foi observado na abundância de esporos (AE), havendo efeito notório dos tratamentos ($p < 0,01$) apenas para a produção de mudas de *H. speciosa* (figura 1-C), enquanto para *B. gaudichaudii*

não houve efeito significativo ($p > 0,05$) da aplicação de P na esporulação dos FMA (Figura 1-D). Tais resultados confrontam os obtidos por Machineski et al. (2009), os quais ao avaliarem o efeito de FMA no crescimento inicial de peroba-rosa (*Aspidosperma polyneuron*) observaram que a esporulação não acompanhou o padrão da CM, e assim, o maior número de esporos não ocorreu necessariamente em conjunto com a maior colonização das raízes. Tal comportamento pode ser explicado pelo fato de que, em determinadas ocasiões, pode-se possuir um elevado número de esporos no substrato, no entanto, os mesmos apresentam baixa taxa de germinação, levando a uma reduzida porcentagem de CM (Mello et al., 2008).

Entretanto, Machineski et al. (2011) avaliando o crescimento de mudas de mamoneira em resposta a P e FMA encontraram redução da CM e esporulação dos FMA em decorrência da elevação do teor de P no solo, decrescendo de 80 a 10 esporos/50 mL de solo nas doses 0 e 160 mg kg⁻¹ de P, respectivamente. Os autores também encontraram alta correlação entre a CM e a esporulação dos FMA ($r = 0,83$), o que não foi observado em mudas de mangabeira ($r = 0,20^{ns}$) e mama-cadela ($r = -0,21^{ns}$) no presente estudo (Tabelas 2 e 3). Balota et al. (2011) também observaram que em mudas de acerola (*Malpighia emarginata*) a CM e a esporulação dos FMA sofreram restrição em resposta ao aumento das doses de P.

O aumento do nível de P no solo causando redução da colonização micorrízica é algo considerado normal, dado que as plantas com um adequado status nutricional apresentam estratégias que visem limitar o desenvolvimento e/ou a atividade dos FMA, com o propósito de reduzir o consumo de carboidratos utilizados com a manutenção do microrganismo (Smith e Read, 2008). Uma situação onde o fungo gere um custo energético superior ao benefício fornecido à planta, ao invés de se estabelecer uma simbiose, a interação entre os componentes tornar-se-ia um parasitismo, com consequências negativas ao vegetal (Smith e Read, 2008).

Tabela 2. Análise da correlação linear de Pearson entre as características morfológicas, CM e AE de mudas de *H. speciosa* aos 290 DAR em resposta à adubação fosfatada.

	DC	H/DC	VR	H/MSPA	MSPA	MSR	MST	MSPA/MSR	IQD	CM	AE
H	0,89**	0,50**	0,82**	-0,66**	0,91**	0,75**	0,74**	-0,22 ^{ns}	0,52**	0,18 ^{ns}	0,35 ^{ns}
DC	x	0,06 ^{ns}	0,89**	-0,83**	0,93**	0,87**	0,82**	-0,44*	0,72**	0,33 ^{ns}	0,42*
H/DC		x	0,11 ^{ns}	0,12 ^{ns}	0,21 ^{ns}	-0,02 ^{ns}	-0,01 ^{ns}	0,41*	-0,27 ^{ns}	-0,33 ^{ns}	-0,07 ^{ns}
VR			x	-0,82**	0,93**	0,94**	0,86**	-0,47**	0,76**	0,32 ^{ns}	0,46*
H/MSPA				x	-0,82**	-0,87**	-0,72**	0,66**	-0,68**	-0,26 ^{ns}	-0,48**
MSPA					x	0,89**	0,85**	-0,37*	0,70**	0,33 ^{ns}	0,46*
MSR						x	0,89**	-0,57**	0,85**	0,38*	0,49**
MST							x	-0,57**	0,95**	0,51**	0,57**
MSPA/MSR								x	-0,64**	-0,41*	-0,39*
IQD									x	0,57**	0,54**
CM										x	0,20 ^{ns}

** = Significativo a 1%; * = Significativo a 5%; ns = Não significativo.

H = altura da parte aérea; DC = diâmetro do coleto; H/DC = relação altura da parte aérea/diâmetro do coleto; VR = volume do sistema radicular; H/MSPA = relação altura da parte aérea/massa de matéria seca da parte aérea; MSPA = massa de matéria seca da parte aérea; MSR = massa de matéria seca de raízes; MST = massa de matéria seca total; MSPA/MSR = relação massa de matéria seca da parte aérea/massa de matéria seca de raízes; IQD = índice de qualidade de Dickson; CM = taxa de colonização micorrízica; e AE = abundância de esporos.

Tabela 3. Análise da correlação linear de Pearson entre as características morfológicas, CM e AE de mudas *B. gaudichaudii* aos 320 DAR em resposta à adubação fosfatada.

	DC	H/DC	VR	H/MSPA	MSPA	MSR	MST	MSPA/MSR	IQD	CM	AE
H	0,65**	0,92**	0,61**	0,36 ^{ns}	0,57**	0,67**	0,71**	0,18 ^{ns}	-0,11 ^{ns}	0 ^{ns}	0,08 ^{ns}
DC	x	0,33 ^{ns}	0,65**	0,13 ^{ns}	0,45*	0,59**	0,61**	0,10 ^{ns}	0,32 ^{ns}	0,16 ^{ns}	0,27 ^{ns}
H/DC		x	0,43*	0,31 ^{ns}	0,54**	0,51**	0,58**	0,24 ^{ns}	-0,31 ^{ns}	-0,12 ^{ns}	-0,07 ^{ns}
VR			x	0,04 ^{ns}	0,60**	0,94**	0,95**	-0,20 ^{ns}	0,58**	0,18 ^{ns}	0,32 ^{ns}
H/MSPA				x	-0,50**	0,16 ^{ns}	-0,02 ^{ns}	-0,53**	-0,36 ^{ns}	0,29 ^{ns}	-0,21 ^{ns}
MSPA					x	0,50**	0,71**	0,58**	0,24 ^{ns}	-0,40*	0,26 ^{ns}
MSR						x	0,96**	-0,33 ^{ns}	0,57**	0,23 ^{ns}	0,34 ^{ns}
MST							x	-0,09 ^{ns}	0,53**	0,07 ^{ns}	0,36 ^{ns}
MSPA/MSR								x	-0,32 ^{ns}	-0,59**	0,07 ^{ns}
IQD									x	0,20 ^{ns}	0,59**
CM										x	-0,21 ^{ns}

** = Significativo a 1%; * = Significativo a 5%; ns = Não significativo.

H = altura da parte aérea; DC = diâmetro do coleto; H/DC = relação altura da parte aérea/diâmetro do coleto; VR = volume do sistema radicular; H/MSPA = relação altura da parte aérea/massa de matéria seca da parte aérea; MSPA = massa de matéria seca da parte aérea; MSR = massa de matéria seca de raízes; MST = massa de matéria seca total; MSPA/MSR = relação massa de matéria seca da parte aérea/massa de matéria seca de raízes; IQD = índice de qualidade de Dickson; CM = taxa de colonização micorrízica; e AE = abundância de esporos.

O fato da AE e a taxa de CM apresentarem redução linear de acordo com o aumento da dose de P aplicada no substrato das plantas de mangabeira pode estar atrelado também à redução da MSR das mudas com a elevação dos níveis da adubação fosfatada. Carrenho et al. (2001) apontam que o incremento da massa radicular se correlaciona diretamente com o número de esporos, dado que com o aumento da MSR, existam maiores possibilidades de pontos de infecção, colonização radicial e expansão de micélio no solo rizosférico. No entanto, no presente trabalho, a MSR de mudas de mangabeira apresentou correlação baixa com a CM ($r = 0,38^*$) e moderada com a abundância de esporos ($r = 0,49^{**}$). Entretanto, cabe ressaltar que para a maioria das culturas, ainda não se sabe exatamente qual o nível ótimo de colonização micorrízica para a máxima obtenção de benefícios para as plantas (Karanika et al., 2008; Carrenho et al., 2001).

No tocante às características morfológicas H, DC e VR das mudas de mangabeira aos 290 DAR, observou-se efeito significativo do P em todas as variáveis avaliadas, exceto para a relação H/D (Figura 2 A, C, E e G). Já para as mudas de mama-cadela aos 320 DAR, apenas o volume do sistema radicular (VR) foi influenciado pela aplicação das doses de P (Figura 2 B, D, F e H).

Costa et al. (2005) apontam que a mangabeira é responsiva aos FMA nativos na rizosfera, os quais proporcionam maior crescimento das mudas. No entanto, o mesmo não ocorre com esta espécie em relação à adubação fosfatada. Cardoso Filho et al. (2008) avaliando o crescimento inicial de mudas de mangabeira em resposta a quatro tratamentos microbiológicos (*Gigaspora margarita*, *Glomus etunicatum*, Mix de FMA nativos e não inoculado) e cinco níveis de P no substrato de cultivo (0, 25, 50, 75 e 100 mg kg⁻¹) observaram, aos 180 dias após o transplante, resultados pouco significativos no crescimento e incremento de massa vegetal gerados pela adubação. Esses autores afirmam que plantas inoculadas com FMA não respondem à adição de P em doses acima de 50 mg kg⁻¹, dose essa inferior à menor dose de P aplicada no presente estudo (100 mg dm⁻³).

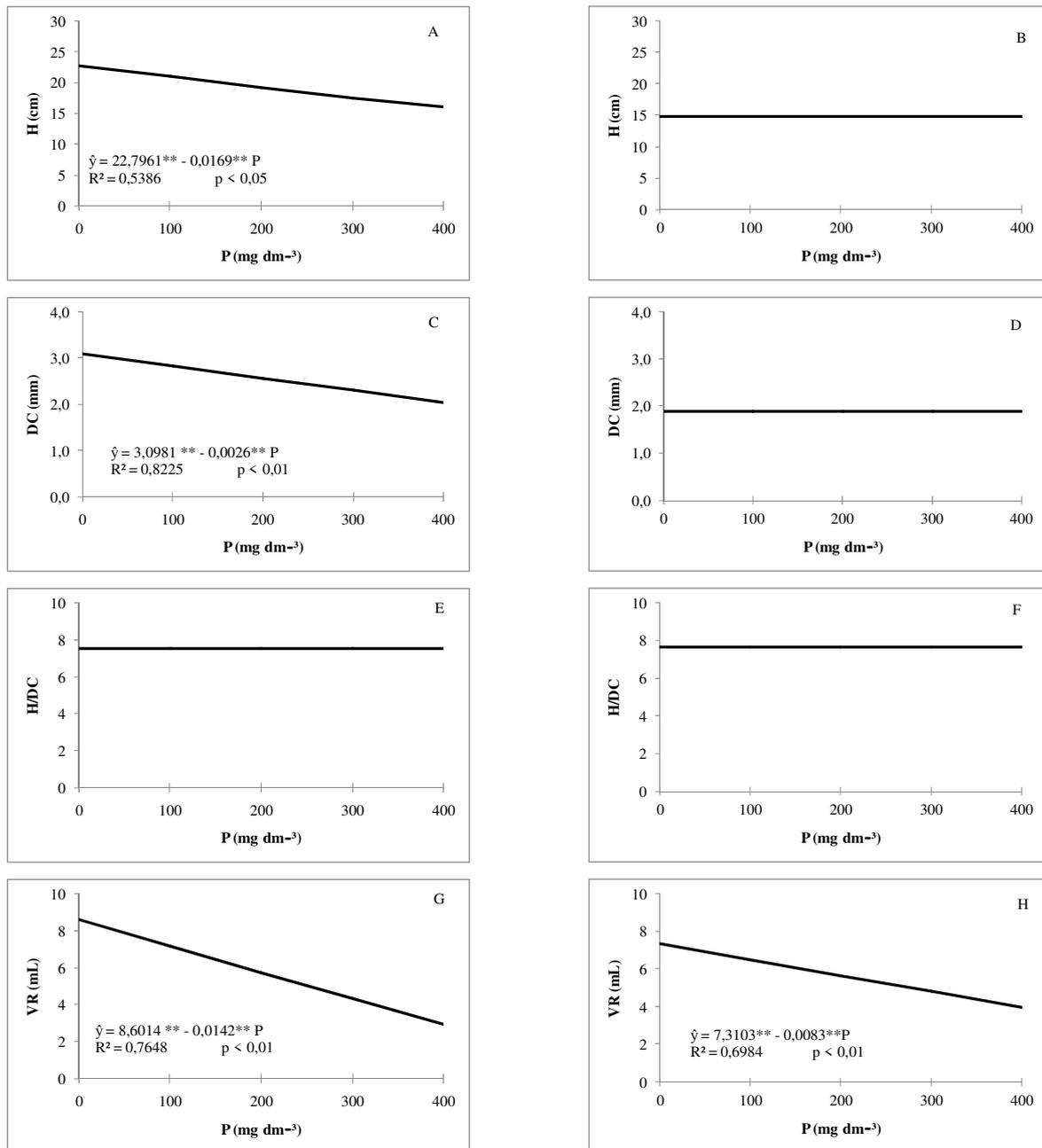


Figura 2. Altura da parte aérea (H), diâmetro do coleto (DC), relação altura da parte aérea/diâmetro do coleto (H/DC) e volume do sistema radicular (VR) em mudas de *Hancornia speciosa* (A, C, E e G) e *Brosimum gaudichaudii* (B, D, F e H) em resposta à adubação fosfatada.

Resultados semelhantes também foram observados por Costa et al. (2005) no tocante ao crescimento em altura (H) e incremento de massa de matéria seca da parte aérea (MSPA) de mudas de *H. speciosa* aos 150 dias após a inoculação, em resposta a FMA (*Gigaspora albida*, *Glomus etunicatum* e controle) e doses de P em solo desinfestado e não desinfestado. Os autores observaram que o incremento em H e MSPA de mudas inoculadas com FMA, sob

baixa disponibilidade de P (3 mg dm^{-3}), foram muito elevados em relação ao tratamento não inoculado. No entanto, com o aumento dos níveis de P no solo a partir de 48 mg dm^{-3} , o efeito benéfico do microrganismo simbiote foi menor, tornando-se deletério ao crescimento do vegetal na maior dose de P testada (183 mg dm^{-3}).

Não se observou diferença ($p > 0,05$) no DC de mudas de mama-cadela aos 320 DAR ($\bar{y} = 1,89 \text{ mm}$). Já o DC de mudas de mangabeira aos 290 DAR sofreu influência das doses de P ($p < 0,01$), onde plantas da dose 0 mg dm^{-3} de P tiveram incremento de aproximadamente 52% nessa variável em relação à dose 400 mg dm^{-3} de P.

A H e o DC das mudas de mangabeira tiveram correlação ($p < 0,01$) com a maior parte das variáveis de grande importância para se avaliar a qualidade de uma muda (VR, H/MSPA, MSPA, MSR, MST e IQD). Tal fato é de suma importância, dada a facilidade de medição da H e DC e a dificuldade encontrada em viveiros para a obtenção dos valores de algumas características, como a quantificação de massa vegetal, as quais necessitam da extração das mudas, além de equipamentos que, em muitos casos, não estão disponíveis aos viveiristas, como balanças de precisão e estufas.

Ressalta-se a importância da avaliação de forma conjunta da H e o DC das mudas, dado que quando avaliada de forma isolada, a H da muda pode levar o silvicultor a equívocos. Isso ocorre em casos em que uma muda alta e com reduzido DC (muda delgada) poderá facilmente sofrer tombamento após o plantio (Gasparin et al., 2014). Sendo assim, deve-se evitar o uso dessa única característica para a avaliação da qualidade de uma muda, sendo necessária a avaliação de outros atributos (Gonçalves et al., 2012).

A relação H/DC, também conhecido como coeficiente de robustez, das mudas das espécies estudadas no presente trabalho não sofreu influência da aplicação de P. Souza et al. (2013), avaliando o crescimento e qualidade de mudas de *Peltophorum dubium* em resposta a N e P observaram que, isoladamente, a dose máxima de P avaliada (55 mg kg^{-1}) proporcionou o menor valor da H/DC. Tal fato é vantajoso para o silvicultor e/ou viveirista, dado que segundo Gomes e Paiva (2012), para uma mesma altura da parte aérea, quanto menor o valor dessa relação, maiores são as chances das mudas se estabelecerem na área de plantio.

No presente trabalho, o volume do sistema radicular (VR) apresentou-se intimamente atrelado à MSR das mudas de mama-cadela ($r = 0,95^{**}$) e mangabeira ($r = 0,91^{**}$), o que explica a similaridade do comportamento dessas variáveis em resposta ao aumento das doses de P (linear negativo). Oliveira et al. (2015) encontraram efeito negativo da aplicação de esterco de caprinos no substrato de cultivo de mudas de castanha-do-gurguéia (*Dipteryx lacunifera*) inoculadas com FMA. Os citados autores observaram efeito linear negativo do

material orgânico no VR de mudas sem inoculação micorrízica e comportamento quadrático em plantas infectadas por *Claroideoglofus etunicatum*. Os autores afirmam que tal reação demonstra elevada rusticidade e adaptabilidade da espécie a ambientes com reduzida oferta de nutrientes, o que pode também ser o caso da *H. speciosa* e *B. gaudichaudii*.

Assim como nas plantas de mangabeira, mudas de mama-cadela sofreram decréscimo de produção de MSR e MST ($p < 0,01$) em ocasião do aumento das doses de P. Apenas a MSPA das plantas de mama-cadela não foi influenciada de forma significativa pela adubação fosfatada (Figura 3). Avaliando o crescimento inicial de mudas de sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia*) em resposta a doses de P (0, 60, 120 e 240 mg dm⁻³) e FMA (*Claroideoglofus etunicatum*, fungos nativos e sem inoculação), Oliveira e Alixandre (2013) observaram que aos 65 DAS a MSPA e a MSR das plantas inoculadas com FMA nativos apresentaram comportamento quadrático em relação à adubação fosfatada, apresentando dose ótima por volta de 120 mg dm⁻³ de P.

Lacerda et al. (2011) constataram efeito positivo no incremento de MSR de mudas de caroba (*Jacaranda cuspidifolia*), gabioba (*Campomanesia cambessedeanana*), ingá (*Inga laurina*) e chicha (*Sterculia striata*) quando se utilizou adubação fosfatada em substrato com presença do FMA *Glomus clarum*. Os autores ainda indicaram apenas a aplicação de P para a produção de mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril*) e baru (*Dipterix alata*), dado que as citadas espécies não responderam ao microrganismo, o que expõe o fato de se haver diferentes resultados no crescimento das mudas de espécies arbóreas nativas do Cerrado de acordo com a espécie de FMA e nível de P no substrato.

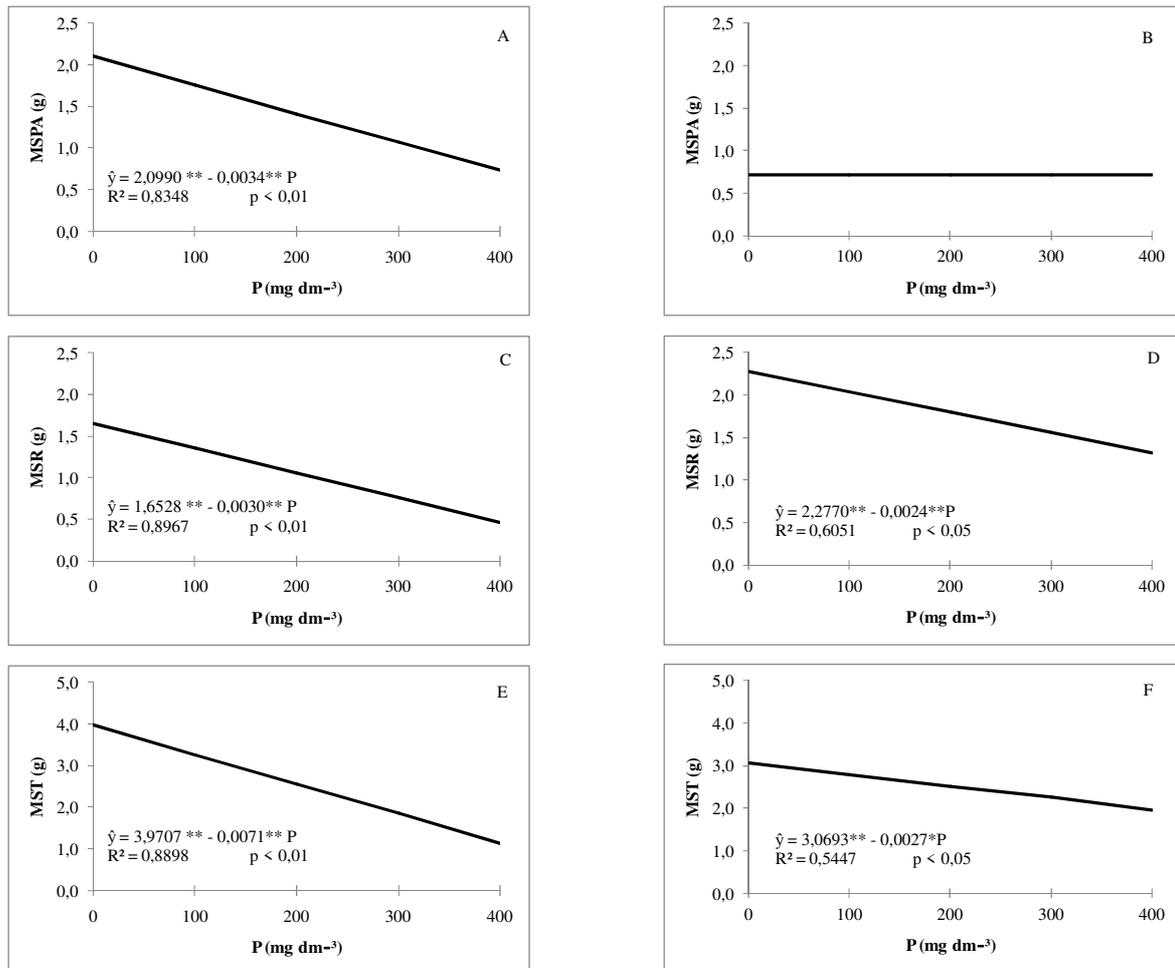


Figura 3. Massa de matéria seca da parte aérea (MSPA), raízes (MSR) e total (MST) em mudas de *Hancornia speciosa* (A, C e E) e *Brosimum gaudichaudii* (B, D e F) em resposta à adubação fosfatada.

Produzindo mudas de timbaúba (*Enterolobium contortisiliquum*) e observando a resposta a níveis de P (0, 50, 100, 150 e 200 mg kg⁻¹) e FMA (presença e ausência de FMA) no substrato, Leite et al. (2017) observaram que a inoculação por FMA não interferiu na partição de fotoassimilados entre parte aérea e raízes das plantas. No entanto, o P foi decisivo nessa variável, onde em doses inferiores a 100 mg kg⁻¹ de P, as raízes comportaram-se como forte dreno de C, alocando cerca de 50% da MST da planta. Já em doses superiores a 100 mg kg⁻¹ de P, o sistema radicular foi responsável por apenas 25% da MST, o que evidencia o observado no presente estudo.

Leite et al. (2017) ainda verificaram que, após o plantio da muda a campo, um indivíduo com muitas folhas corre o risco de perder água excessivamente, enquanto plantas com reduzida massa foliar apresentam baixa capacidade fotossintética. Sendo assim, a distribuição de massa em uma muda deve ser de aproximadamente 33% para cada órgão (raiz, caule e folhas), visando um melhor equilíbrio da planta. Para o sucesso da implantação de um

povoamento florestal, algumas particularidades, como a quantidade de MST produzida pelas mudas antes do plantio é de suma importância, em virtude de tal variável apresentar relação direta com o desenvolvimento e sobrevivência das plantas na área de plantio definitivo, devido ao maior vigor e rusticidade das mesmas (Cruz et al., 2010).

A MSPA das mudas de mangabeira foi influenciada pelos níveis de P presentes no solo ($p < 0,01$). Comparando-se as doses extremas (0 e 400 mg dm^{-3}), nota-se que plantas que não receberam P no substrato apresentaram cerca de 190% de incremento na massa aérea em relação às do tratamento com alto nível de P ofertado (Figura 3-A). Já as plantas de *B. gaudichaudii* não foram influenciadas pelas doses de P em relação à MSPA ($\bar{y} = 0,72 \text{ g planta}^{-1}$). Resultado análogo foi obtido por Lacerda et al. (2011), os quais não constataram diferença na MSPA de plantas de *Sterculia striata* e *Dipterix alata* em resposta à adubação fosfatada e/ou inoculação com o FMA *Glomus clarum*. Brito et al. (2017) também não encontraram efeito significativo quanto ao incremento de MSPA em mudas de paricá (*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum*) inoculadas com *Rhizophagus clarus* em resposta a doses de P (0, 60, 120 e 180 mg dm^{-3}).

Houve influência das doses de fósforo nas relações MSPA/MSR e H/MSPA e no IQD de mudas de mangabeira. A relação MSPA/MSR apresentou comportamento linear positivo, enquanto os demais indicadores expressaram comportamento linear negativo (Figura 4 A, B e C). Cardoso Filho et al. (2008) não encontraram influência significativa na MSPA/MSR de mudas de *H. speciosa* entre as doses 0 e 100 mg dm^{-3} de P, com intervalos de 25 mg dm^{-3} de P, sendo que as plantas que não foram inoculadas apresentaram tendência de comportamento similar ao do presente estudo, ou seja, linear positivo com o aumento das doses de P. Uliana et al. (2014) apontam que a relação MSPA/MSR expressa a partição de carbono e a quantidade de massa que a planta investiu em parte aérea e raízes, onde valores baixos dessa relação geram mudas com menor risco de morte após o plantio no campo em decorrência de estresse hídrico.

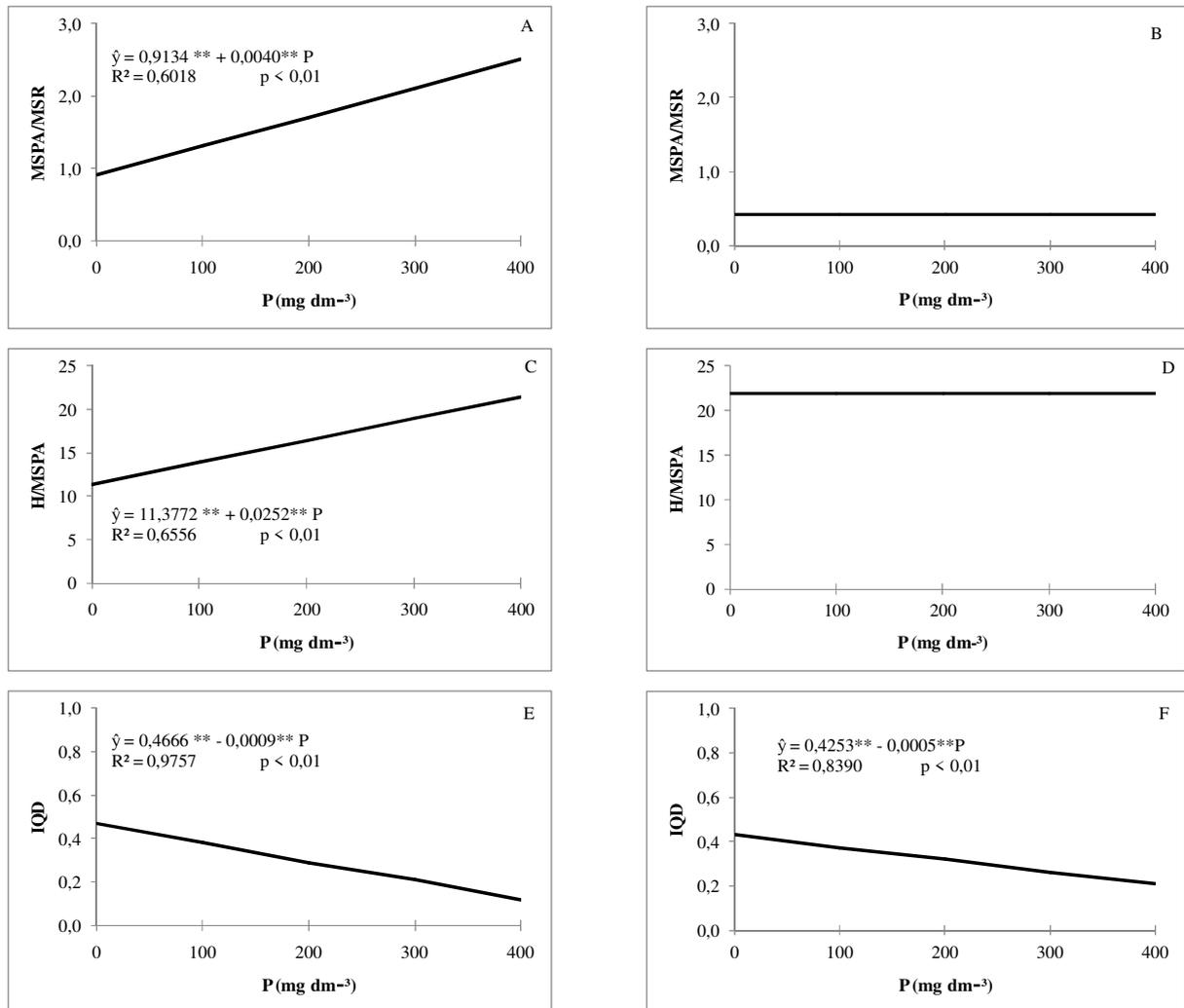


Figura 4. Relação massa de matéria seca da parte aérea/massa de matéria seca de raízes (MSPA/MSR), relação altura da parte aérea/massa de matéria seca da parte aérea (H/MSPA) e índice de qualidade de Dickson (IQD) em mudas de *Hancornia speciosa* (A, C e E) e *Brosimum gaudichaudii* (B, D e F) em resposta à adubação fosfatada.

Vale salientar que a relação MSPA/MSR apresenta alta variação em resposta ao ambiente de cultivo da muda, assim como o nível de fertilidade do substrato. César et al. (2014), estudando o comportamento de mudas de *Pterogyne nitens* em função de níveis de sombreamento observaram relação MSPA/MSR das mudas variando entre, aproximadamente 6,5 e 3,0 em resposta a, respectivamente, 70 e 0% de restrição da radiação luminosa. Carlos et al. (2013), avaliando o crescimento de mudas de barbatimão (*Stryphnodendron adstringens*) em resposta a aplicação de nutrientes, encontraram elevada diferença na citada relação em mudas que não receberam adubação ($\bar{y} = 0,22$) quando comparadas às plantas onde se aplicou os nutrientes essenciais para o crescimento da espécie ($\bar{y} = 1,74$). Essa disparidade entre valores demonstra que a comparação entre espécies deve ser evitada, devido a adaptação das

mesmas aos seus biomas de origem, resguardando as características e a estratégia de sobrevivência de cada uma delas.

Segundo Gomes e Paiva (2012), um valor de 2,0 para tal relação foi determinado como o ideal durante um encontro de pesquisadores, sendo que tal valor representa de forma apropriada um balanço para a estratégia da alocação de massa vegetal, gerando mudas de qualidade. No entanto, em espécies nativas do Cerrado, observa-se que tal relação não se aplica. Uma forma de se adequar aos solos do bioma, na maioria dos casos, pobre em nutrientes, as espécies vegetais apresentam alta quantidade de massa nas raízes, em busca de recursos essenciais à sua sobrevivência, como nutrientes e água. Esse comportamento fica explícito em outros trabalhos envolvendo a produção de mudas de espécies nativas do Cerrado, como *Dipteryx alata* (Torres et al., 2017), *Magonia pubescens* (Oliveira et al., 2016), *Anadenanthera colubrina* (Lima et al., 2016) e *Anadenanthera macrocarpa* (Uliana et al., 2014).

Em pesquisa sobre a importância das características morfológicas (H, DC, H/DC, MSPA, MSR e MSPA/MSR) e a sobrevivência de mudas de espécies florestais cultivadas em regiões de clima mediterrâneo, Navarro et al. (2006) apontam que o uso de mudas pouco esbeltas (baixa relação H/DC) e com reduzida MSPA/MSR apresentam-se menos vulneráveis às adversidades climáticas, possuindo maiores chances de sobrevivência após o transplante para o local definitivo, sendo essas características boas indicadores da qualidade de uma muda.

A relação H/MSPA de mudas de *H. speciosa* apresentou comportamento linear positivo, onde as doses de P influenciaram significativamente ($p < 0,01$) essa relação. Plantas presentes na dose 0 mg dm^{-3} de P apresentaram redução de, aproximadamente, 88% da citada relação quando comparadas aos indivíduos que receberam a dose máxima testada no presente estudo (400 mg dm^{-3}) (Figura 4-C). Já as mudas de mama-cadela não sofreram efeito significativo das doses de P em relação a H/MSPA ($\bar{y} = 16,41$). Para uma mesma altura total da parte aérea, o ideal é que o valor da H/MSPA seja o menor possível, dado que baixos valores exprimem mudas mais lenhificadas e, por consequência, de melhor qualidade (Gomes e Paiva, 2012). O coeficiente de correlação entre a H/MSPA e o IQD de mudas de mangabeira do presente estudo demonstrou relação inversa entre as características supracitadas ($r = -0,68^{**}$).

O baixo IQD das plantas de mangabeira presentes no tratamento 400 mg dm^{-3} de P ($\hat{y} = 0,12$), quando comparados ao de mudas que não receberam adubação fosfatada (IQD =

0,47), atribui-se aos resultados encontrados nas variáveis que compõem tal índice, como alta relação MSPA/MSR (2,51) e reduzida MST das plantas (1,14 g planta⁻¹) das mudas que receberam elevada adubação fosfatada (Figura 4-E). Plantas de mama-cadela também apresentaram redução do IQD ($p < 0,01$) em resposta ao aumento das doses de P (Figura 4-F). Resultados contrários foram obtidos por Leite et al. (2017), Cruz et al. (2011) e Cruz et al. (2010), os quais encontraram efeito quadrático no IQD de mudas de espécies nativas em resposta à adubação fosfatada. A MST e o IQD apresentaram correlação moderada em plantas de mama-cadela ($r = 0,53^{**}$) e elevada em mudas de mangabeira ($r = 0,95^{**}$).

O ambiente é um fator preponderante no processo de partição de C nas raízes e parte aérea, em especial quando as plantas ocorrem naturalmente em sítios de baixa fertilidade natural, situação comum em áreas de Cerrado. Em ambientes oligotróficos, em especial em P, a maior alocação de fotoassimilados no sistema radicular em detrimento da parte aérea torna-se uma estratégia do vegetal com o objetivo de explorar um maior volume de solo (Caldeira et al., 2000), gerando menor relação MSPA/MSR.

Em condições de altas taxas de fotossíntese e transpiração, também ocorre maior acúmulo de MSR, a fim de aprimorar a absorção de água e nutrientes em situações de intensa luminosidade (Carvalho et al., 2006). Tal fato também foi constatado por Fonseca et al. (2002), os quais observaram que o sombreamento por período acima de 60 dias em mudas de *Trema micrantha* gerou mudas de baixa qualidade (IQD $< 0,20$) aos 150 dias após a emergência das plântulas, devido a altas relações H/DC ($\bar{y} = 9,49$) e MSPA/MSR ($\bar{y} = 2,45$). Os citados autores apontam que a elevada MSPA/MSR possa ser explicada pelo reduzido volume do recipiente (tubete de 50 cm³), o que possivelmente restringiu a expansão do sistema radicular das mudas.

4. CONCLUSÕES

A adubação fosfatada influencia negativamente a colonização micorrízica, a abundância de esporos no substrato, o crescimento e a qualidade das mudas de mangabeira e mama-cadela nas condições estudadas.

A produção de massa seca de raízes e total (MSR e MST, respectivamente), o volume do sistema radicular (VR) e a qualidade das mudas de mama-cadela são influenciados de forma negativa pela adubação fosfatada

Assim, a adubação fosfatada não é recomendada para a produção de mudas de qualidade de mangabeira e mama-cadela, nas condições do substrato utilizado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, D. J.; PEREIRA, W. E.; ALEXANDRE, P. S.; NUNES, J. C.; FERREIRA, W. M. Growth and nutrient accumulation in mycorrhized papaya seedlings cultivated in a phosphorus-fertilized substrate. **Revista Ceres**, v. 63, n. 1, p. 86-94, 2016.
- ALMEIDA, S. P.; PROENÇA, C. E. B.; SANO, S. M.; RIBEIRO, J. F. **Cerrado: espécies vegetais úteis**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1998. 464p.
- ÁVIDOS, M. F. D.; FERREIRA, L. T. **Frutos dos Cerrados** – Preservação gera muitos frutos. 2003. Disponível em: <<http://www.almanaquedocampo.com.br/imagens/files/frutos%20do%20Cerrado.pdf>> Acesso em: 30 ago. 2017.
- BALOTA, E. L.; MACHINESKI, O.; STENZEL, N. M. C. Resposta da acerola à inoculação de fungos micorrízicos arbusculares em solo com diferentes níveis de fósforo. **Bragantia**, v. 70, n. 1, p. 166-175, 2011.
- BEUCHLE, R.; GRECCHI, R. C.; SHIMABUKURO, Y. E.; SELIGER, R.; EVA, H. D.; SANO, E.; ACHARD, F. Land cover changes in the Brazilian Cerrado and Caatinga biomes from 1990 to 2010 based on a systematic remote sensing sampling approach. **Applied Geography**, v. 58, p. 116-127, 2015.
- 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**, v. 27, n. 2, p. 485-497, 2017.
- BRUNDETT, M.; BOUGHER, N.; DELL, B.; GROVE, T.; MALAJCZUK, N. **Working mycorrhizas in forestry and agriculture**. Canberra: Australian Center for Agricultural Research, 1996. 374p.
- CALDEIRA, M. V. W.; SCHUMACHER, M. V.; BARICHELLO, L. R.; VOGEL, H. L. M.; OLIVEIRA, L. S. Crescimento de mudas de *Eucalyptus saligna* Smith em função de diferentes doses de vermicomposto. **Floresta**, v. 28, n. 1/2, p. 19-30, 2000.
- CARDOSO FILHO, J. A.; LEMOS, E. E. P.; SANTOS, T. M. C.; CAETANO, L. C.; NOGUEIRA, M. A. Mycorrhizal dependency of mangaba tree under increasing phosphorus levels. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 7, p. 887-892, 2008.
- CARLOS, L.; VENTURIN, N.; MACEDO, R. L. G.; HIGASHIKAWA, E. M. Crescimento e nutrição mineral de mudas de barbatimão sob efeito da omissão de nutrientes. **Floresta**, v. 43, n. 4, p. 559-568, 2013.
- CARNEIRO, M. A. C.; SIQUEIRA J. O.; DAVIDE, A. C. Fósforo e inoculação com fungos micorrízicos arbusculares no estabelecimento de mudas de embaúba (*Cecropia pachystachya* Trec). **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 34, n. 3, p. 119-125, 2004.
- CARRENHO, R. TRUFEM, S. F. B.; BONONI, V. L. R. Fungos micorrízicos arbusculares em rizosfera de três espécies de fitobiontes instaladas em área de mata ciliar revegetada. **Acta Botânica Brasileira**, v. 15, n. 1, p. 115-124, 2001.

CARVALHO, N. O. S.; PELACANI, C. R.; RODRIGUES, M. O. S.; CREPALDI, I. C. Crescimento inicial de plantas de licuri (*Syagrus coronata* (Mart.) Becc.) em diferentes níveis de luminosidade. **Revista Árvore**, v. 30, n. 3, p. 351-357, 2006.

CÉSAR, F. R. C. F.; MATSUMOTO, S. N.; VIANA, A. E. S.; BONFIM, J. A. Crescimento inicial e qualidade de mudas de *Pterogyne nitens* Tull. conduzidas sob diferentes níveis de restrição luminosa artificial. **Ciência Florestal**, v. 24, n. 2, p. 357-366, 2014.

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**, v. 40, n. 3, p. 225-232, 2005.

CRUZ, C. A. F.; PAIVA, H. N.; CUNHA, A. C. M. C. M.; NEVES, J. C. L. Macronutrientes na produção de mudas de canafístula em argissolo vermelho amarelo da região da zona da mata, MG. **Ciência Florestal**, v. 21, n. 3, p. 445-457, 2011.

CRUZ, C. A. F.; PAIVA, H. N.; NEVES, J. C. L.; CUNHA, A. C. M. C. M. Resposta de mudas de *Senna macranthera* (dc. Ex collad.) Hs Irwin & Barnaby (fedegoso) cultivadas em Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico a macronutrientes. **Revista Árvore**, v. 34, n.1, p. 13-24, 2010.

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

DNMET - DEPARTAMENTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Normais climatológicas (1961-1990)**. Brasília: SPI/EMBRAPA, 1992.

DURYEA, M. L. Evaluating seedling quality importance to reforestation. In: DURYEA, M. L. **Evaluating seedling quality principles, procedures, and predictive abilities of major tests**. Corvallis: Forest Research Laboratory Oregon State University, 1985. p. 1-6.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição mineral de plantas: Princípios e perspectivas**. 2.ed. Londrina: Planta, 2006. 401p.

FERREIRA, D. F. **Sistemas de análise estatística para dados balanceados**. Lavras: UFLA/DEX/SISVAR, 2000. 145p.

FLORES-AYLAS, W. W.; SAGGIN-JÚNIOR, O. J.; SIQUEIRA, J. O.; DAVIDE, A. C. Efeito de *Glomus etunicatum* e fósforo no crescimento inicial de espécies arbóreas em semeadura direta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 2, p. 257-266, 2003.

FONSECA, E. P.; VALÉRI, S. V.; MIGLIORANZA, E.; FONSECA, N. A. N.; COUTO, L. Padrão de qualidade de mudas de *Trema micrantha* (L.) Blume, produzidas sob diferentes períodos de sombreamento. **Revista Árvore**, v. 26, n. 4, p. 515-523, 2002.

FURLANI, P.R.; CLARK, R.B. Screening sorghum for aluminum tolerance in nutrient solution. **Agronomy Journal**, v.73, n.4, p. 587-594, 1981.

GASPARIN, E.; AVILA, A. L.; ARAUJO, M. M.; CARGNELUTTI FILHO, A.; DORNELES, D. U.; FOLTZ, D. R. B. Influência do substrato e do volume de recipiente na

qualidade das mudas de *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart. em viveiro e no campo. **Ciência Florestal**, v. 24, n. 3, p. 553-563, 2014.

GERDEMANN, J. W, NICOLSON, T. H. Spores of mycorrhizal endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. **Transactions of the British Mycological Society**, v. 46, n. 2, p. 235-244, 1963.

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

GOMES, J. M.; PAIVA, H. N. **Viveiros florestais: propagação sexuada**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2012. 116p.

GONÇALVES, E. O.; PAIVA, H. N.; NEVES, J. C. L.; GOMES, J. M. Nutrição de mudas de angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan) submetidas a doses de N, P, K, Ca e Mg. **Revista Árvore**, v. 36, n. 2, p. 219-228, 2012.

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

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

LEITE, T. S.; DOMBROSKI, J. L. D.; FREITAS, R. M. O.; LEITE, M. S.; RODRIGUES, M. R. O. Produção de mudas de *Enterolobium contortisiliquum* e partição de assimilados em resposta à adubação fosfatada e inoculação com fungos micorrízicos. **Ciência Florestal**, v. 27, n. 4, p. 1157-1166, 2017.

LIMA, S. L.; MARIMON JUNIOR, B. H.; MELO-SANTOS, K. S.; REIS, S. M.; PETTER, F. A.; VILAR, C. C.; MARIMON, B. S. Biochar no manejo de nitrogênio e fósforo para a produção de mudas de angico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 2, p. 120-131, 2016.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Instituto Plantarum, v. 2, 1998. 352 p.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Editora Plantarum, v. 1, 1992. 352 p.

MACHINESKI, O.; BALOTA, E. L.; SOUZA, J. R. P. Resposta da mamoneira a fungos micorrízicos arbusculares e a níveis de fósforo. **Semina: Ciências Agrárias**, v.32, n.4 Sup1, p.1855-1862, 2011.

MACHINESKI, O.; BALOTA, E. L.; COLOZZI FILHO, A.; ANDRADE, D. S.; SOUZA, J. R. P. Crescimento de mudas de peroba rosa em resposta à inoculação com fungos micorrízicos arbusculares. **Ciência Rural**, v.39, n.2, p.567-570, 2009.

MMA - Ministério do meio ambiente. **O bioma Cerrado**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/biomas/cerrado>> Acesso em: 25 ago. 2017.

MELLO, A. H.; KAMINSKI, J.; ANTONIOLLI, Z. I.; SANTOS, L. C.; SOUZA, E. L.; SCHIRMER, G. K.; GOULART, R. M. Influência de substratos e fósforo na produção de mudas micorrizadas de *Acacia mearnsii* De Wild. **Ciência Florestal**, v.18, n.3, p.321- 327, 2008.

NAVARRO R. M.; VILLAR-SALVADOR, P.; DEL CAMPO, A. Morfología y establecimiento de los plantones. In: CORTINA, J.; PEÑU ELAS, J. L.; PUÉRTOLAS, J.; SAVÉ, J.; VILAGROSA, A. (Ed.). **Calidad de plantações florestais para la restauración em degrados ambientes mediterrâneos**: Estado actual de conocimientos. Organismo Autónomo de Parques Nacionales, Ministerio de Medio Ambiente, Madrid, 2006, p. 67 - 88.

NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. 1017p.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1999. 399p.

OLIVEIRA, B.; REIS, S. M.; MORANDI, P. S.; VALADÃO, M. B. X.; OLIVEIRA, E. A.; MARIMON, B. S.; & MARIMON-JUNIOR, B. H. Germinação das sementes e desenvolvimento de mudas de *Magonia pubescens* A. St.-Hil.(Sapindaceae) sob diferentes intensidades de sombreamento. *Scientia Forestalis*, v. 44, n. 112, p. 905-916, 2016.

OLIVEIRA, J. J. F.; ALIXANDRE, T. F.; MIRANDA, J. M. S. Mudanças de castanha-do-gurguéia micorrizadas sob níveis de esterco de caprinos. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 35, n. 83, p. 189-197, 2015.

OLIVEIRA, J. J. F.; ALIXANDRE, T. F. Parâmetros biométricos de mudas de sabiá micorrizadas sob níveis de fósforo em Latossolo Amarelo. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 33, n. 74, p. 159-167, 2013.

OLIVEIRA, A. C.; USBERTI FILHO, J. A.; SIQUEIRA, W. J. Nova metodologia de avaliação da reação de genótipos de capim-colônia ao alumínio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 11, p. 2261-2268, 2000.

RESENDE, A. V.; FURTINI NETO, A. E.; MUNIZ, J. A.; CURI, N.; FAQUIN, V. Crescimento inicial de espécies florestais de diferentes grupos sucessionais em resposta a doses de fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 11, p. 2071-2081, 1999.

SMITH, S. E.; READ, D. J. **Mycorrhizal symbiosis**. 3. ed. New York: Academic Press, 2008. 800 p.

SOUZA, N. H.; MARCHETTI, M. E.; CARNEVALI, T. O.; RAMOS, D. D.; SCALON, S. P. Q.; SILVA, E. F. Estudo nutricional da canafístula (I): crescimento e qualidade de mudas em resposta à adubação com nitrogênio e fósforo. **Revista Árvore**, v. 37, n. 4, p. 717-724, 2013.

TORRES, W. G. A. Saturação de bases em solo do cerrado para produção de mudas de pequi e baruzeiro. 2016. 73 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal de Minas Gerais, Montes Claros – MG.

ULIANA, M. B.; FEY, R.; MALAVASI, M. M.; MALAVASI, U. C. Produção de mudas de *Anadenanthera macrocarpa* em função de substratos alternativos e da frequência de fertirrigação. **Floresta**, v. 44, n. 2, p. 303-312, 2014.

CAPÍTULO 2: Crescimento e qualidade de mudas de mangabeira (*Hancornia speciosa*) e mama-cadela (*Brosimum gaudichaudii*) associadas com microorganismos simbiotes provenientes do solo da planta matriz e, ou, inoculadas com FMA

RESUMO

A ausência de microrganismos simbiotes no substrato de cultivo das mudas é um fator que pode interferir no sucesso da implantação de um projeto florestal com espécies arbóreas nativas, devido à microbiota do solo executar papel de extrema importância no crescimento e sobrevivência das plantas. Assim, o presente estudo teve como objetivo avaliar o crescimento inicial e a qualidade de mudas de mangabeira (*Hancornia speciosa*) e mama-cadela (*Brosimum gaudichaudii*) associadas com microrganismos simbiotes provenientes do solo da planta matriz e, ou inoculadas com FMA. Os substratos foram compostos pelo solo rizosférico de plantas matrizes das espécies em estudo (SRPM), horizonte subsuperficial de um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico autoclavado (LVAd-Aut) e substrato comercial Tropstrato Florestal® autoclavado (SC-Aut), o qual recebeu ou não a adição de inóculo de FMA (Mix) composto pelas espécies *Gigaspora decipiens*, *Rhizophagus clarus* e *Scutellospora heterogama*. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC), composto por quatro formulações de substrato, sendo T1 (LVAd-Aut + SC-Aut), T2 (LVAd-Aut + SC-Aut + Mix), T3 (LVAd-Aut + SC-Aut + SRPM) e T4 (LVAd-Aut + SC-Aut + SRPM + Mix), com seis repetições e parcela experimental constituída por uma planta, totalizando 24 unidades experimentais por espécie em estudo. Aos 270 e 350 dias após a repicagem (DAR), respectivamente, para as plantas de mangabeira e mama-cadela, realizou-se a determinação da taxa de colonização micorrízica (CM), a abundância de esporos presentes no substrato (AE) e as medições da altura total da parte aérea (H), diâmetro do coleto (DC), volume do sistema radicular (VR), massa de matéria seca da parte aérea (MSPA), raízes (MSR) e total (MST); relações H/DC, H/MSPA, MSPA/MSR, Índice de Qualidade de Dickson (IQD) e a dependência micorrízica (DM). As espécies em estudo tiveram DM variando de moderada a alta quando o SRPM foi adicionado ao substrato de cultivo. A adição do SRPM gerou incremento na H, DC, VR, MSPA, MSR, MST e aumento da qualidade de mudas de mangabeira e mama-cadela, em comparação às plantas do tratamento controle. Não houve diferença entre os tratamentos T1 (controle) e T2 (aplicação de Mix de FMA) na H, DC, H/DC, VR, MSR, MST, MSPA/MSR e IQD de mudas de mangabeira e mama-cadela. Recomenda-se a utilização de SRPM e, ou a inoculação com FMA nativos para produção de mudas de mangabeira e mama-cadela.

Palavras-chave: Espécies florestais nativas, micorriza arbuscular, associação simbiótica, dependência micorrízica.

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de pesquisas sobre as espécies de ocorrência natural no Cerrado visa, entre outros pontos, identificar a aplicação das mesmas em sistemas alternativos de produção agrícola (Duboc, 2008). Tais espécies podem produzir múltiplos produtos, como madeira, frutos, folhas, flores, cascas e resinas, os quais podem ser utilizados e/ou comercializados por quem as cultiva (Ribeiro et al., 2008). Dentre as espécies frutíferas do Cerrado com potencial para o uso em projetos de reflorestamento estão a mangabeira e a mama-cadela.

A mangabeira (*Hancornia speciosa*) é uma espécie arbórea da família Apocynaceae de ocorrência na região Nordeste (Caatinga) e no Brasil Central, até os estados de São Paulo e Mato Grosso do Sul. É uma planta semidecídua, heliófita e xerófita, ocorrendo em terrenos arenosos e de baixa fertilidade (Lorenzi, 1992). A mama-cadela (*Brosimum gaudichaudii*) é uma espécie da família Moraceae com ocorrência nos estados do Amazonas e Pará até o Paraná, além de Bolívia e Paraguai. A espécie é presente em Cerrados, Campos Cerrados e Cerradões. É uma planta decídua, heliófita e seletiva xerófita, corriqueira em solos arenosos e bem drenados (Lorenzi, 1998).

Durante a instalação de plantios florestais, é necessária a realização de algumas técnicas silviculturais que promovam o sucesso do empreendimento, como o preparo do solo de forma adequada, controle de matocompetição, combate a formigas, entre outras. No entanto, tais atividades não surtirão o efeito esperado caso as mudas utilizadas no plantio não apresentem qualidade, o que pode gerar resultados indesejados futuramente, como baixo retorno econômico ao produtor.

A qualidade de uma muda de espécie florestal está condicionada a diversos fatores, como a nutrição, substrato de cultivo, volume do recipiente, ambiente de crescimento, entre outros. O manejo de um viveiro de produção de mudas deve sempre considerar a qualidade como fator preponderante para o sucesso de um projeto florestal. A qualidade de uma muda é entendida como a presença de determinados atributos imprescindíveis para que a mesma consiga sobreviver e se desenvolver em ambiente sujeito a variações ambientais (Duryea, 1985), como o déficit hídrico, variações térmicas, entre outros.

Em alguns casos, a baixa sobrevivência de mudas de espécies arbóreas em viveiro e, ou a campo pode estar atrelada à ausência de microrganismos simbiotes no substrato de cultivo das plantas. A microbiota do solo executa papel de extrema importância no crescimento e sobrevivência de plantas, tanto em condições de viveiro, quanto após o plantio

no campo, sendo os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) representantes desses microrganismos eficientes em promover o desenvolvimento de vegetais.

O incremento no desenvolvimento das plantas micorrizadas pode ser atribuído à capacidade dos fungos em aumentar a área de exploração do solo, pela maior eficiência na absorção de nutrientes pelas hifas extra-radulares quando comparadas às raízes (Moreira e Siqueira, 2006; Balota et al., 1997), além de tornar o sistema radicular das plantas mais vigoroso e estimular a produção de hormônios vegetais (Yao et al., 2005).

Devido à grande importância desses microrganismos em auxiliar o desenvolvimento de plantas e à necessidade de se obter mudas de espécies florestais de qualidade para reflorestamentos com os mais variados fins, o presente estudo teve como objetivo avaliar o crescimento inicial e qualidade de mudas de mangabeira (*Hancornia speciosa*) e mama-cadela (*Brosimum gaudichaudii*) associadas com microorganismos simbiotes provenientes do solo da planta matriz e, ou, inoculadas com FMA.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi conduzido no Laboratório de Associações Micorrízicas, Instituto de Biotecnologia Aplicada à Agropecuária (Bioagro) e em casa de vegetação, ambos pertencentes ao Departamento de Microbiologia da Universidade Federal de Viçosa – UFV, em Viçosa – Minas Gerais, durante o período de janeiro a dezembro de 2017. O município de Viçosa - MG (20° 45' S, 42° 55' W, 648 m de altitude), segundo a classificação de Köppen, é representado pelo clima do tipo Cwb (verões chuvosos e invernos frios e secos). O município apresenta precipitação média anual de 1.221 mm e temperatura média anual de 19,4 °C, com máxima média de 26,4 °C e mínima média de 14,8 °C (DNMET, 1992).

As sementes e o solo rizosférico das plantas matrizes (SRPM) das espécies florestais em estudo (mangabeira e mama-cadela) foram coletados em área de ocorrência natural de vegetação de Bioma Cerrado, no município de Curvelo – MG (18° 45' S, 44° 25' W, 632 m de altitude). O SRPM e as sementes foram obtidos de 10 plantas matrizes, com distância mínima de 100 m entre plantas. A coleta do SRPM foi realizada em dezembro de 2016, por ocasião do início do período chuvoso na região de Curvelo-MG. O solo foi coletado a 1 m da planta matriz e a uma profundidade de 0-20 cm, em três pontos no entorno de cada planta matriz. O SRPM coletado foi peneirado e homogeneizado a campo, sendo o mesmo posteriormente acondicionado em câmara fria (5 °C), visando manter a viabilidade dos microrganismos simbiotes nativos do solo rizosférico da planta matriz.

As sementes das espécies em estudo foram armazenadas em câmara fria (5 °C), sendo as mesmas dispostas em sacos plásticos hermeticamente fechados, contendo areia umedecida, evitando-se assim sua desidratação. Para facilitar a germinação, anteriormente à sementeira, realizou-se embebição das sementes de *H. speciosa* e *B. gaudichaudii* em água a temperatura ambiente por 24 horas. A germinação das sementes ocorreu em sementeira contendo areia lavada, localizada no Viveiro de Pesquisas Florestais da UFV – Viçosa-MG.

Como recipiente para a produção das mudas, foram utilizados vasos plásticos com capacidade de 2 dm³. Para compor o substrato utilizado no enchimento dos vasos, utilizou-se diferentes proporções (Tabela 1) do horizonte subsuperficial (camada de 0,2 a 0,8 m) de um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (LVAd), coletado no Campus da Universidade Federal de Viçosa – UFV, em Viçosa-MG; solo rizosférico das plantas matrizes (SRPM), coletado na área de ocorrência natural das espécies; e por fim o substrato comercial (SC) Tropstrato Florestal®.

Visando esterilizar os vasos de cultivo, assim como o LVAd e o SC, tais materiais foram autoclavados por duas vezes a 121 °C (1,0 atm), pelo período de uma hora, em intervalo de 48 h entre as autoclavagens. Após esse procedimento, respeitou-se o período de 15 dias até a realização da adubação de base (fosfatada e potássica) e o transplante das plântulas.

Os substratos receberam ou não a adição de inóculo de FMA proveniente de isolados da coleção de FMA do Laboratório de Associações Micorrízicas – UFV, o qual foi composto por três espécies de fungos (*Gigaspora decipiens*, *Rhizophagus clarus* e *Scutellospora heterogama*). Os FMA utilizados no experimento foram originalmente obtidos da Coleção Internacional de Cultura de Glomeromycota da Universidade Regional de Blumenau (FURB), Santa Catarina, Brasil. Os isolados foram multiplicados em solo:areia (1:1, v:v), sendo cultivados com braquiária (*Urochloa brizantha* Hochst Stapf).

Foram retiradas amostras dos solos que constituíram o substrato para a realização das análises físico-químicas, estando os resultados apresentados na Tabela 2.

Tabela 1. Composição dos substratos de cultivo utilizados para a produção de mudas de *H. speciosa* e *B. gaudichaudii*.

Composição	Materiais				Proporção
	LVAAd-Aut	SC-Aut	SRPM	Mix	
Substrato 1	P	P	A	A	1:1 (v:v)
Substrato 2	P	P	A	P	1:1 (v:v)
Substrato 3	P	P	P	A	1:1:1 (v:v:v)
Substrato 4	P	P	P	P	1:1:1 (v:v:v)

Legenda: P = Presente; A = Ausente; LVAAd – Aut = Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico autoclavado; SC-Aut = substrato comercial Tropstrato Florestal® autoclavado; SRPM = Solo rizosférico da planta matriz; Mix = Mix de FMA (*Gigaspora decipiens*, *Rhizophagus clarus* e *Scutellospora heterogama*).

Tabela 2. Caracterização físico-química do solo utilizado para a produção de mudas de *H. speciosa* e *B. gaudichaudii*

	pH	P	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Al ³⁺	H ⁺ +Al ³⁺	SB	t	T	V	m	M.O
Amostra	H ₂ O	- - mg dm ⁻³ - -			----- cmol _c dm ⁻³ -----				- - - % - - -			dag kg ⁻¹	
LVAAd	4,79	0,7	6	0,01	0,11	0,92	3,93	0,14	1,06	4,04	3,5	86,8	1,66
SR-MC	4,67	2,6	81	0,46	0,69	1,14	5,7	1,36	2,50	7,06	19,3	45,6	3,05
SR-MA	4,63	1,5	47	0,09	0,16	1,24	3,9	0,37	1,61	4,27	8,7	77	2,08

LVAAd = Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico; **SR-MC** = Solo rizosférico de mama-cadela; **SR-MA** = Solo rizosférico de mangabeira. **LVAAd**: Areia Total = 0,320 kg kg⁻¹; Silte = 0,110 kg kg⁻¹ e Argila = 0,570 kg kg⁻¹; **SR-MC**: Areia Total = 0,178 kg kg⁻¹; Silte = 0,350 kg kg⁻¹; Argila = 0,472 kg kg⁻¹; e P-Rem = 25,5 mg L⁻¹. **SR-MA**: Areia Total = 0,207 kg kg⁻¹; Silte = 0,365 kg kg⁻¹; Argila = 0,428 kg kg⁻¹; e P-Rem = 23,9 mg L⁻¹.

pH em água - Relação 1: 2,5; P e K - Extrator Mehlich 1; Ca²⁺, Mg²⁺ e Al³⁺ - Extrator: KCl 1 mol L⁻¹; H + Al - Extrator CaOAc 0,5 mol L⁻¹, pH 7,0; SB = Soma de bases; CTC(t) = Capacidade de troca catiônica efetiva; CTC(T) = Capacidade de troca catiônica, pH 7,0; V = Saturação por bases; m = Saturação por alumínio; Matéria orgânica (MO) = C. org. x 1,724 - Método Walkley-Black; P-Rem = Fósforo remanescente.

Para a quantificação do número de esporos presentes no mix de FMA (abundância total) usou-se 50 cm³ de inóculo de cada espécie de FMA por meio da técnica de peneiramento úmido (Gerdemann e Nicholson, 1963) em malhas de 0,42 e 0,044 mm, seguido por centrifugação em água e solução de sacarose 50%. A quantificação da abundância total de esporos de cada amostra foi realizada em placas de Petri com canaletas sob um estereomicroscópio, objetivando-se definir a quantidade de inóculo necessária para se fornecer ao substrato aproximadamente 300 esporos/vaso. A contagem de esporos de FMA presente no SRPM foi realizada de modo idêntico ao método supracitado, onde verificou-se a presença de, respectivamente, 15 e 19 esporos/50 cm³ de SRPM de mangabeira e mama-cadela.

Durante o enchimento dos vasos de cultivo, realizou-se a adubação de base, composta por 50 mg dm⁻³ de K, por meio de KCl e 100 mg dm⁻³ de P, por meio de

$\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$. Decorridos 40 dias da sementeira, realizou-se o transplante (repicagem) das plântulas de *H. speciosa* e *B. gaudichaudii*. Na ocasião da repicagem, foram depositadas duas plântulas por vaso. Nos tratamentos com inoculação de FMA, foi aplicado o mix de fungos nos orifícios realizados no substrato para a alocação das plântulas, objetivando-se permitir o contato do mesmo com os primórdios radiculares das plântulas e, deste modo, facilitar a inoculação micorrízica. Foi depositado 5 mL de cada um dos isolados de fungos por plântula, totalizando 30 mL de inóculo/vaso.

Passados 30 dias da repicagem, realizou-se o raleio das plantas, mantendo-se apenas uma planta por vaso. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC), sendo composto por quatro formulações de substrato (Tabela 1), com seis repetições e parcela experimental constituída por uma planta, totalizando 24 unidades experimentais por espécie em estudo.

Durante o período de condução do experimento, a umidade do solo foi mantida próxima a 60% da capacidade de campo, com monitoramento diário. A cada 15 dias, após a realização da repicagem, aplicou-se 50 mL de solução nutritiva definida por Furlani & Clark (1981) e adaptada por Oliveira et al. (2000). Na mesma ocasião, também se realizava a aleatorização dos vasos, pelo rodízio de todos os vasos da bancada, reduzindo-se assim a influência do ambiente no crescimento das plantas.

Aos 270 e 350 dias após a repicagem (DAR), respectivamente, para as plantas de mangabeira e mama-cadela, realizaram-se as medições da altura (H) e diâmetro do coleto (DC). A H das mudas foi medida do nível acima do solo até a gema apical, utilizando-se régua (graduada em cm), enquanto o DC foi mensurado por meio de paquímetro digital (graduado em mm). As plantas foram separadas em raiz e parte aérea, onde depois de lavadas as raízes aferiu-se o volume do sistema radicular das plantas (VR), por meio de uma proveta (graduada em mL) contendo água.

Foram coletadas subamostras de, aproximadamente, 1g de raízes finas (≤ 2 mm) das mudas, as quais foram conservadas em solução de F:A:A (formaldeído 5%, ácido acético glacial a 5% e álcool etílico a 90%, v:v:v). Os segmentos de raiz foram lavados e, em seguida, diafanizados com KOH a 10 % (v:v) em pernoite, e no dia seguinte deixados em banho-maria a 90 °C por duas horas. Posteriormente, adicionou-se H_2O_2 a 50 % (v:v) à solução de KOH, de modo a obter relação entre as soluções KOH: H_2O_2 igual a 10:1 (v:v), até as raízes tornarem-se translúcidas. Em sequência, o KOH e o H_2O_2 foram removidos e os fragmentos de raízes transferidos para solução de HCl a 1 % por 5 min e, posteriormente, coloridos com azul de tripano (Brundrett et al., 1996) e conservadas em solução de lactoglicerol, sendo a

porcentagem de colonização micorrízica determinada com auxílio de estereomicroscópio através do método em placa de Petri quadriculada (Giovannetti e Mosse, 1980).

Foram coletadas amostras de solo presente nos vasos de cultivo das plantas, visando-se determinar a abundância de esporos de FMA (AE), por meio da técnica de peneiramento úmido (Gerdemann & Nicholson, 1963), seguido por centrifugação em água destilada e solução de sacarose 50%. A quantificação da abundância total de esporos de cada amostra foi realizada em placas de Petri com canaletas sob um estereomicroscópio.

Posteriormente, as plantas foram secas em estufa com circulação forçada de ar, a temperatura de 60 °C por 72 horas. Após a secagem, a massa das plantas foi pesada em balança analítica com precisão de 0,01g. Por meio dos dados de altura total da parte aérea (H), diâmetro do coleto (DC), massa de matéria seca da parte aérea (MSPA), raízes (MSR) e total (MST), calculou-se as relações de qualidade de mudas: H/DC, H/MSPA, MSPA/MSR, além do Índice de Qualidade de Dickson (IQD) (Dickson et al., 1960) e a dependência micorrízica (DM) (Plenchette et al., 1983), expressos pelas equações 1 e 2, respectivamente.

$$IQD = MST / [(H/DC) + (MSPA/MSR)] \quad (\text{equação 1})$$

$$DM = [(MST \text{ de mudas micorrizadas} - MST \text{ de mudas não micorrizadas}) / MST \text{ de mudas micorrizadas}] \times 100, \text{ sendo expressa em } \% \quad (\text{equação 2})$$

A dependência micorrízica (DM) das mudas de *H. speciosa* e *B. gaudichaudii* foram classificadas em excessiva (DM >75%), alta (DM >50% e <75%), moderada (DM >25% e <50%) e não responsiva à inoculação (DM <25%), segundo os critérios de Machineski et al. (2011).

Por meio do Software SigmaPlot, realizou-se o teste de correlação de Pearson ($p < 0,05$ e $p < 0,01$) para avaliar a correlação entre as características morfológicas nas mudas de *H. speciosa* e *B. gaudichaudii*. Os dados foram analisados por meio de análise de variância e teste de Tukey ($p < 0,05$ e $p < 0,01$), com auxílio do software estatístico SISVAR (Ferreira, 2000), onde a escolha dos modelos baseou-se na significância dos coeficientes da regressão e no coeficiente de determinação (R^2).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A taxa de colonização micorrízica (CM) em mudas de mangabeira e mama-cadela foi influenciada pela composição do substrato ($p < 0,01$) (Figuras 1A e 1B, respectivamente),

enquanto a abundância de esporos (AE) presente no substrato teve efeito significativo em relação aos tratamentos em plantas de mama-cadela ($p < 0,01$) e não significativo em plantas de mangabeira ($p > 0,05$) (Figura 1C e 1D). Nas duas espécies vegetais avaliadas, observou-se que no substrato T2, o qual continha mix de FMA como fonte de inóculo, a CM foi superior à observada no T3 (Figura 1), demonstrando que, nas condições estudadas, os fungos utilizados como inóculo (*G. decipiens*, *R. clarus* e *S. heterogama*) foram mais eficientes do que os FMA nativos em colonizar as raízes dos hospedeiros.

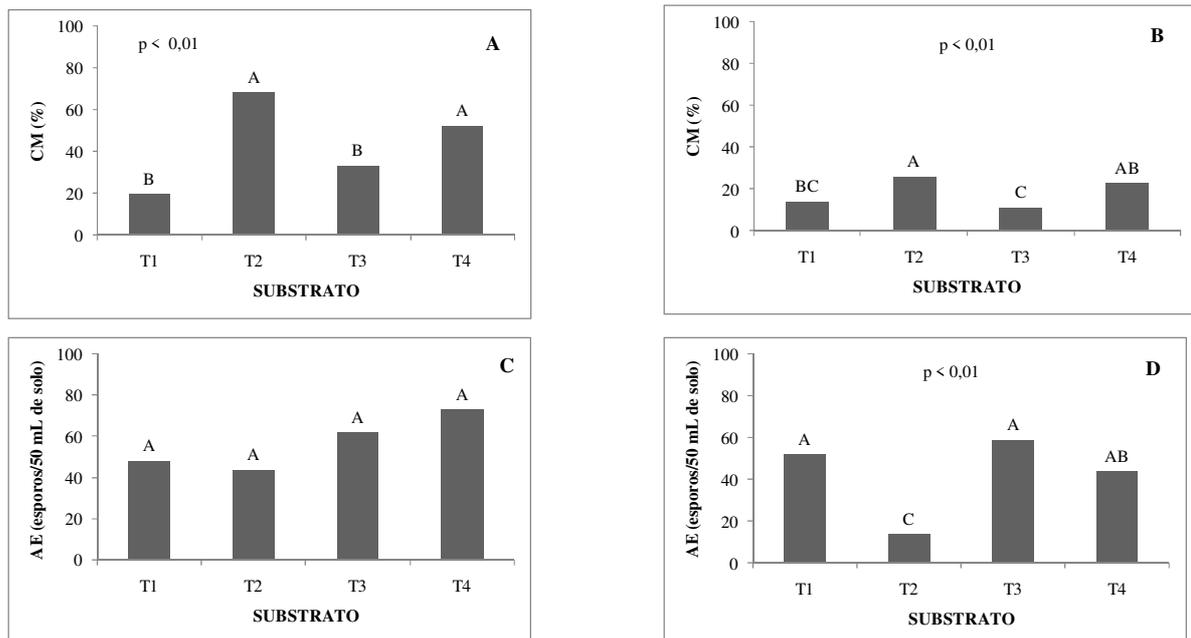


Figura 1. Taxa de colonização micorrízica (CM) e abundância de esporos no substrato (AE) de mudas de *Hancornia speciosa* (A e C) e *Brosimum gaudichaudii* (B e D) associadas com microorganismos simbiossantes provenientes do solo da planta matriz e, ou inoculadas com FMA.

Tratamentos com letras iguais não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Legenda: T1 = Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico autoclavado (LVAd-Aut) + substrato comercial Tropstrato Florestal® autoclavado (SC-Aut); T2 = Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico autoclavado (LVAd-Aut) + substrato comercial Tropstrato Florestal® autoclavado (SC-Aut) + inóculo de FMA (Mix); T3 = Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico autoclavado (LVAd-Aut) + substrato comercial Tropstrato Florestal® autoclavado (SC-Aut) + solo rizosférico das plantas matrizes (SRPM); e T4 = Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico autoclavado (LVAd-Aut) + substrato comercial Tropstrato Florestal® autoclavado (SC-Aut) + solo rizosférico das plantas matrizes (SRPM) + inóculo de FMA (Mix).

Quando os FMA nativos do SRPM e o mix de FMA foram utilizados em conjunto (T4) houve aumento significativo da CM em mudas de *H. speciosa* e *B. gaudichaudii*, quando comparados ao T3 (onde o mix foi omitido). Tal resultado confronta o obtido por Machineski et al. (2011), os quais observaram que a mistura dos FMA *G. clarum* e *G. margarita* gerou menor CM das raízes de *Ricinus communis* em comparação com o uso isolado das mesmas.

Os autores ainda citam que, em alguns casos, a mistura de FMA pode causar redução das taxas de CM, devido a existência de competição entre os microrganismos.

Mudas de mama-cadela produzidas no substrato T3 obtiveram os menores valores de colonização micorrízica, no entanto, nesse tratamento, as plantas tiveram os maiores incrementos em todas as características morfológicas avaliadas, exceto a H/MSPA. Tal resultado indica que os microrganismos nativos do solo rizosférico, mesmo não apresentando altas taxas de inoculação das raízes de *B. gaudichaudii*, foram eficientes em promover benefícios ao vegetal. Os fungos micorrízicos demonstram capacidade diferenciada em colonizar e promover benefícios às plantas (Sawyer et al., 2003), ressaltando-se que para a maioria das espécies vegetais, ainda não se sabe qual o nível ótimo de CM (Carrenho et al., 2001; Karanika et al., 2008).

Houve colonização micorrízica em mudas de mangabeira e mama-cadela presentes no substrato T1 (LVAd autoclavado + substrato comercial Tropstrato Florestal® autoclavado), sendo essa taxa de colonização micorrízica de, respectivamente, 20 e 14%. Isto pode ser explicada pela possível não esterilização total de propágulos de FMA por meio da autoclavagem, contaminação pela presença de estruturas fúngicas durante a irrigação, durante o período de condução do experimento ou por outros meios, como a movimentação de insetos. Costa et al. (2005) também observaram CM em raízes de plantas de mangabeira conduzidas em tratamentos com ausência de aplicação de fontes de inóculos e solo fumigado.

Não houve diferença estatística entre os tratamentos em relação à abundância de esporos (AE) no substrato das mudas de mangabeira (Figura 1C). Contudo, houve tendência de maior esporulação dos FMA nos substratos que continham solo rizosférico da planta matriz (SRPM) (T3 e T4). Já em plantas de mama-cadela presentes no T2 encontrou-se baixa esporulação dos FMA, sendo que os demais tratamentos (T1, T3 e T4) foram estatisticamente superiores ao T2 (Figura 1D).

As variáveis AE e CM em mudas de mangabeira se correlacionaram de forma não significativa, enquanto a produção de massa de mudas de mangabeira não se correlacionou de forma significativa com a taxa de colonização micorrízica ou a abundância de esporos ($p > 0,05$). (Tabela 3). As variáveis AE e CM em mudas de mama-cadela se correlacionaram de forma significativa e inversa ($r = -0,65^{**}$) (Tabela 4). Hart e Reader (2002) apontam que os FMA dependentes de esporulação para a colonização possuem desvantagem quando comparados a fungos que colonizam raízes a partir de fragmentos de hifas, dado que os esporos, em alguns casos, necessitam de períodos de dormência para a regeneração, o que pode explicar a relação indireta entre a taxa de CM e a produção de esporos.

Tabela 3. Análise da correlação linear de Pearson entre as características morfológicas, CM e AE de mudas *H. speciosa* aos 270 DAR associadas com microorganismos simbiotes provenientes do solo da planta matriz e, ou inoculadas com FMA.

	DC	H/DC	VR	H/MSPA	MSPA	MSR	MST	MSPA/MSR	IQD	CM	AE
H	0,86**	0,91**	0,78**	-0,66**	0,93**	0,77**	0,91**	0,33 ^{ns}	0,66**	0,16 ^{ns}	0,19 ^{ns}
DC	x	0,59**	0,78**	-0,73**	0,85**	0,84**	0,89**	0,10 ^{ns}	0,85**	0,27 ^{ns}	0,16 ^{ns}
H/DC		x	0,62**	-0,46*	0,76**	0,58**	0,72**	0,37 ^{ns}	0,38 ^{ns}	0,11 ^{ns}	0,16 ^{ns}
VR			x	-0,78**	0,84**	0,91**	0,91**	-0,06 ^{ns}	0,84**	0,18 ^{ns}	0,29 ^{ns}
H/MSPA				x	-0,81**	-0,87**	-0,87**	0,08 ^{ns}	-0,90**	-0,41*	-0,31 ^{ns}
MSPA					x	0,81**	0,97**	0,33 ^{ns}	0,78 ^{ns}	0,27 ^{ns}	0,18 ^{ns}
MSR						x	0,93**	-0,24 ^{ns}	0,95**	0,19 ^{ns}	0,30 ^{ns}
MST							x	0,12 ^{ns}	0,88**	0,25 ^{ns}	0,24 ^{ns}
MSPA/MSR								x	-0,24 ^{ns}	0,14 ^{ns}	-0,23 ^{ns}
IQD									x	0,28 ^{ns}	0,24 ^{ns}
CM										x	-0,23 ^{ns}

** = Significativo a 1%; * = Significativo a 5%; ns = Não significativo.

H = altura da parte aérea; DC = diâmetro do coleto; H/DC = relação altura da parte aérea/diâmetro do coleto; VR = volume do sistema radicular; H/MSPA= relação altura da parte aérea/massa de matéria seca da parte aérea; MSPA = massa de matéria seca da parte aérea; MSR = massa de matéria seca de raízes; MST = massa de matéria seca total; MSPA/MSR = relação massa de matéria seca da parte aérea/massa de matéria seca de raízes; IQD = índice de qualidade de Dickson; CM = taxa de colonização micorrízica; e AE = abundância de esporos.

Tabela 4. Análise da correlação linear de Pearson entre as características morfológicas, CM e AE de mudas *B. gaudichaudii* aos 350 DAR associadas com microorganismos simbiotes provenientes do solo da planta matriz e, ou inoculadas com FMA.

	DC	H/DC	VR	H/MSPA	MSPA	MSR	MST	MSPA/MSR	IQD	CM	AE
H	0,88**	0,91**	0,78**	-0,70**	0,96**	0,73**	0,85**	0,88**	0,57**	-0,41*	0,42*
DC	x	0,61**	0,60**	-0,45*	0,77**	0,50*	0,63**	0,80**	0,47*	-0,24 ^{ns}	0,28 ^{ns}
H/DC		x	0,77**	-0,78**	0,94**	0,80**	0,89**	0,78**	0,56**	-0,50*	0,50*
VR			x	-0,88**	0,87**	0,95**	0,96**	0,48*	0,92**	-0,45*	0,44*
H/MSPA				x	-0,84**	-0,86**	-0,89**	-0,53**	-0,81**	0,24 ^{ns}	-0,31 ^{ns}
MSPA					x	0,83**	0,93**	0,81**	0,69**	-0,45*	0,42*
MSR						x	0,98**	0,41*	0,93**	-0,52**	0,55**
MST							x	0,58**	0,87**	-0,52**	0,52**
MSPA/MSR								x	0,21 ^{ns}	-0,25 ^{ns}	0,35 ^{ns}
IQD									x	-0,37 ^{ns}	0,39 ^{ns}
CM										x	-0,65**

** = Significativo a 1%; * = Significativo a 5%; ns = Não significativo.

H = altura da parte aérea; DC = diâmetro do coleto; H/DC = relação altura da parte aérea/diâmetro do coleto; VR = volume do sistema radicular; H/MSPA= relação altura da parte aérea/massa de matéria seca da parte aérea; MSPA = massa de matéria seca da parte aérea; MSR = massa de matéria seca de raízes; MST = massa de matéria seca total; MSPA/MSR = relação massa de matéria seca da parte aérea/massa de matéria seca de raízes; IQD = índice de qualidade de Dickson; CM = taxa de colonização micorrízica; e AE = abundância de esporos.

O VR é um atributo de grande importância a ser avaliado para a determinação da qualidade de uma muda e também para inferir sobre seu desenvolvimento e aquisição de C. Seu papel torna-se ainda mais explícito quando observado o coeficiente de correlação (r) do VR em conjunto com a produção de massa total da planta (MST) e o IQD. Em plantas de *H. speciosa* houve alta correlação do VR com a MST ($r = 0,91^{**}$) e o IQD ($r = 0,84^{**}$). O mesmo foi observado para *B. gaudichaudii* ($r = 0,96^{**}$ e $0,92^{**}$ para, respectivamente, MST e IQD).

Em mudas de mama-cadela, a MSPA/MSR não se correlacionou de modo significativo apenas com o IQD, CM e a AE. Coelho et al. (2008) não indicaram o uso da MSPA/MSR como bom atributo para se avaliar a qualidade de mudas de *Heteropteris aphrodisiaca*, dado que a citada relação não se correlacionou de forma significativa com nenhuma das variáveis avaliadas no citado trabalho (H, DC, H/DC, H/MSPA e IQD), fato similar ao ocorrido nas mudas de mangabeira do presente estudo (Tabela 3).

Em plantas de mangabeira, a DM foi positiva em todos os tratamentos (DM = 42, 65 e 74%, respectivamente, em T2, T3 e T4), o que demonstra que as micorrizas geraram efeito benéfico no crescimento das mudas (Figura 2A). Em relação à dependência micorrízica (DM) de mudas de mama-cadela observou-se que no T3 ocorreu o maior benefício gerado pelos FMA (DM = 46%), seguido pelo T4 (DM = 39%) (Figura 2B), valores considerados de dependência moderada, segundo os critérios de Machineski et al. (2011). Plenchette et al. (1983) definem a DM como a diferença percentual entre o crescimento de plantas sem e com micorriza, onde tais valores vão de 0% (sem dependência) a 100% (dependência máxima). No tratamento T2 (substrato esterilizado e aplicação de mix de FMA) a DM das mudas de mama-cadela apresentou valor negativo (DM = -21%), revelando que, nas condições do presente trabalho, a inoculação com os FMA *G. decipiens*, *R. clarus* e *S. heterogama* gerou decréscimo da produção de massa das plantas.

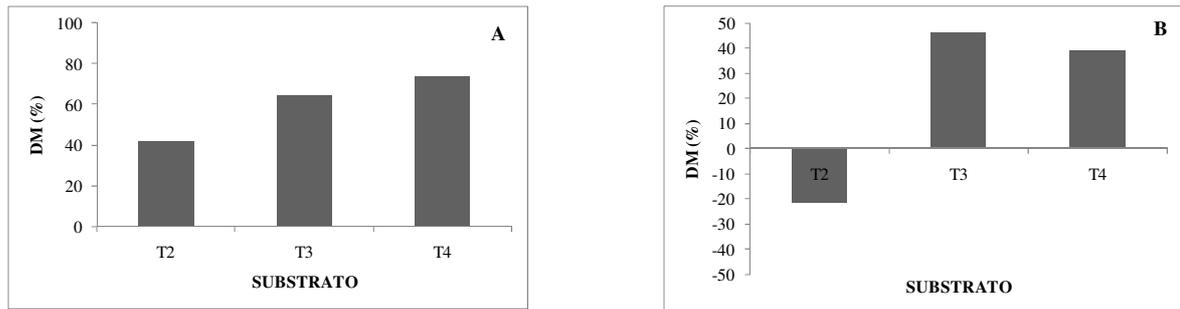


Figura 2. Dependência micorrízica (DM) de mudas de *Hancornia speciosa* (A) e *Brosimum gaudichaudii* (B) associadas com microorganismos simbiotes provenientes do solo da planta matriz e, ou inoculadas com FMA.

Legenda: T1 = Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico autoclavado (LVAd-Aut) + substrato comercial Tropstrato Florestal® autoclavado (SC-Aut); T2 = Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico autoclavado (LVAd-Aut) + substrato comercial Tropstrato Florestal® autoclavado (SC-Aut) + inóculo de FMA (Mix); T3 = Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico autoclavado (LVAd-Aut) + substrato comercial Tropstrato Florestal® autoclavado (SC-Aut) + solo rizosférico das plantas matrizes (SRPM); e T4 = Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico autoclavado (LVAd-Aut) + substrato comercial Tropstrato Florestal® autoclavado (SC-Aut) + solo rizosférico das plantas matrizes (SRPM) + inóculo de FMA (Mix).

Mudas de *H. speciosa* são altamente dependentes de micorrizas em solo desinfestado e com baixo fornecimento de P (3 mg dm^{-3}) (Costa et al., 2005). No entanto, esses autores encontraram redução da DM das plantas em ocasião do aumento das doses de P, os quais tiveram valores negativos a partir da aplicação de 93 mg dm^{-3} de P em solo desinfestado e inoculado com os FMA *G. albida* e *G. etunicatum*, enfatizando a importância da fertilidade do solo, em especial de P, na resposta das plantas à associação micorrízica.

Quando a DM possui valores negativos, as plantas inoculadas com FMA possuem menor acúmulo de massa, em relação ao tratamento controle, o que figura como uma relação parasítica (Schiavo et al., 2010). O fato da DM em mudas de mangabeira e mama-cadela apresentarem altos valores quando o SRPM esteve presente no substrato são um indicativo da importância dos microorganismos simbiotes presentes no mesmo na promoção do crescimento das plantas. Smith e Read (2008) afirmam que o benefício gerado pelo FMA depende de outros fatores, como a espécie e ecótipo do fungo e o genótipo das plantas.

A importância da inoculação micorrízica vai além dos benefícios nutricionais gerados nas plantas. Quando as raízes dos vegetais são infectadas por FMA, por mais que não se observe vantagens diretas em seu crescimento, o mesmo encontra-se protegido de patógenos, os quais poderiam ocupar os mesmos sítios (Smith e Read, 2008). Tal fato é confirmado por outros trabalhos, onde a ação dos FMA proporcionou redução dos danos causados por *Meloidogyne enterolobii* (Pinheiro et al., 2014), *Meloidogyne incognita* (Sousa et al., 2010) e *Fusarium oxysporum* f. sp. *herbemontis* (Costa et al., 2010).

Mudas de mama-cadela aos 350 dias após a repicagem (DAR) tiveram altura total (H) e diâmetro do coleto (DC) maiores no tratamento T3 (SRPM como fonte de inóculo) quando comparadas às do T2, no qual a fonte de inóculo foi o mix de FMA (Figura 3B e 3D). Esse resultado demonstra a maior eficiência dos microrganismos nativos em estimular o crescimento das plantas, o que não foi observado por Caldeira et al. (2003) avaliando a influencia de FMA no crescimento inicial de três leguminosas arbóreas (*Adenantha pavonina*, *Mimosa guilandenae* e *Enterolobium schomburgkii*). Esses autores observaram que não houve diferença significativa na H e DC das mudas em resposta aos tratamentos microbiológicos (inoculadas com *Glomus clarum*, *G. macrocarpum*, fungos nativos e sem inoculação), havendo tendência para os menores valores das citadas variáveis em mudas que receberam inóculo de FMA nativos.

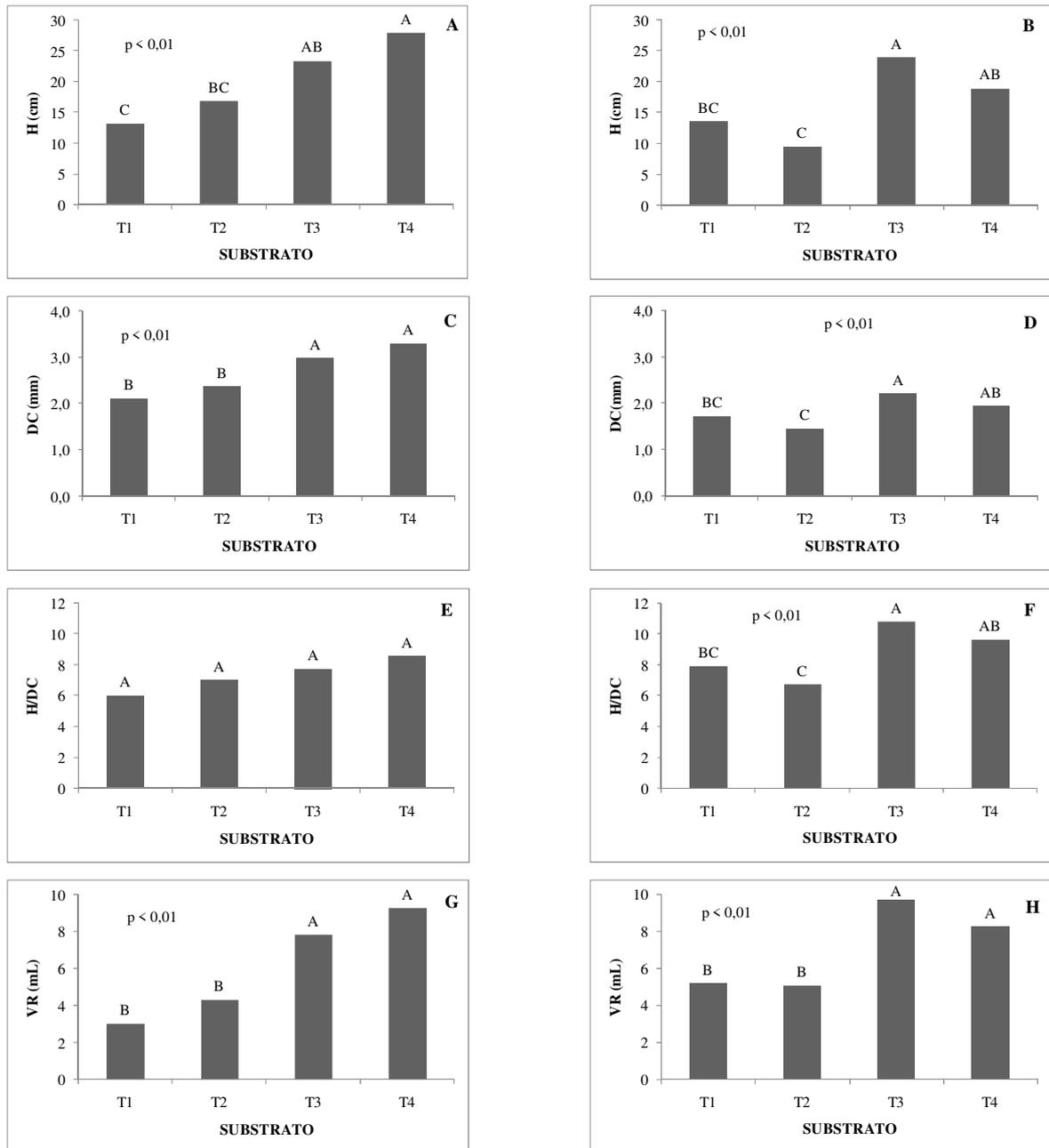


Figura 3. Altura da parte aérea (H), diâmetro do coleto (DC), relação altura da parte aérea/diâmetro do coleto (H/DC) e volume do sistema radicular (VR) em mudas de *Hancornia speciosa* (A, C, E e G) e *Brosimum gaudichaudii* (B, D, F e H) associadas com microorganismos simbiotes provenientes do solo da planta matriz e, ou inoculadas com FMA.

Tratamentos com letras iguais não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Legenda: T1 = Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico autoclavado (LVAd-Aut) + substrato comercial Tropstrato Florestal® autoclavado (SC-Aut); T2 = Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico autoclavado (LVAd-Aut) + substrato comercial Tropstrato Florestal® autoclavado (SC-Aut) + inóculo de FMA (Mix); T3 = Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico autoclavado (LVAd-Aut) + substrato comercial Tropstrato Florestal® autoclavado (SC-Aut) + solo rizosférico das plantas matrizes (SRPM); e T4 = Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico autoclavado (LVAd-Aut) + substrato comercial Tropstrato Florestal® autoclavado (SC-Aut) + solo rizosférico das plantas matrizes (SRPM) + inóculo de FMA (Mix).

Resultados similares ao encontrado no presente trabalho também foram verificados por Samarão et al. (2011), avaliando o crescimento inicial de mudas de gravioleira (*Annona muricata*) em resposta a doses de P e FMA. Os mesmos observaram que plantas onde se aplicou inóculo de fungos nativos, composto por *Glomus macrocarpum*, *G. etunicatum* e *Entrophopora colombiana*, possuíram os maiores valores de H em todas as doses de P testadas e que o maior DC das mudas ocorreu na dose 100 mg dm⁻³ de P, também inoculados com os FMA nativos.

Na produção de mudas de mangabeira, observou-se que a aplicação do inóculo de FMA em conjunto com o SRPM (T4) gerou efeito positivo na H, DC e no volume do sistema radicular (VR) em comparação com o T3. Samarão et al. (2011) apontam que a eficiência dos fungos introduzidos é dependente da capacidade dos mesmos em competir com os FMA já existentes no solo. Os citados autores ainda mencionam que houve efeito positivo da aplicação do inóculo de FMA no solo não esterilizado, dado que a inoculação gerou resposta positiva no crescimento e nutrição das plantas.

Mudas de mangabeira e mama-cadela não tiveram diferença ($p > 0,05$) na H, DC, H/DC e VR quando produzidas nos substratos T1 e T2. A única distinção entre as composições foi a ausência (T1) ou presença (T2) do mix de FMA. Tal fato pode ser explicado pela dose de P utilizada em todos os tratamentos (100 mg dm⁻³), a qual, possivelmente, foi suficiente para promover o crescimento das mudas das espécies. A melhoria da nutrição por meio do aumento da absorção de nutrientes, particularmente de fósforo, é o fator primário do benefício nutricional proporcionado pelas micorrizas. Em alguns casos, o efeito da simbiose promovendo crescimento do vegetal pode ser substituído pela fertilização, em especial a de P (Saggin Júnior e Silva, 2005).

Não houve diferença no VR das plantas de mangabeira e mama-cadela em relação aos substratos T3 e T4 ($p > 0,05$). No entanto, os tratamentos anteriormente citados foram superiores ao T1 e T2 no tocante à citada variável (Figura 3E e 3F). A aplicação do mix de FMA no substrato gerou benefício às mudas de mangabeira, onde no T4 houve incremento de 18% no VR em relação ao T3. Já nas plantas de mama-cadela, tal efeito foi inverso, dado que mudas presentes no T3 tiveram VR 18% maior do que as do T4.

Para a produção de mudas de mangabeira, apenas o T4 foi superior ao T1 e T2 em relação à MSPA, MSR e MST (Figura 4A, 4C e 4E, respectivamente). Em plantas de mama-cadela presentes nos substratos T3 e T4 essas variáveis foram superiores às observadas nos tratamentos T1 e T2 (Figura 4B, 4D e 4F), mostrando o benefício dos microrganismos nativos em promover o acúmulo de massa nas plantas estudadas. Segundo Moreira e Siqueira (2006),

a condição biológica do solo é fator de grande importância para a resposta das plantas à inoculação, sendo mais comum resposta positiva em substrato autoclavado. Contudo, na presença de solo não-autoclavado, caso dos tratamentos T3 e T4, também pode haver benefícios da inoculação micorrízica, onde os fungos introduzidos necessitem competir com os FMA nativos, os quais são mais adaptados a espécie vegetal, além de outros microrganismos, como antagonistas que interfiram na associação.

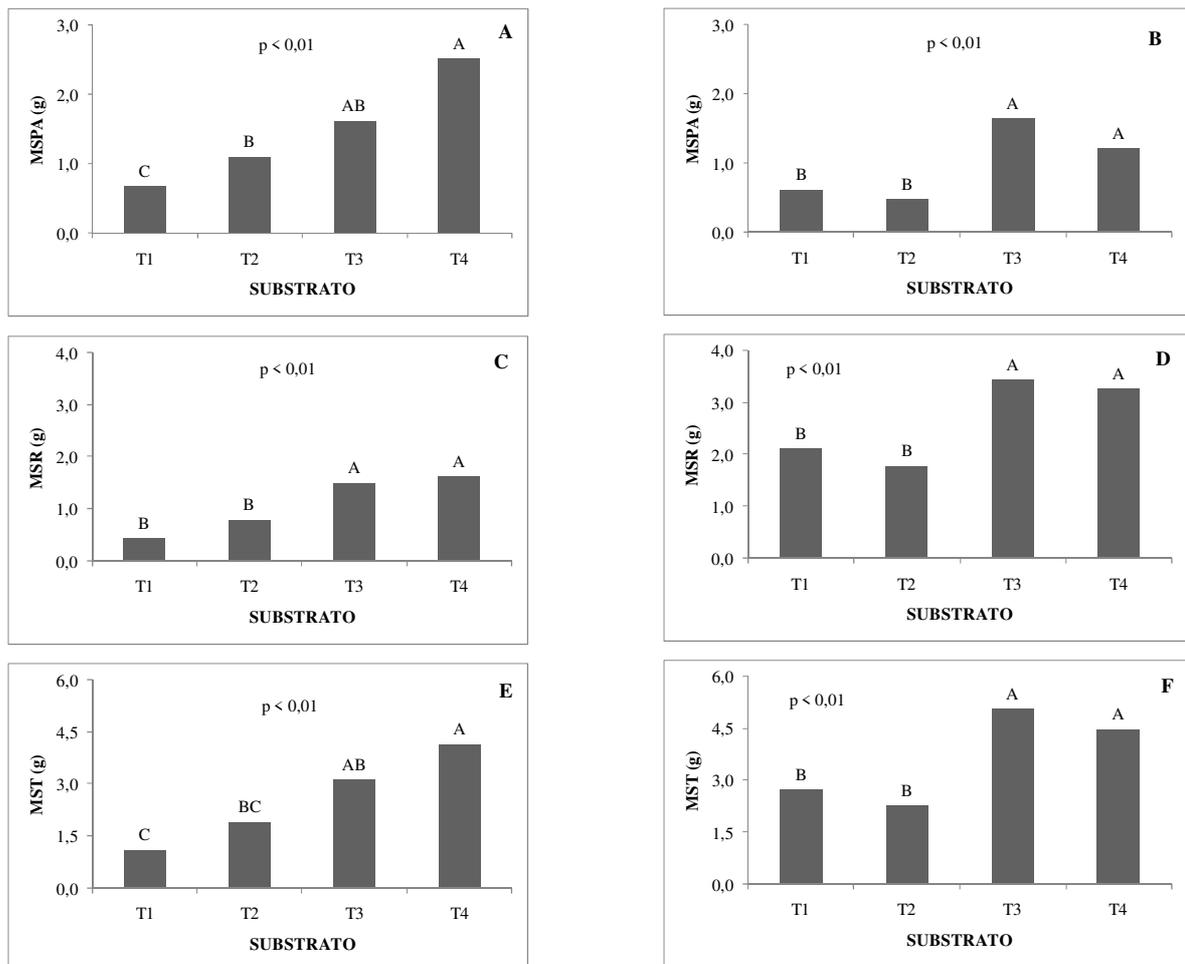


Figura 4. Massa de matéria seca da parte aérea (MSPA), raízes (MSR) e total (MST) em mudas de *Hancornia speciosa* (A, C e E) e *Brosimum gaudichaudii* (B, D e F) associadas com microorganismos simbiotes provenientes do solo da planta matriz e, ou inoculadas com FMA.

Legenda: T1 = Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico autoclavado (LVAd-Aut) + substrato comercial Tropstrato Florestal® autoclavado (SC-Aut); T2 = Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico autoclavado (LVAd-Aut) + substrato comercial Tropstrato Florestal® autoclavado (SC-Aut) + inóculo de FMA (Mix); T3 = Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico autoclavado (LVAd-Aut) + substrato comercial Tropstrato Florestal® autoclavado (SC-Aut) + solo rizosférico das plantas matrizes (SRPM); e T4 = Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico autoclavado (LVAd-Aut) + substrato comercial Tropstrato Florestal® autoclavado (SC-Aut) + solo rizosférico das plantas matrizes (SRPM) + inóculo de FMA (Mix).

Benefícios gerados no acúmulo de massa em mudas de espécies frutíferas do Cerrado em resposta a FMA também foram encontrados por Soares et al. (2012), estudando o crescimento inicial de Jenipapeiro (*Genipa americana*). Os autores constataram diferentes respostas de acordo com o fungo avaliado em relação à MSPA e MSR das mudas, onde os FMA *G. clarum*, *G. etunicatum*, *G. manihots*, *G. albida* e *Acaulospora scrobiculata* incrementaram a produção de massa das plantas. No entanto, a espécie de fungo *S. heterogama* foi ineficiente, não se diferenciando do tratamento controle.

O tratamento onde a fonte de inóculo foi o mix de FMA (T2) diferiu-se apenas na produção de MSPA em relação ao controle, não havendo disparidade entre ambos em relação à MSR e MST. Avaliando a produção de mudas de *H. speciosa* em resposta ao aumento da densidade de esporos (variando de 0 a 300 esporos de FMA por planta) de *G. albida* e *G. etunicatum*, Costa et al. (2003) verificaram que plantas inoculadas com *G. etunicatum* não foram superiores às do tratamento controle em relação à produção de MSPA, enquanto a inoculação com *G. albida* resultou em incremento de 158,53% de massa aérea quando comparado às plantas do tratamento controle. Os citados autores apontam que a inoculação micorrízica reduziu em, aproximadamente, 30 dias o tempo de produção das mudas, o que é vantagem do ponto de vista econômico para o produtor, dado que quanto menor o tempo de permanência da muda no viveiro, menor será seu custo de produção.

A MSPA/MSR de mudas de mangabeira não apresentou diferença em resposta aos tratamentos ($\bar{Y} = 1,40$) (Figura 5A). Em relação às mudas de mama-cadela, os maiores valores de MSPA/MSR obtidos para a presente razão em mudas de *B. gaudichaudii* foram obtidas no T3, o qual foi estatisticamente superior ao T2 (Figura 5B). Esse comportamento salienta a necessidade do estudo das particularidades das espécies arbóreas do Cerrado, evitando-se equívocos gerados por meio de extrapolações de resultados obtidos por outras pesquisas.

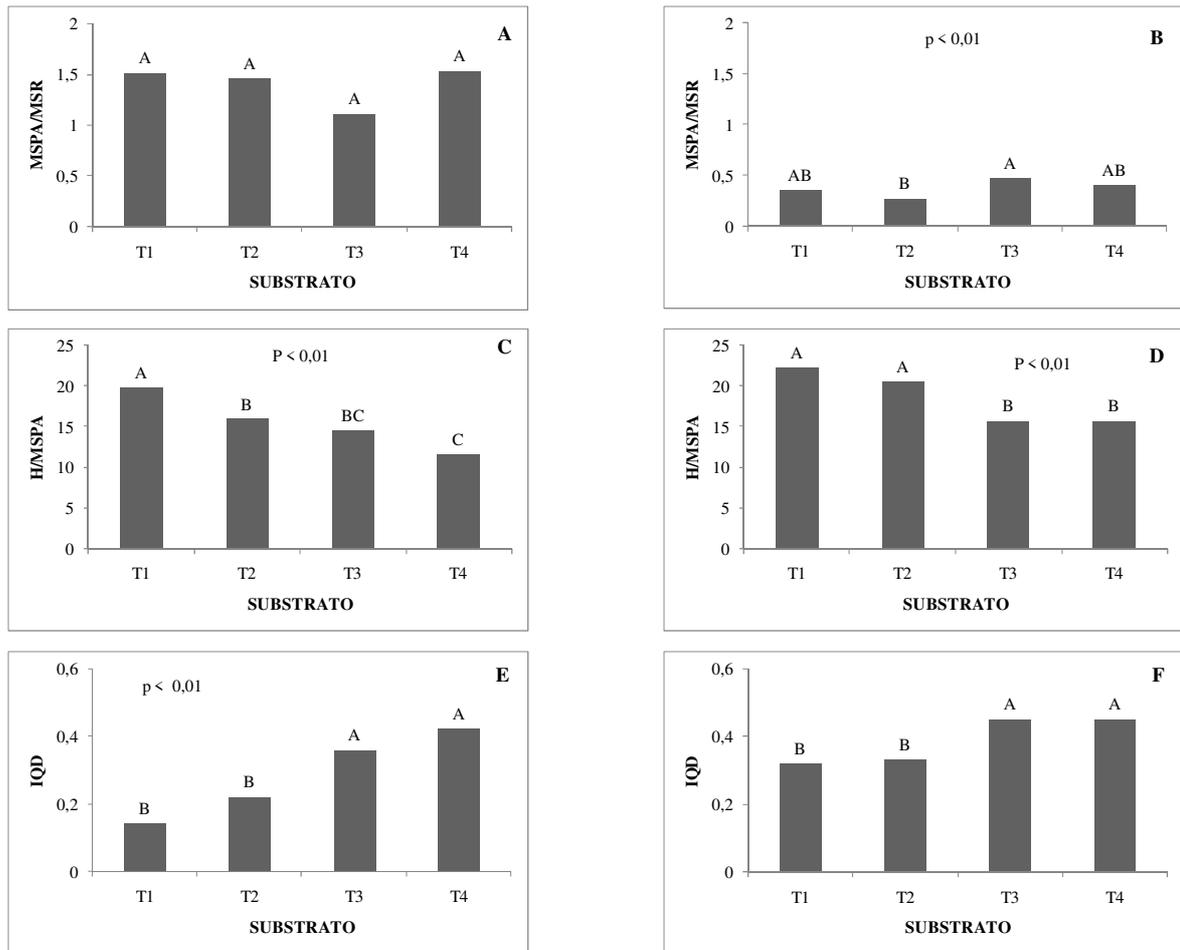


Figura 5. Relação massa de matéria seca da parte aérea/massa de matéria seca de raízes (MSPA/MSR), relação altura da parte aérea/massa de matéria seca da parte aérea (H/MSPA) e índice de qualidade de Dickson (IQD) em mudas de *Hancornia speciosa* (A, C e E) e *Brosimum gaudichaudii* (B, D e F) associadas com microorganismos simbiotes provenientes do solo da planta matriz e, ou inoculadas com FMA.

Tratamentos com letras iguais não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Legenda: T1 = Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico autoclavado (LVAd-Aut) + substrato comercial Tropstrato Florestal® autoclavado (SC-Aut); T2 = Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico autoclavado (LVAd-Aut) + substrato comercial Tropstrato Florestal® autoclavado (SC-Aut) + inóculo de FMA (Mix); T3 = Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico autoclavado (LVAd-Aut) + substrato comercial Tropstrato Florestal® autoclavado (SC-Aut) + solo rizosférico das plantas matrizes (SRPM); e T4 = Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico autoclavado (LVAd-Aut) + substrato comercial Tropstrato Florestal® autoclavado (SC-Aut) + solo rizosférico das plantas matrizes (SRPM) + inóculo de FMA (Mix).

Em plantas de mama-cadela, a relação MSPA/MSR foi influenciada pelos tratamentos, onde o substrato T3 gerou valor superior dessa relação quando comparados ao T2 (Figura 5B). Esse resultado pode ter ocorrido devido aos FMA nativos serem capazes de produzir maior quantidade de hifas e explorar um maior volume de solo do que os fungos *G. decipiens*, *R. clarus* e *S. heterogama*.

Devido às hifas serem demasiadamente menores que as raízes, sua superfície torna-se mais abundante quando comparada ao mesmo volume de raízes. Sendo assim, essas

extensões fúngicas apresentam maior eficiência na criação de superfícies de contato com o substrato, absorvendo maior quantidade de água e nutrientes a um menor gasto de energia, quando comparadas às raízes. Portanto, a planta desenvolve a estratégia de alocar mais C no simbionte e menos no sistema radicular (Saggin Júnior e Silva, 2005), resultando em menor MSPA/MSR, sem que ocorram prejuízos ao crescimento do vegetal.

Gomes e Paiva (2012) afirmam que a relação MSPA/MSR é uma característica intrínseca de cada espécie, a qual não sofre variação de acordo com o sítio. No entanto, avaliando a qualidade de mudas de *Heteropteris aphrodisiaca* em diferentes substratos, Coelho et al. (2008) constataram que a composição do substrato influenciou de forma significativa ($p < 0,01$) a MSPA/MSR das mudas. Aos 180 dias após a semeadura, os autores encontraram valores de 1,88 e 0,59 para a citada relação, respectivamente, nos substratos com o maior (terra preta + esterco) e menor (solo de Cerrado) nível de fertilidade.

A presença de SRPM no substrato de cultivo das mudas foi positiva para as plantas de mangabeira e mama-cadela em relação à H/MSPA (Figura 5C e 5D, respectivamente). A H/MSPA das mudas de *H. speciosa* e *B. gaudichaudii* produzidas no substrato T4 tiveram valores inferiores às plantas dos tratamentos T1 e T2, o que é positivo, dado que, para uma mesma altura total da parte aérea (H), quanto menor a relação H/MSPA melhor será a qualidade da muda, devido à mesma apresentar-se mais lenhificada. Esse atributo, também conhecido como “quociente de robustez” é uma característica pouco avaliada quando se trata de qualidade de mudas. No entanto, essa relação detém capacidade de predizer sobre as chances de sobrevivência da muda após o plantio no local definitivo (Gomes e Paiva, 2012).

A adição de SRPM no substrato de cultivo das mudas também gerou benefício para a qualidade das mudas produzidas. O IQD de plantas de *H. speciosa* e *B. gaudichaudii* produzidas nos substratos T3 e T4 expressaram valores superiores significativamente ($p < 0,01$) quando comparadas às plantas dos tratamentos T1 e T2 (Figura 5E e 5F). Contudo, a qualidade das mudas de mangabeira e mama-cadela não geraram correlação significativa com a taxa de colonização micorrízica (CM) e a abundância de esporos (AE), fato similar ao obtido por Soares et al. (2017), os quais também não encontraram correlação linear entre a CM e o IQD de mudas de *Calophyllum brasiliense* e *Anadenanthera colubrina* var. *cebil* inoculadas com os endófitos *G. clarum* e *G. margarita*.

Vale salientar que a determinação da qualidade de uma muda, em muitos casos, encontra dificuldades operacionais da obtenção desse atributo, dado que o mesmo envolve métodos destrutivos das plantas e o uso de equipamentos de custo elevado, os quais nem sempre estão disponíveis aos produtores de mudas. Um fato importante da avaliação das

espécies estudadas no presente trabalho foi a existência de correlação positiva e significativa da qualidade das mudas (IQD) com as variáveis H ($r = 0,66^{**}$ e $0,57^{**}$ para, respectivamente, *H. speciosa* e *B. gaudichaudii*) e DC ($r = 0,85^{**}$ e $0,47^{**}$ para, respectivamente, *H. speciosa* e *B. gaudichaudii*). Por meio da avaliação dessas características, as quais são de fácil mensuração e baixo custo de obtenção, pode-se alcançar maior segurança na seleção de mudas de qualidade superior para a implantação de projetos florestais.

4. CONCLUSÕES

A adição do solo rizosférico da planta matriz (SRPM) ou a inoculação com FMA nativos melhora o crescimento inicial e a qualidade das mudas de *H. speciosa* e *B. gaudichaudii*. Sendo assim, é recomendável a aplicação desses microrganismos simbiotes no substrato de cultivo das plantas, visando-se a obtenção de mudas de qualidade das citadas espécies.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BALOTA, E. L.; LOPES, E. S.; HUNGRIA, M.; DOBEREINER, J. Inoculação de bactérias diazotróficas e fungos micorrízicos arbusculares na cultura da mandioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 32, n. 6, p. 627-639, 1997.
- CALDEIRA, M. V. W.; SILVA, E. M. R.; FRANCO, A. A.; WATZLAWICK, L. F. Influência de fungos micorrízicos arbusculares sobre o crescimento de três leguminosas arbóreas. **Revista Acadêmica: ciências agrárias e ambientais**, v. 1, n. 1, p. 27-32, 2017.
- CARRENHO, R. TRUFEM, S. F. B.; BONONI, V. L. R. Fungos micorrízicos arbusculares em rizosfera de três espécies de fitobiontes instaladas em área de mata ciliar revegetada. **Acta Botânica Brasileira**, v. 15, n. 1, p. 115- 124, 2001.
- COELHO, M. F. B.; SOUZA, R. L. C.; ALBUQUERQUE, M. C. F.; WEBER, O. S.; NOGUEIRA BORGES, H. B. Qualidade de mudas de nó-de-cachorro (*Heteropteris aphrodisiaca* O. Mach.) em diferentes substratos. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 10, n. 3, p. 82-90, 2008.
- 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**, v. 40, n. 3, p. 225-232, 2005.
- COSTA, C. M. C.; CAVALCANTE, U. M. T.; LIMA JR, M. R.; MAIA, L. C. Inoculum density of arbuscular mycorrhizal fungi needed to promote growth of *Hancornia speciosa* Gomes seedlings. **Fruits**, v. 58, n. 5, p. 247-254, 2003.

COSTA, M. D.; LOVATO, P. E.; SETE, P. B. Micorrização e indução de quitinases e β -1, 3-glucanases e resistência à fusariose em porta-enxerto de videira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 4, p. 376-383, 2010.

COSTA, M. D.; LOVATO, P. E. Micorrizas arbusculares e a supressão de patógenos. In: KLAUBERG-FILHO, O.; MAFRA, A. L.; GATIBONI, L. C. (Ed.). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v. 6, 2011. p.119-139.

DNMET - DEPARTAMENTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Normais climatológicas (1961-1990)**. Brasília: SPI/EMBRAPA, 1992.

DUBOC, E. Sistemas agroflorestais e o Cerrado. In: FALEIRO, F.; FARIAS NETO, A.L. (Ed). **Savana: desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2008. p. 965-985.

DURYEA, M. L. Evaluating seedling quality importance to reforestation. In: DURYEA, M. L. (Ed.). **Evaluating seedling quality principles, procedures, and predictive abilities of major tests**. Corvallis: Forest Research Laboratory Oregon State University, 1985. p. 1-6.

HART, M. M.; READER, R. J. Taxonomic basis for variation in the colonization strategy of arbuscular mycorrhizal fungi. **New Phytologist**, v.153, n. 2, p.335-344, 2002.

KARANIKI, E. D.; VOULGARIA, 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**, v. 51, n. 6, p. 409- 418, 2008.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Instituto Plantarum, v. 2, 1998. 352 p.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Editora Plantarum, v. 1, 1992. 352 p.

MACHINESKI, O.; BALOTA, E. L.; SOUZA, J. R. P. Resposta da mamoneira a fungos micorrízicos arbusculares e a níveis de fósforo. **Semina: Ciências Agrárias**, v.32, n.4 Sup1, p.1855-1862, 2011.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2. ed. atualizada e ampliada. Larvas: UFLA, 2006. 729p.

PINHEIRO, A. C. T.; SOUZA, L. T. O.; COIMBRA, J. L. Controle de *Meloidogyne enterolobii* em mudas de goiabeira com fungos micorrízicos isolados do Cerrado baiano. **Revista Agro@ mbiente On-line**, v. 8, n. 3, p. 398-403, 2014.

RIBEIRO, J. F.; OLIVEIRA, M. C.; GULIAS, A. P. S. M.; FAGG, J. M. F.; AQUINO, F. G. Usos Múltiplos da Biodiversidade no Bioma Cerrado: estratégia sustentável para a sociedade, o agronegócio e os recursos naturais. In: FALEIRO, F. G.; FARIAS NETO, A. L. (Ed.). **Savanas: desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2008. p. 336-360.

SAGGIN JÚNIOR, O. J.; SILVA, E. M. R. Micorriza arbuscular - Papel, Funcionamento e Aplicação da Simbiose. In: AQUINO, A. M.; ASSIS, R. L. (Ed.). **Processos biológicos do sistema solo – planta: Ferramentas para uma agricultura sustentável**. 1. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005, v. 1, p. 101-149.

SAMARÃO, S. S.; RODRIGUES, L. A.; MARTINS, M. A.; MANHÃES, T. N.; ALVIM, L. A. M. Desempenho de mudas de gravioleira inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares em solo não-esterilizado, com diferentes doses de fósforo. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 33, n. 1, p. 81-88, 2011.

SAWYER, N. A.; CHAMBERS, S. M.; CAIRNEY, J. W. G. Utilisation of inorganic and organic phosphorus sources by isolates of *Amanita muscaria* and amanita species native to temperate eastern Australia. **Australian Journal of Botany**, v. 51, n. 2, p. 151-158, 2003.

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

SMITH, S. E.; READ, D. J. **Mycorrhizal symbiosis**. 3. ed. New York: Academic Press, 2008. 800 p.

SOARES, M. T. S.; GAIAD, S.; RESENDE, A. S.; MENEZES, G. I.; FERNANDES, F. A.; FERNANDES, A. H. B. M. Qualidade de mudas de espécies arbóreas procedentes do Bioma Pantanal e inoculadas com fungos micorrízicos. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 37, n. 91, p. 311-322, 2017.

SOUSA, C. S.; SOARES, A. C. F.; COIMBRA, J. L.; GARRIDO, M. S.; MACHADO, G. S. Fungos micorrízicos arbusculares no controle de *Meloidogyne incognita* em mudas de tomateiro. **Revista Caatinga**, v. 23, n. 1, p.15-20, 2010.

YAO, Q.; ZHU, H. H.; CHEN, J. Z. Growth responses and endogenous IAA and iPAs changes of litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) seedlings induced by arbuscular mycorrhizal fungal inoculation. **Scientia Horticulturae**, v. 105, n. 1, p. 145-151, 2005.

CONCLUSÕES GERAIS

A adubação fosfatada não contribui com o crescimento e a qualidade das mudas de *H. speciosa* e *B. gaudichaudii*. A resposta negativa no crescimento e qualidade das mudas das citadas espécies em relação à aplicação de doses crescentes de P no substrato de cultivo evidencia que as mesmas apresentam boa adaptação e possuem potencial para o plantio em ambientes com baixo suprimento do nutriente, sendo essa condição comum em solos do bioma Cerrado.

A adição do solo rizosférico da planta matriz (SRPM) ou a inoculação com FMA nativos melhora o crescimento inicial e a qualidade das mudas de *H. speciosa* e *B. gaudichaudii*. A adição isolada do Mix de FMA composta pelas espécies *Gigaspora decipiens*, *Rhizophagus clarus* e *Scutellospora heterogama* como fonte de inóculo não foi eficiente na promoção de crescimento e melhoria da qualidade das mudas de mangabeira e mama-cadela. No entanto, a presença do SRPM isoladamente e/ou em conjunto com o Mix de FMA proporcionou incremento no crescimento e qualidade das mudas, evidenciando o relevante papel do microbioma do solo das plantas matrizes na promoção do crescimento e produção das mudas.

A identificação das espécies de FMA, além de informações sobre outros microrganismos simbiotes promotores de crescimento, presentes em ambientes de ocorrência natural de plantas de *H. speciosa* e *B. gaudichaudii*, além de outras espécies nativas do Cerrado, é de grande importância para a obtenção de mudas de qualidade, fator imprescindível para a sobrevivência das plantas após o plantio a campo. Sendo assim, a coleta desses microrganismos *in situ*, por meio de diversos métodos de coleta, como exemplo o método *on farm*, torna-se alternativa interessante para silvicultores e viveiristas produzirem mudas de qualidade de espécies vegetais nativas do bioma.

APÊNDICE

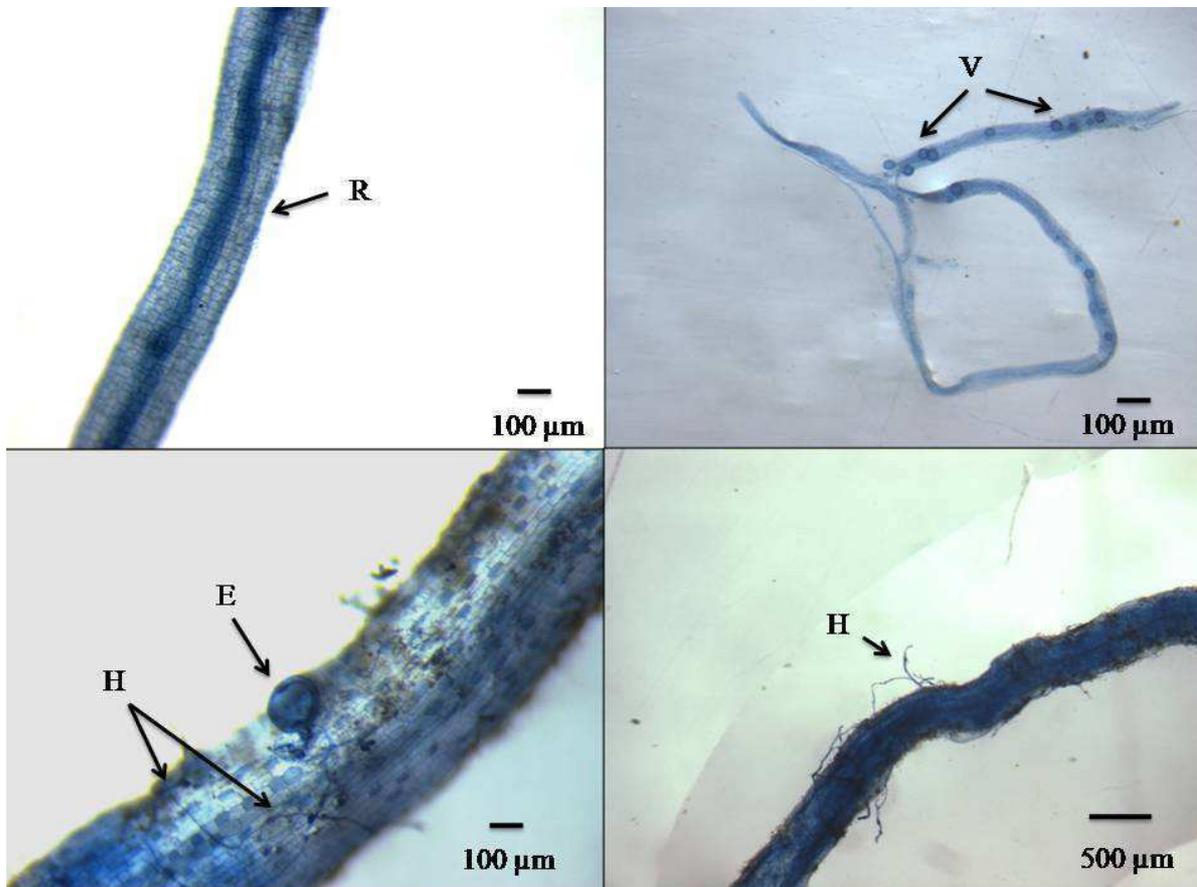


Figura 1 - Fotomicrografias de estruturas fúngicas, em raízes de mudas de *Hancornia speciosa* e *Brosimum gaudichaudii* colonizadas com FMA.

R = Raíz; V = Vesícula; E = Esporo de FMA germinado penetrando células radiculares; H = Hifa fúngica

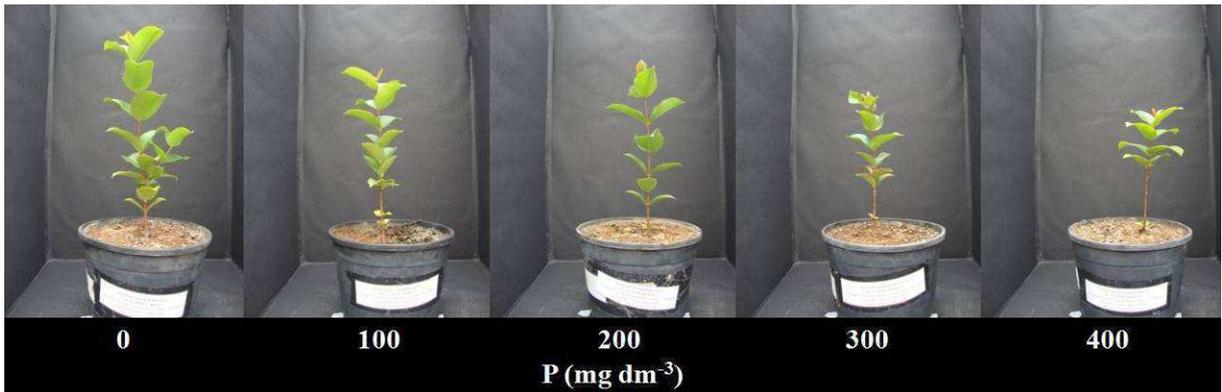


Figura 2 – Crescimento em altura de plantas de *Hancornia speciosa* submetidas a doses de P aos 290 dias após o transplântio (representando a altura média das plantas).

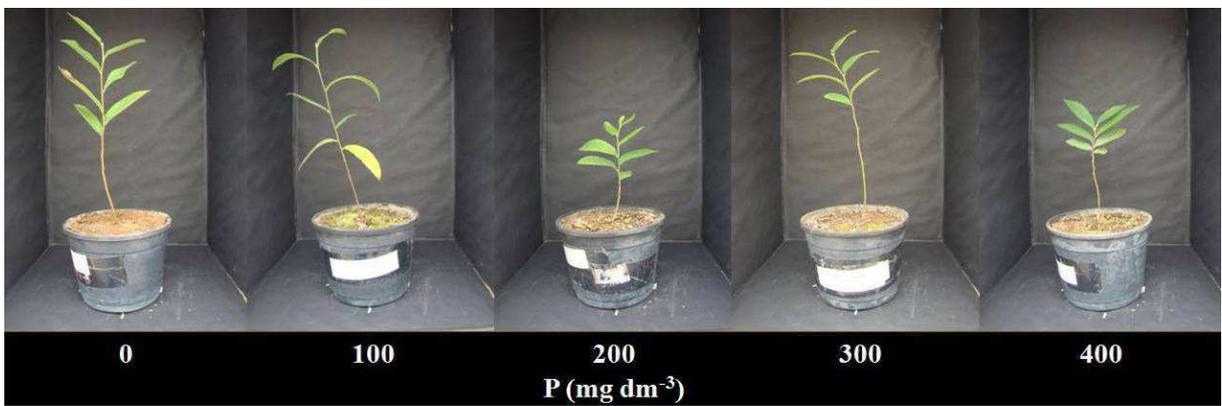


Figura 3 - Crescimento em altura de plantas de *Brosimum gaudichaudii* submetidas a doses de P aos 320 dias após o transplântio (representando a altura média das plantas).



Figura 4 - Crescimento em altura de plantas de *Hancornia speciosa* associadas com microorganismos simbiotes provenientes do solo da planta matriz e, ou inoculadas com FMA aos 270 dias após o transplantio (representando a altura média das plantas).

Legenda: T1 = Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico autoclavado (LVAd-Aut) + substrato comercial Tropstrato Florestal® autoclavado (SC-Aut); T2 = Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico autoclavado (LVAd-Aut) + substrato comercial Tropstrato Florestal® autoclavado (SC-Aut) + inóculo de FMA (Mix); T3 = Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico autoclavado (LVAd-Aut) + substrato comercial Tropstrato Florestal® autoclavado (SC-Aut) + solo rizosférico das plantas matrizes (SRPM); e T4 = Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico autoclavado (LVAd-Aut) + substrato comercial Tropstrato Florestal® autoclavado (SC-Aut) + solo rizosférico das plantas matrizes (SRPM) + inóculo de FMA (Mix).

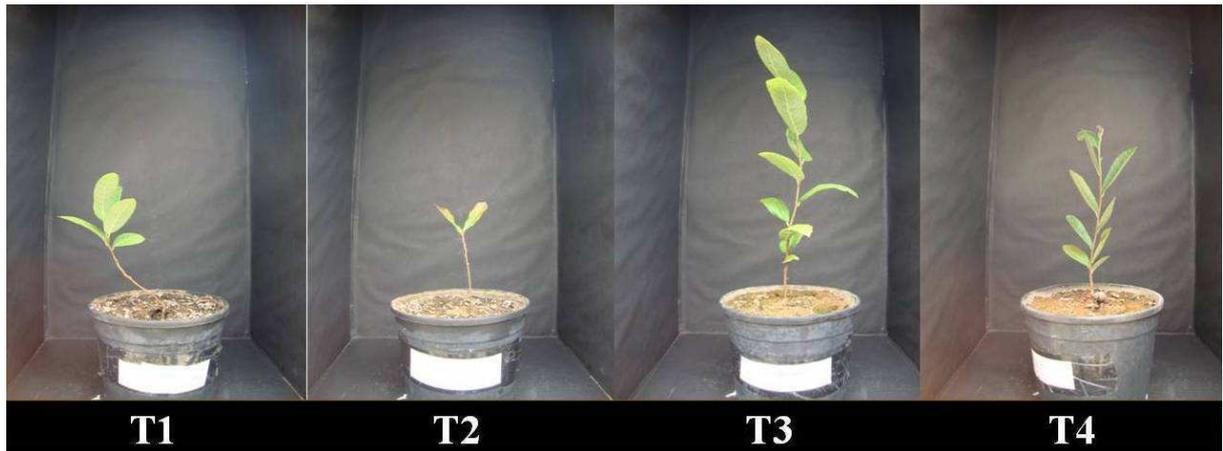


Figura 5 - Crescimento em altura de plantas de *Brosimum gaudichaudii* associadas com microorganismos simbiotes provenientes do solo da planta matriz e, ou inoculadas com FMA aos 350 dias após o transplante (representando a altura média das plantas).

Legenda: T1 = Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico autoclavado (LVAd-Aut) + substrato comercial Tropstrato Florestal® autoclavado (SC-Aut); T2 = Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico autoclavado (LVAd-Aut) + substrato comercial Tropstrato Florestal® autoclavado (SC-Aut) + inóculo de FMA (Mix); T3 = Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico autoclavado (LVAd-Aut) + substrato comercial Tropstrato Florestal® autoclavado (SC-Aut) + solo rizosférico das plantas matrizes (SRPM); e T4 = Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico autoclavado (LVAd-Aut) + substrato comercial Tropstrato Florestal® autoclavado (SC-Aut) + solo rizosférico das plantas matrizes (SRPM) + inóculo de FMA (Mix).