

**RENATA DE SOUZA LEÃO ARAÚJO**

FUNGO MICORRÍZICO ARBUSCULAR E BIOFERTILIZANTES NO CRESCIMENTO E  
NUTRIÇÃO DA SABIÁ (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.)

Recife – PE

Fevereiro – 2012

**RENATA DE SOUZA LEÃO ARAÚJO**

**FUNGO MICORRÍZICO ARBUSCULAR E BIOFERTILIZANTES NO CRESCIMENTO E  
NUTRIÇÃO DA SABIÁ (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.)**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais da Universidade Federal Rural de Pernambuco como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências Florestais. Área de concentração: Silvicultura.

Orientadora: LÚCIA DE FATIMA DE CARVALHO CHAVES, D. Sc.

Co-orientadores: NEWTON PEREIRA STAMFORD, D. Sc.

RINALDO LUIZ CARACIOLO FERREIRA, D. Sc.

Recife – PE

Fevereiro - 2012

Ficha catalográfica

A663f Araújo, Renata de Souza Leão  
Fungo micorrízico arbuscular e biofertilizantes no  
crescimento e nutrição da sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia*  
Benth.) / Renata de Souza Leão Araújo. -- Recife, 2012.  
77 f. : il.

Orientadora: Lúcia de Fatima de Carvalho Chaves.  
Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) –  
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento  
de Ciência Florestal, Recife, 2012.  
Inclui referências e apêndice.

1. Leguminosa 2. Fertilizante biológico 3. Simbiose  
micorrízica 4. Fósforo 5. Potássio I. Chaves, Lúcia de  
Fatima de Carvalho, orientadora II. Título

CDD 634.9

**RENATA DE SOUZA LEÃO ARAÚJO**

**FUNGO MICORRÍZICO ARBUSCULAR E BIOFERTILIZANTES NO  
CRESCIMENTO E NUTRIÇÃO DA SABIÁ (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.)**

Banca Examinadora:

---

**Pesq. Dr<sup>a</sup>. Cláudia Elizabete Pereira de Lima**

---

**Pesq. Dr<sup>a</sup>. Márcia do Vale Barreto Figueiredo**

---

**Pesq. Dr<sup>a</sup>. Carolina Etienne Rosália Silva e Santos**

Orientadora:

---

**Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup>. Lúcia de Fatima de Carvalho Chaves - UFRPE**

Co-orientadores:

---

**Prof<sup>o</sup> Dr. Rinaldo Luiz Caraciolo Ferreira – UFRPE**

---

**Prof<sup>o</sup> Dr. Newton Pereira Stamford - UFRPE**

Recife – PE

Fevereiro - 2012

## AGRADECIMENTOS

A **Deus**, ser supremo e absoluto, a quem entrego meu caminho todos os dias e confio tudo em minha vida.

À **Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE e Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais – PPGCF**, pela oportunidade de nos qualificar profissionalmente.

À **Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES**, pela concessão da bolsa.

Ao **Centro Nacional de Pesquisa de Agrobiologia – Embrapa Agrobiologia**, pelo inoculante cedido.

Ao **Departamento de Ciências do Solo – UFRPE**, pela infra-estrutura cedida à realização deste trabalho, em especial aos **Laboratórios de Microbiologia do Solo e de Física do Solo**, que me acolheram cedendo espaço na casa de vegetação e dando todo apoio técnico à execução deste trabalho.

Ao **Departamento de Ciência Florestal – UFRPE**, pela infra-estrutura cedida à realização deste trabalho, em especial ao **Laboratório de Microbiologia e Patologia Florestal**, que servira de suporte à realização do mesmo.

Ao **Centro de Apoio à Pesquisa – CENAPESQ**, pela infra-estrutura cedida e amparo à realização deste trabalho.

A minha comissão de orientação: minha orientadora **Dra. Lúcia de Fatima de Carvalho Chaves**, pela orientação e confiança no meu trabalho; meus co-orientadores, **Dr. Rinaldo Luiz Caraciolo Ferreira** e **Dr. Newton Pereira Stamford**.

A **Cleyton Sousa, Rubeni Santos, Keybiana Rocha e José A. Aleixo da Silva**, pela contribuição nas análises estatísticas.

A **Carolina Santos, Ana Dolores Freitas, Luciana Remigio, Shirley Silva, Maria de Fatima da Silva, Hammady Soares, Wanderson Oliveira, Wagner Pessoa e Ítalo Santos**, pela disposição em sempre ajudar e excelente convívio, meus sinceros agradecimentos.

Aos **professores do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais**, pelos ensinamentos.

A **minha família**, pela vida que me proporcionaram, especialmente a meus pais **Rozania Maria de Souza Leão Leite** e **Nelson Ernane Araújo Leite**.

A **Edkarla Silva, Marília Silva, Juliana Guedes, George Lima, Murilo Lima, Joselane Silva, Francisco Tarcisio Junior, Adenilda Moura e Adão Júnior**, pela paciência e dedicação, bem como auxílio na coleta de dados.

A **Suely Manzi**, pela disposição em ajudar nas correções de referências.

Aos colegas da turma, **Mayara Pessoa, Rubeni Santos, Diogo Pimentel, Cybelle Souto Maior, Wayse Siqueira, Gustavo Lima, Felipe Rabelo, Isabelle Meunier, Carolina Dantas e Emanuel Silva**, companheiros na amizade e na experiência compartilhada durante esses dois anos, e

A **todos** que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

## SUMÁRIO

<b>RESUMO</b>	<b>4</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>5</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>6</b>
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO</b>	<b>8</b>
2.1. A Sabiá	8
2.2. Micorrizas	8
2.3. Degradação e Processo de Recomposição	10
2.4. Potencial dos Nutrientes no Crescimento Vegetal	11
2.4.1. Fósforo	12
2.4.2. Potássio	14
2.4.3. Cálcio e Magnésio	15
2.5. Características de Fertilizantes	15
2.6. Biofertilizantes	16
2.6.1. Biofertilizante Fosfatado e Potássico	17
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS</b>	<b>19</b>
3.1. Coleta, Beneficiamento e Pré-germinação das Sementes	19
3.2. Recipientes e Substrato	19
3.3. Adubação Fosfatada e Potássica	20
3.4. Biofertilizantes	20
3.5. Inoculação das Plantas de Sabiá com FMA	20
3.6. Condução do Experimento e Irrigação	20
3.7. Tratamentos e Procedimentos Utilizados	21
3.8. Características de Crescimento Avaliadas Durante o Experimento	22
3.9. Avaliação da Produção de Biomassa e Colonização Micorrízica	22
3.10. Avaliação dos Conteúdos de P, K, Ca e Mg, na Parte Aérea	22
3.11. Análise dos Dados	23
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>24</b>
4.1. Colonização do Sistema Radicular	24
4.2. Altura e Diâmetro do Coleto	25
4.3. Matéria Seca	44
4.3.1. Folhas, Caule e Raiz	44
4.3.2. Relação Raiz / Parte aérea	46
4.4. Características Nutricionais da Parte Aérea de Mudanças de Sabiá	49

4.4.1. Conteúdo de Fósforo-----	49
4.4.2. Conteúdo de Potássio-----	50
4.4.3. Conteúdo de Cálcio -----	51
4.4.4. Conteúdo de Magnésio -----	52
<b>5. CONCLUSÕES-----</b>	<b>54</b>
<b>6. REFERÊNCIAS-----</b>	<b>55</b>
<b>APÊNDICE A -----</b>	<b>65</b>
<b>APÊNDICE B -----</b>	<b>66</b>
<b>APÊNDICE C -----</b>	<b>67</b>
<b>APÊNDICE D -----</b>	<b>68</b>
<b>APÊNDICE E -----</b>	<b>69</b>



## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Distribuição dos tratamentos, na casa de vegetação do Laboratório de Microbiologia do solo do Departamento de Agronomia, no Campus da UFRPE, para cultivo de mudas de sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.).....21
- Figura 2.** Crescimento em altura de mudas de Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.), em função do tempo, na ausência (M-) e presença (M+) do fungo micorrízico arbuscular (FMA) *Gigaspora margarita* Becker & Hall., na ausência de fósforo, e diferentes fontes e doses de potássio (K0 = Ausência de fonte de potássico; BK1 = Biofertilizante potássico duas vezes a dose recomendada de KCl; BK2 = Biofertilizante potássico quatro vezes a dose recomendada de KCl; KCl = Cloreto de Potássio). .....31
- Figura 3.** Crescimento em altura de mudas de Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.), em função do tempo, na ausência (M-) e presença (M+) do fungo micorrízico arbuscular (FMA) *Gigaspora margarita* Becker & Hall., na presença de biofertilizante fosfatado (BP1 = Biofertilizante fosfatado na mesma dosagem recomendada de SFS) e diferentes fontes e doses de potássio (K0 = Ausência de fonte de potássico; BK1 = Biofertilizante potássico duas vezes a dose recomendada de KCl; BK2 = Biofertilizante potássico quatro vezes a dose recomendada de KCl; KCl = Cloreto de Potássio). .....32
- Figura 4.** Crescimento em altura de mudas de Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.), em função do tempo, na ausência (M-) e presença (M+) do fungo micorrízico arbuscular (FMA) *Gigaspora margarita* Becker & Hall., na presença de biofertilizante fosfatado (BP2 = Biofertilizante fosfatado duas vezes a dose recomendada de SFS) e diferentes fontes e doses de potássio (K0 = Ausência de fonte de potássico; BK1 = Biofertilizante potássico duas vezes a dose recomendada de KCl; BK2 = Biofertilizante potássico quatro vezes a dose recomendada de KCl; KCl = Cloreto de Potássio). .....33
- Figura 5.** Crescimento em altura de mudas de Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.), em função do tempo, na ausência (M-) e presença (M+) do fungo micorrízico arbuscular (FMA) *Gigaspora margarita* Becker & Hall., na presença de superfosfato simples, e diferentes fontes e doses de potássio (K0 = Ausência de fonte de potássico; BK1 = Biofertilizante potássico duas vezes a dose recomendada de KCl; BK2 = Biofertilizante potássico quatro vezes a dose recomendada de KCl; KCl = Cloreto de Potássio). .....34
- Figura 3.** Crescimento em diâmetro de mudas de Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.), em função do tempo, na ausência (M-) e presença (M+) do fungo micorrízico arbuscular (FMA) *Gigaspora margarita* Becker & Hall., na ausência de fósforo, e diferentes fontes e doses de potássio (K0 = Ausência de fonte de potássico; BK1 =

Biofertilizante potássico duas vezes a dose recomendada de KCl; BK2 = Biofertilizante potássico quatro vezes a dose recomendada de KCl; KCl = Cloreto de Potássio). .....39

**Figura 7.** Crescimento em diâmetro de mudas de Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.), em função do tempo, na ausência (M-) e presença (M+) do fungo micorrízico arbuscular (FMA) *Gigaspora margarita* Becker & Hall., na presença de biofertilizante fosfatado (BP1 = Biofertilizante fosfatado na mesma dosagem recomendada de SFS) e diferentes fontes e doses de potássio (K0 = Ausência de fonte de potássio; BK1 = Biofertilizante potássico duas vezes a dose recomendada de KCl; BK2 = Biofertilizante potássico quatro vezes a dose recomendada de KCl; KCl = Cloreto de Potássio)......40

**Figura 8.** Crescimento em diâmetro de mudas de Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.), em função do tempo, na ausência (M-) e presença (M+) do fungo micorrízico arbuscular (FMA) *Gigaspora margarita* Becker & Hall., na presença de biofertilizante fosfatado (BP2 = Biofertilizante fosfatado duas vezes a dose recomendada de SFS) e diferentes fontes e doses de potássio (K0 = Ausência de fonte de potássio; BK1 = Biofertilizante potássico duas vezes a dose recomendada de KCl; BK2 = Biofertilizante potássico quatro vezes a dose recomendada de KCl; KCl = Cloreto de Potássio)......41

**Figura 9.** Crescimento em diâmetro de mudas de Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.), em função do tempo, na ausência (M-) e presença (M+) do fungo micorrízico arbuscular (FMA) *Gigaspora margarita* Becker & Hall., na presença de superfosfato simples, e diferentes fontes e doses de potássio (K0 = Ausência de fonte de potássio; BK1 = Biofertilizante potássico duas vezes a dose recomendada de KCl; BK2 = Biofertilizante potássico quatro vezes a dose recomendada de KCl; KCl = Cloreto de Potássio)......42

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Características físicas e químicas do solo coletado na Estação Experimental do IPA, em Itambé-PE ..... 19
- Tabela 2.** Percentagem (%) de colonização de raízes de mudas de Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.), micorrizadas com *Gigaspora margarita*, em diferentes fontes e doses de fósforo (P) e Potássio (K), aos 120 dias após a inoculação ..... 24
- Tabela 3.** Altura de mudas de Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.) cultivadas por 30 dias em casa de vegetação, na ausência e presença do fungo *Gigaspora margarita* Becker & Hall., e em diferentes fontes e doses de fósforo (P) e potássio (K) ..... 26
- Tabela 4.** Altura de mudas de Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.) cultivadas por 60 dias, em casa de vegetação, na ausência e presença do fungo *Gigaspora margarita* Becker & Hall., em diferentes fontes e doses de fósforo (P) e potássio (K) ..... 27
- Tabela 5.** Altura de mudas de Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.) cultivadas por 90 dias, em casa de vegetação, na ausência e presença do fungo *Gigaspora margarita* Becker & Hall., em diferentes fontes e doses de fósforo (P) e potássio (K) ..... 28
- Tabela 6.** Altura de mudas de Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.) cultivadas por 120 dias, em casa de vegetação, na ausência e presença do fungo *Gigaspora margarita* Becker & Hall., em diferentes fontes e doses de fósforo (P) e potássio (K) ..... 29
- Tabela 7.** Diâmetro de mudas de Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.) cultivadas por 30 dias, em casa de vegetação, na ausência e presença do fungo *Gigaspora margarita* Becker & Hall., em diferentes fontes e doses de fósforo (P) e potássio (K) ..... 35
- Tabela 8.** Diâmetro de mudas de Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.) cultivadas por 60 dias, em casa de vegetação, na ausência e presença do fungo *Gigaspora margarita* Becker & Hall., em diferentes fontes e doses de fósforo (P) e potássio (K) ..... 36
- Tabela 9.** Diâmetro de mudas de Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.) cultivadas por 90 dias, em casa de vegetação, na ausência e presença do fungo *Gigaspora margarita* Becker & Hall., em diferentes fontes e doses de fósforo (P) e potássio (K) ..... 36
- Tabela 10.** Diâmetro de mudas de Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.) cultivadas por 120 dias, em casa de vegetação, na ausência e presença do fungo *Gigaspora margarita* Becker & Hall., em diferentes fontes e doses de fósforo (P) e potássio (K) ..... 37
- Tabela 11.** Matéria seca de folhas (MsF), matéria seca do caule (MsC), matéria seca de raízes (MsR) e matéria seca total de plantas (MsT) de mudas de Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.) cultivadas em casa de vegetação, na ausência (M-) e

presença (M+) do fungo *Gigaspora margarita* Becker & Hall., em diferentes fontes e doses de fósforo (P), aos 120 dias após a inoculação.....45

**Tabela 12.** Alocação de biomassa para as folhas (ABF), alocação de biomassa para o caule (ABC), alocação de biomassa para as raízes (ABR) e relação raiz parte aérea (R/Pa) de mudas de Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.), cultivadas em casa de vegetação, na ausência (M-) e presença (M+) do fungo *Gigaspora margarita* Becker & Hall., em diferentes fontes e doses de fósforo (P), aos 120 dias após a inoculação .....48

**Tabela 13.** Acúmulo médio de fósforo (mg/planta) na parte aérea de plantas de Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.), cultivadas em casa de vegetação, na ausência (M-) e presença (M+) do fungo *Gigaspora margarita* Becker & Hall., em diferentes tratamentos de fontes e doses de fósforo (P) e potássio (K), aos 120 dias após a inoculação.....49

**Tabela 14.** Acúmulo médio de potássio (mg/planta) na parte aérea de plantas de Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.), cultivadas em casa de vegetação, na ausência (M-) e presença (M+) do fungo *Gigaspora margarita* Becker & Hall., em diferentes tratamentos de fontes e doses de fósforo (P) e potássio (K), aos 120 dias após a inoculação.....50

**Tabela 15.** Acúmulo médio de cálcio (mg/planta) na parte aérea de plantas de Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.), cultivadas em casa de vegetação, na ausência (M-) e presença (M+) do fungo *Gigaspora margarita* Becker & Hall., em diferentes tratamentos de fontes e doses de fósforo (P) e potássio (K), aos 120 dias após a inoculação.....51

**Tabela 16.** Acúmulo médio de magnésio (mg/planta) na parte aérea de plantas de Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.), cultivadas em casa de vegetação, na ausência (M-) e presença (M+) do fungo *Gigaspora margarita* Becker & Hall., em diferentes tratamentos de fontes e doses de fósforo (P) e potássio (K), aos 120 dias após a inoculação.....53

**ARAÚJO, RENATA DE SOUZA LEÃO. Fungo micorrízico arbuscular e biofertilizantes no crescimento e nutrição da Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.). 2012. Orientadora: Lúcia de Fatima de Carvalho Chaves. Co-orientadores: Newton Pereira Stamford e Rinaldo Luiz Caraciolo Ferreira**

### RESUMO

O fungo micorrízico arbuscular – FMA, *Gigaspora margarita* Becker & Hall, tem a capacidade de colonizar as raízes e estimular o crescimento da planta. Os biofertilizantes de rochas fosfatadas (BP) e potássicas (BK) visam aumentar o teor de nutrientes contidos nos minerais de rochas e sua aplicação no solo para suprir os nutrientes essenciais para o crescimento da planta. A pesquisa objetivou verificar o efeito de biofertilizantes fosfatados (BP) e potássicos (BK) aplicados em solo de Zona da Mata de Pernambuco, em interação com fungo micorrízico arbuscular - FMA (*Gigaspora margarita* Becker & Hall), no crescimento inicial de mudas de *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth (Sabiá), comparado a fertilizantes químicos convencionais. O experimento foi realizado em casa de vegetação do Departamento de Agronomia, no Campus da UFRPE. A adubação com P foi realizada com adição de biofertilizante fosfatado nas doses de 215 mg.kg<sup>-1</sup> de solo (BP1), 430 mg.kg<sup>-1</sup> de solo (BP2), e superfosfato simples – SFS na dose de 215 mg.kg<sup>-1</sup> de solo. A adubação com K foi realizada com adição de biofertilizante potássico na dose de 136 mg.kg<sup>-1</sup> de solo (BK1), 272 mg.kg<sup>-1</sup> de solo (BK2), e fertilizante químico (KCl) na dose 68 mg.kg<sup>-1</sup> de solo. No tratamento controle, não foi aplicado fertilizante (biofertilizantes e fertilizantes químicos) nem inoculante. O isolado fungo micorrízico (*Gigaspora margarita*) foi cedido pelo CNPAB (Centro Nacional de Pesquisa em Agrobiologia) da EMBRAPA. O delineamento experimental foi O inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4 x 4 x 2, sendo quatro fontes e/ou doses de fertilizantes fosfatados, quatro fontes/doses de fertilizantes potássicos e duas condições micorrízicas (presença ou ausência), com quatro repetições. A altura (cm) e o diâmetro (mm) do caule das plantas foram observados aos 30, 60, 90 e 120 dias após transplantio e inoculação. Aos 30 dias após inoculação, não se constatou efeito significativo de qualquer dos tratamentos testados. Aos 60 e 90 dias, tratamentos com micorriza e diferentes fontes fosfatadas, obtiveram médias semelhantes para altura, enquanto na ausência do FMA o melhor desempenho ocorreu quando se utilizou a adição de SFS. Aos 120 dias, constatou-se que plantas inoculadas com FMA cresceram mais rápido do que plantas sem FMA. Diferentes fontes e doses de fósforo também promoveram efeito significativo nas variáveis, matéria seca e alocação de biomassa (folha, caule e raiz). A presença da simbiose micorrízica promoveu acúmulo de macronutrientes (Ca, Mg, P e K) na parte aérea, proporcionando efeito significativo no crescimento inicial de sabiá, até os 120 dias, dependente da inoculação. O efeito isolado da inoculação com o FMA *Gigaspora margarita* foi tão eficiente para crescimento da leguminosa arbórea Sabiá, quanto os fertilizantes químicos solúveis superfosfato simples e cloreto de potássio(SFS e KCl), utilizados neste experimento.

**Palavras-chave:** adubação, micorríza, inoculação, produção.

**ARAÚJO, RENATA DE SOUZA LEÃO. Arbuscular mycorrhizal fungi and biofertilizers on the growth and nutrition of legume Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.). 2012. Orientadora: Lúcia de Fatima de Carvalho Chaves. Co-orientadores: Newton Pereira Stamford e Rinaldo Luiz Caraciolo Ferreira**

#### **ABSTRACT**

The arbuscular mycorrhizal fungi – AMF, *Gigaspora margarita* Becker & Hall has the ability to colonize roots and stimulate plant growth. The P biofertilizers (BP) and K biofertilizers (BK) aim to increase the nutrient content of minerals contained in rock and promote nutrients availability for plant growth. The research aimed to determine the effect of interaction by BP, BK and AMF on initial growth of seedlings of *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth (Sabiá), compared to mineral fertilizers (SSP and KCl). The experiment was conducted in the greenhouse of the Department of Agronomy, Campus of UFRPE. The P fertilization was performed with addition of two levels of BP (215 mg.kg<sup>-1</sup> soil - BP1 and 430 mg.kg<sup>-1</sup> soil - BP2), and mineral fertilizer in recommended doses of 215 mg.kg<sup>-1</sup> soil (SFS). Fertilization with K was carried out with addition of two levels of BK (136 mg.kg<sup>-1</sup> soil - BK1 and 272 mg.kg<sup>-1</sup> soil - BK2, and mineral fertilizer in recommended doses of 68 mg.kg<sup>-1</sup> soil (KCl). At the control treatment, was not applied fertilizer (biofertilizer and mineral fertilizers) or inoculant. The isolated fungus (*Gigaspora margarita*) was from the CNPAB (Centro Nacional de Pesquisa EMBRAPA - Agrobiologia). The experimental design was completely randomized in factorial scheme 4 x 4 x 2, four doses of P fertilizers, four doses of K fertilizer and two levels of mycorrhiza (presence or absence), with four replications. The height (cm) and diameter (mm) of the stem of the plant were observed at 30, 60, 90 and 120 days after transplanting and inoculation. At 30 days after inoculation, no significant effect was found for any of the treatments. At 60 and 90 days, treatment with mycorrhiza and different sources of phosphate, had similar means for height, while in the absence of AMF was the best performance when using the addition of SSP. At 120 days, it was found that plants inoculated with AMF grew faster than plants without AMF. Different sources and levels of phosphorus promoted significant effect on the variables dry matter and biomass allocation (leaf, stem and root). The accumulation of nutrients (Ca, Mg, K and P) in promoted significant effect on the initial growth, until 120 days, dependent on the inoculation. Inoculation with AMF *Gigaspora margarita* was as effective for growth of leguminous Sabiá, and chemical fertilizers (SSP and KCl).

**Keywords:** fertilization, mycorrhiza, inoculation, production.

## 1. INTRODUÇÃO

A Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.) é uma espécie arbórea nativa da Caatinga e que apresenta elevado valor energético e forrageiro (GOMES, 2004), com elevado potencial para a indústria do álcool combustível e coque siderúrgico (CARVALHO et al., 1990). Devido à sua madeira pesada, dura e compacta, pode ser utilizada na produção de estacas, mourões, dormentes, lenha e carvão (NASCIMENTO, 1998; COSTA-FILHO, 2010), podendo também ser utilizada como cerca-viva ou quebra-ventos (RIBASKI et al., 2003).

Como forrageira, a Sabiá acumula quantidades significativas de nitrogênio (N), cálcio (Ca), potássio (K), fósforo (P) e magnésio (Mg), principalmente nas folhas e frutos (FERREIRA et al., 2007). Possui rápido crescimento, alta capacidade de regeneração e elevada resistência à seca (LORENZI, 2000; CARVALHO, 2007), com efeitos benéficos, também, para a melhoria da fertilidade do solo, tornando-a indicada para revegetação de áreas degradadas e proteção do solo contra a erosão (GOMES, 1977; MENDES, 1989; COSTA et al., 2004; FERREIRA et al., 2007).

Assim como a maioria das leguminosas, plantas de Sabiá formam associações com bactérias fixadoras de N e com fungos micorrízicos arbusculares (FMA), favorecendo o seu desenvolvimento em solos de baixa fertilidade (TAVARES, 2007). Burity et al. (2000) relatam que a dupla inoculação em mudas de sabiá favoreceu aumento nas variáveis de crescimento da planta (altura e área foliar) e atividade microbiana (nitrogenase, colonização micorrízica) e que a nodulação do sabiá foi favorecida, demonstrando a importância dos FMA na produção de mudas dessa espécie.

Os FMA pertencem ao filo Glomeromycota (SCHUBLER et al., 2001) e são simbioses obrigatórios que colonizam raízes das plantas e, por meio do micélio externo lançado no solo após a colonização das raízes, promovem o aumento de absorção de nutrientes pelas plantas, principalmente o P, melhora da relação água-planta, aumento da tolerância a seca e patógenos, atua na modificação da composição da comunidade rizosférica e na agregação do solo (SCHIAVO et al., 2010; SANTOS et al., 2008a; MOREIRA e SIQUEIRA, 2006; SAGGIN JÚNIOR e LOVATO, 1999; SIQUEIRA, 1996). Durante a colonização do tecido cortical da raiz pelo FMA, além da diferenciação de arbúsculos, pode ocorrer a formação de hifas inter e intracelulares, vesículas ou células auxiliares, estas últimas externamente às raízes (KIRIACHEK et al., 2009). As hifas micorrízicas externas às raízes funcionam como extensão do sistema radicular, aumentando a capacidade em explorar maior volume de solo (COLOZZI-FILHO, 1994). Porém, a elevada colonização intrarradicular de fungos micorrízicos em raízes ocorrem em solos que apresentam baixo teor de P

(KIRIACHEK et al., 2009), uma vez que, altas concentrações de P no solo proporcionam o aumento da concentração de sacarose translocada via floema até as raízes, inibindo o crescimento fúngico (SIQUEIRA, 1983).

A importância da utilização dos FMA se deve ao extensivo número de espécies vegetais agrícolas e florestais em que ocorrem naturalmente, além dos benefícios à adaptação das mudas depois do transplântio (SAGGIN JÚNIOR. e LOVATO, 1999). Desempenham importante papel na microbiota edáfica de diversos ecossistemas (OLIVEIRA et al., 2009), além de favorecer maior aporte de matéria orgânica, melhoria da fertilidade do solo e de antecipar o tempo de transplântio das mudas no campo (COSTA et al., 2001; SANTOS et al., 2008a).

Os FMA são cosmopolitas, com ocorrência abundante em diferentes ecossistemas e são encontrados associados a espécies arbóreas de interesse para recuperação ambiental e fitorremediação de solos contaminados por metais pesados (CABRAL et al., 2010).

O P é um elemento essencial requerido pelos vegetais para processos fisiológicos de transferência de energia e produtividade (GOMES, 2004). Entretanto, na maioria dos solos tropicais, o P disponível às plantas é muito baixo, limitando a produção vegetal (BAGYARAJ e STURMER, 2010). Neste contexto, os processos biotecnológicos, como a utilização de FMA ou de biofertilizantes em solos tropicais, têm mostrado bons resultados para o meio ambiente (GOMES, 2004; STAMFORD et al., 2000; FASSBENDER e BORNEMISZA, 1987; STAMFORD et al., 2002 e 2005b)

Além dos FMA, os biofertilizantes com P e K, produzidos a partir de rochas moídas, podem ser uma alternativa para substituição de fertilizantes minerais solúveis, uma vez que apresentam efeito residual maior, devido à participação dos microrganismos que atuam na liberação de nutrientes das rochas, bem como, em minerais existentes nos solos (STAMFORD e SILVA, 2000). Contudo, fazem-se necessários diversos estudos que avaliem o potencial da utilização dos FMA, como também, o uso de biofertilizantes fosfatados e potássicos na produção de mudas de espécies arbóreas.

Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo verificar o efeito de biofertilizantes fosfatados (BP) e potássicos (BK) aplicados em solo de Zona da Mata de Pernambuco, em interação com fungo micorrízico arbuscular - FMA (*Gigaspora margarita* Becker & Hall), no crescimento inicial de mudas de *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth (Sabiá), comparado a fertilizantes químicos convencionais.



## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1. A Sabiá**

A espécie arbórea Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.), pertencente à família Leguminosae, subfamília Mimosoideae (LORENZI, 2002), ocorre em áreas de caatinga do Piauí, Pernambuco, Alagoas, Rio Grande do Norte, Paraíba, Bahia e Ceará (SAMPAIO et al., 2005).

Conhecida, popularmente, como Sabiá ou Sansão-do-Campo é uma árvore pequena que pode alcançar mais ou menos 7 m em altura, dotada de espinhos, com folhas compostas e bipinadas, possuindo em geral seis pinas opostas, cada uma com quatro a oito folíolos (NASCIMENTO, 1998). Suas flores são brancas, pequenas, axilares, reunidas em espigas cilíndricas, às vezes ordenadas em partículas terminais, com frutos do tipo legume articulado, planos, medindo 7-10 cm de comprimento e 10-13 mm de espessura (SAMPAIO et al., 2005). Suas sementes, duras e lisas, medem de 5-8 mm de diâmetro (RIZZINI, 1978). Seu sistema radicular é bem desenvolvido e capaz de absorver e reciclar nutrientes de horizontes mais profundos do solo, sendo depositados na superfície na forma de liteira (TIESSSEN et al., 2003).

Dentro de uma escala sucessional, a Sabiá, como espécie pioneira, apresenta-se mais beneficiada pela associação micorrízica, seguida das secundárias iniciais, secundárias tardias e clímaxes (SANTOS, 2008b; SOARES e CARNEIRO, 2010). Segundo estes autores, em espécies pioneiras ocorre redução da reserva de suas sementes, sendo entretanto, as plantas anatomicamente mais bem preparadas para explorar solos mais empobrecidos, favorecendo-se mais com a associação micorrízica, de modo que ao final da sucessão, plantas clímaxes exploram um ambiente menos severo, sob melhores condições físicas, químicas e microbiológicas, beneficiando-se menos da associação.

O plantio de *Mimosa caesalpiniaefolia* (Sabiá), evidencia o potencial de utilização dessa espécie de leguminosa arbórea tropical em programas de revegetação, apresentando crescimento rápido, alta taxa de aporte de serrapilheira ao solo, geralmente ricas em nitrogênio, apresentando baixa relação C/N, que permite a formação de um reservatório de material orgânico e nutrientes (SOUZA e SILVA, 1996).

### **2.2. Micorrizas**

Os microrganismos na rizosfera promovem aumento da quantidade ou tamanho dos pelos radiculares, favorecendo o crescimento da planta (ANDRADE, 1999). Dessa maneira, as pesquisas realizadas com diferentes espécies de plantas no Brasil e no mundo apontam para

o fato de que os FMA apresentam-se como um importante recurso biológico, essencial para o crescimento de diferentes tipos de plantas, em diferentes sistemas de manejo e ecossistemas, principalmente pelo importante papel na ciclagem de nutrientes das plantas, relação água-planta, alterações bioquímicas, fisiológicas e melhoria de aspectos relacionados ao ambiente físico e biológico do solo (ANDRADE, 1999; COLOZZI-FILHO et al., 1999; DODD, 1999; CARDOSO et al., 2010; SOARES e CARNEIRO, 2010).

Por outro lado, as plantas são fonte de carbono no solo, que estimula a atividade microbiana e promove a agregação de partículas de solo, que, mais bem estruturado, retém mais água e oxigênio, favorecendo o desenvolvimento de plantas e microrganismos, levando o agrossistema a uma situação de equilíbrio (COLOZZI-FILHO et al., 1999). Ao mesmo tempo, ocorre à transferência de carboidratos, que atingem as raízes via floema, na forma de sacarose, a qual é hidrolisada em glicose e frutose, ou seus derivados, e transferido para o fungo via arbúsculos, para sustentar seu crescimento e esporulação (SIQUEIRA e FRANCO, 1988).

Os fungos formadores de micorrizas colonizam as raízes, incluindo córtex e a região que envolve a raiz, formando uma trama micelial na rizosfera (BETTIOL e GHINI, 2005). Os FMA são briófitos obrigatórios, isto é, só completam o seu ciclo de vida associados a um hospedeiro vegetal vivo (SAGGIN-JÚNIOR e LOVATO, 1999).

A colonização de uma planta ocorre a partir de propágulos fúngicos infectivos (esporos, hifas e raízes colonizadas), sendo que, de forma geral, as hifas apresentam maior capacidade infectiva do que os esporos, e estes, maior capacidade de sobrevivência sob condições adversas, podendo manter sua viabilidade no solo durante vários anos (SOUZA e SILVA, 1996). Deve-se, entretanto, levar em consideração a dependência micorrízica das espécies a serem plantadas, bem como as condições químicas e físicas do solo ou material de solo a ser recuperado, evitando valores extremos de pH, presença de metais pesados em níveis tóxicos ou excesso ou carência extrema de nutrientes como nitrogênio e fósforo, os quais podem inibir drasticamente a formação da micorrização (SOUZA e SILVA, 1996).

Os FMA tem importância como componente da fertilidade e qualidade dos solos tropicais, diminuindo a necessidade de adubo, o que é interessante para a agricultura sustentável, não priorizando o uso de fertilizantes e, reduzindo a necessidade de adubação e o tempo de permanência no viveiro, resultando em maior sobrevivência e produção das plantas (COLOZZI-FILHO e SIQUEIRA 1986; SAGGIN JÚNIOR e LOVATO, 1999; STAMFORD et al., 2005a; CARDOSO et al., 2010).

No caso da produção de mudas, além da contribuição no aspecto nutricional, os FMA melhoram a adaptação das mudas ao novo ambiente depois do transplante (SAGGIN-JÚNIOR e LOVATO, 1999). Além disso, beneficiam a produção de matéria seca e acúmulo de nutrientes na fitomassa, os quais podem ser posteriormente distribuídos no ecossistema (SAGGIN JÚNIOR e LOVATO, 1999; SOARES e CARNEIRO, 2010).

Oehl et al. (2011) moveram todas as espécies de FMA para três classes, cinco ordens, 14 famílias, 29 gêneros e 230 espécies. Os *Glomeromycota* possuem hifas cenocíticas a esparsamente septadas, e produzem esporos com parede celular quitinosa e rígida (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006). Os esporos são produzidos individualmente ou em grupos, bastante ou frouxamente, unidos em esporocarpos (MOREIRA, 2006).

O gênero *Gigaspora* Gerdemann & Trappe (com 5 espécies), encontrado nos cinco continentes (OPIK et al., 2010), possui esporos formados terminalmente numa célula bulbo esporógena, que são células auxiliares, finamente papiladas ou equinuladas, com hifas intrarradiculares, frequentemente enoveladas, especialmente perto dos pontos de entrada, geralmente com protuberâncias ou projeções. Seus arbúsculos apresentam troncos largos e com estreitamento abrupto das hifas ramificadas, sendo a parede dos esporos formada por duas camadas permanentes, sem parede germinativa interna diferenciada (BAGYARAJ e STURMER, 2010).

### **2.3. Degradação e Processo de Recomposição**

Entre as ações negativas do homem sobre o ambiente, a degradação do solo afeta diretamente a vida do planeta (SOUZA e SILVA, 1996). Os efeitos danosos da degradação do solo podem ser vistos mediante a redução da capacidade produtiva de terras com potencial agrícola, pela transformação de florestas inteiras em áreas desertificadas, pela erosão de encostas, que além de assorear cursos de água e represas, comprometem o fornecimento de água potável e aumenta os problemas urbanos (SOUZA e SILVA, 1996; LOPES e ABREU, 2000). A degradação do solo provoca a redução da capacidade do solo em sustentar a vida dos organismos produtores e consumidores, assim como dos serviços ecológicos, ocasionando declínio sobre a estrutura e a funcionalidade dos ecossistemas (SOARES e CARNEIRO, 2010).

O processo de cicatrização das áreas degradadas pode ser conseguido mediante o emprego de leguminosas arbóreas tropicais que têm a capacidade de constituir simbiose mutualista com microrganismos e regenerar áreas degradadas, dentro de uma variedade de climas e condições edáficas (SOUZA e SILVA, 1996; SAGGIN-JÚNIOR e LOVATO, 1999;

CARDOSO et al., 2010). A revegetação do solo garante a proteção e a sua recuperação, por meio da alocação e incorporação de C e ciclagem dos nutrientes, permitindo o reestabelecimento da cadeia trófica, a regulação térmica e hídrica, criando um novo habitat para microrganismos do solo, evidenciando o potencial biorrecuperador das micorrizas (SOARES e CARNEIRO, 2010).

Práticas de cultivo, como preparo do solo, adubações, calagem, defensivos agrícolas, controle de doenças e pragas, rotação de culturas, seja ele intensivo, semeadura direta ou agroflorestal, tendem a reduzir a colonização micorrízica, o número de propágulos e a diversidade de espécies (CARDOSO et al., 2010; SOARES e CARNEIRO, 2010). No sistema de plantio direto, em virtude da não ruptura da rede de hifas extrarradiculares e ambiente edáfico mais equilibrado, há favorecimento da colonização micorrízica (SOARES e CARNEIRO, 2010). O não revolvimento do solo possibilita a permanência da rede de hifas externas e das raízes colonizadas, por conseguinte, garante a micorrização para as culturas subsequentes pela manutenção do potencial infectivo do solo (COLOZZI-FILHO et al., 1999).

No Brasil, muitos estudos mostram o potencial de utilização da inoculação com FMA em mudas de espécies florestais utilizadas para o reflorestamento de áreas degradadas (DODD, 1999; ZANGARO et al., 2002; STAMFORD et al., 2005b; FRANCO et al., 2008; SOARES e CARNEIRO, 2010), bem como as relações entre FMA e o crescimento de espécies arbóreas nativas (ANDRADE, 1999; SIQUEIRA e SAGGIN-JÚNIOR, 2001; SANTOS, 2008b).

O benefício da simbiose micorrízica varia com as condições edafoclimáticas, com a espécie ou isolado do fungo, e com a planta hospedeira, além de grande importância para a sustentabilidade de comunidades de plantas (SOUZA e SILVA, 1996; DODD, 1999; SOARES e CARNEIRO, 2010). Um aspecto importante da contribuição dos FMA na recuperação de áreas degradadas está relacionado com a capacidade das plantas micorrizadas de aumentar a área foliar e conseqüente atividade fotossintética que se relaciona diretamente com a produção de massa vegetal (SOARES e CARNEIRO, 2010).

#### **2.4. Potencial dos Nutrientes no Crescimento Vegetal**

A deficiência de nutrientes minerais como N, P, S, Ca, Mg e Co pode limitar a atividade microbiana e reduzir a taxa de mineralização da matéria orgânica, que pode acumular-se no solo (STAMFORD et al., 2005b). Em contrapartida o principal benefício das micorrizas é o

aumento de absorção de nutrientes, sobretudo daqueles transportados por difusão, como  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4^-$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$  e  $\text{NH}_2^{4+}$  (SAGGIN-JÚNIOR e LOVATO, 1999).

#### **2.4.1. Fósforo**

As plantas e os microrganismos absorvem P da solução do solo, predominantemente na forma iônica de  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ , que é acumulado nas células corticais da raiz, seguido pela transferência dele até o xilema, o que se dá pelo simplasto (MALAVOLTA et al., 1997). Segundo os mesmo autores, a participação do P na qualidade da colheita acelera a formação de raízes, aumenta a frutificação, acelera a maturação dos frutos, aumenta o teor de carboidratos, óleos, gorduras, proteínas e ajuda a fixação simbiótica de nitrogênio. Os processos químicos abióticos e bióticos que controlam as transformações e absorção desse elemento são importantes fatores do seu ciclo e da produtividade agrícola (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006).

O ciclo do P é aberto e flui das rochas fosfáticas para o fundo dos oceanos, tendo maior intensidade entre a biota e o solo, em consequência do intemperismo químico de rochas e minerais (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006). Segundo estes autores, há indicações de que, se a quantidade de P acumulada nos solos agrícolas pudesse ser disponibilizada para as plantas, seria suficiente para sustentar a produção agrícola mundial. As transformações de P consistem em um sistema complexo, controlado por reações químicas, com forte interferência biológica como: mineralização, imobilização e absorção, processos que controlam a dinâmica das transformações e os fluxos do elemento no ambiente (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006). De acordo com Moreira e Siqueira (2006), os fungos são capazes de hidrolisar P, promovendo pH ácido, com a produção de ácidos orgânicos, de modo que do total da taxa de decomposição, durante a reciclagem do material orgânico no solo, parte vai para a biomassa microbiana que, apesar de ser um reservatório pequeno de P, representa elevada taxa de reciclagem.

Na maioria dos trabalhos realizados com FMA, são observados aumentos na absorção de P nas plantas micorrizadas e também da maioria dos outros nutrientes vegetais (CARDOSO et al., 2010; TOBY KIERS et al., 2011). Este fato foi o primeiro aspecto realçado para explicar como os fungos micorrízicos promoviam o crescimento vegetal (SYLVIA, 1999; MOREIRA e SIQUEIRA, 2006; CARDOSO et al., 2010).

Pairunan et al. (1980) sugeriram que a comparação de absorção de P por plantas micorrizadas e não-micorrizadas, envolvendo rocha fosfatada, pode falsificar o papel dos FMA em dissolver a rocha. Outro fato observado foi que fontes menos solúveis, como

fosfatos de rocha, promoviam melhores rendimentos para as plantas micorrizadas (CARDOSO, 1985; SIQUEIRA e COLOZZI-JÚNIOR, 1986; DUARTE et al., 1995).

O fosfato solubilizado só pode ser absorvido quando os íons fosfato se localizam na região de contato imediato com a superfície da raiz (CARDOSO et al., 2010). Nas plantas micorrizadas, as hifas extrarradiculares vão muito além, da zona de depleção das raízes, explorando grande volume do solo, um processo ativo, não acessível às raízes (CHAVES, 1992; MOREIRA e SIQUEIRA, 2006; CARDOSO et al., 2010), permitindo, desse modo, uma melhor adaptação e sobrevivência das mudas, aumentando sua capacidade de absorção de água e nutrientes (CAMPOS et al., 2011, TOBY KIERS et al., 2011, CARDOSO et al., 2010, POYU-ROJAS e SIQUEIRA, 2000).

Os fungos, particularmente aqueles que se associam às raízes formando as micorrizas, aumentam a absorção de P através de mecanismos físicos (maior exploração do solo e de sítios não acessíveis às raízes sem micorriza), fisiológicos (alterações nos parâmetros cinéticos de absorção) e químicos (alterações na rizosfera) (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006).

Chaves (1996), estudando os parâmetros cinéticos de absorção de P, por mudas de jacarandá-da-bahia (*Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. Allem.) e vinhático (*Plathymenia foliosa* Benth.), duas leguminosas tropicais, constatou que as plantas micorrizadas, de ambas espécies, apresentaram valores de  $K_m$  e  $C_{min}$  significativamente inferiores aos das plantas não micorrizadas indicando aumento no número de sítios de absorção do nutriente, expressos pelas hifas do fungo, bem como da capacidade das plantas micorrizadas em absorver o P em concentrações menores na solução do solo. Constatou-se, também, que as quantidades de P absorvido, durante ensaio de exaustão (12 horas) foi significativamente superior nas plantas micorrizadas.

Chaves (1992); Chaves e Borges (2005) estudaram o efeito de fungo micorrízico sobre a eficiência radicular e a eficiência de utilização de fósforo por mudas de jacarandá-da-bahia (*Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. Allem.), aplicando diferentes doses adicionais de fósforo, no substrato de cultivo e constataram que a presença do FMA promoveu maior capacidade de absorver e translocar o P para a parte aérea, bem como maior eficiência de utilização do nutriente, expresso pela maior capacidade de produção de matéria seca.

Ao mesmo tempo em que os FMA podem aumentar a absorção de P fornecido às plantas, podem reduzir a quantidade de P-disponível para a fixação nos colóides, reduzindo a retenção desse elemento nos compartimentos estáveis do solo (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006). Entretanto, a maior absorção de P proveniente de fosfatos naturais, como as apatitas, provavelmente não é consequência da solubilização dos íons P pela micorriza, mas resulta do

maior alcance das hifas extrarradiculares, permeando grande volume de solo e absorvendo cada íon imediatamente após a sua solubilização, que é feita por fungos ou bactérias produtores de ácidos na rizosfera, aliando-se a isso o fato de que, à medida que os íons solúveis são absorvidos pelas hifas, ocorre uma força de dreno sobre o equilíbrio químico entre o P-solúvel e insolúvel, forçando maior solubilização (CARDOSO et al., 2010).

A elevada fertilidade do solo inibe a associação micorrízica, sendo observado que a taxa de colonização micorrízica intrarradicular diminui com altas taxas de P no solo, enquanto baixas concentrações de P podem favorecer o efeito do FMA sobre a nutrição e crescimento da planta (MALAVOLTA et al., 1997; COLOZZI-FILHO et al., 1999; DODD, 1999; NOGUEIRA e CARDOSO, 2006; SOARES e CARNEIRO, 2010; CARDOSO et al., 2010).

#### **2.4.2. Potássio**

A presença de K-assimilável no solo, em quantidade adequada, tem relação com o vigor dos vegetais em crescimento, uma vez que é um elemento essencial à formação do amido e à transferência dos açúcares, sendo absorvido pelas raízes na forma iônica ( $K^+$ ), por meio de processo essencialmente ativo, atingindo seu máximo na presença de  $Ca^{2+}$  no meio, embora o excesso tenha efeito inibidor (MALAVOLTA et al., 1997). De acordo com estes autores, a maior proporção de  $K^+$  na planta é solúvel em água, o que não acontece com o Ca e o Mg.

O K participa dos processos de abertura e fechamento dos estômatos, fotossíntese, no controle do pH, transporte de carboidratos e outros produtos, respiração, síntese e fixação simbiótica do nitrogênio (MALAVOLTA et al., 1997). Segundo os autores, a participação do K na qualidade da colheita se traduz pelo aumento no teor de carboidratos, óleos, gorduras e proteínas; estimula o enchimento de grãos, promove armazenamento de açúcar e amido, aumenta a utilização de água, bem como a resistência a secas, geadas, pragas e moléstias. Ainda, segundo os mesmos autores, é possível que uma das razões para as altas exigências potássicas seja a necessidade de concentrações elevadas no citoplasma, para garantir o ótimo da atividade enzimática.

As hifas auxiliam as plantas micorrizadas na absorção de K (GEORGE et al., 1992), entretanto, a avaliação da concentração deste nutriente na parte aérea das plantas, quando associadas ao FMA, são conflitantes, com incrementos (SUDO et al., 1996; LIU et al., 2002) relacionados ao aumento da dose de P (BRESSAN et al., 2001) e, também, reduções dos teores nos tecidos vegetais (FONSECA et al., 1994).

O aumento na concentração de K em plantas micorrizadas pode ser consequência do aumento na disponibilidade de P para o crescimento das plantas, mas isolar o efeito das

micorrizas na absorção de K da absorção do P não é um processo simples (MEDEIROS et al., 1994). De acordo com os autores, tanto as diferentes espécies de FMA, como isolados de diversos locais de uma mesma espécie de fungo também são fatores que influenciam na absorção de K pelas plantas.

### **2.4.3. Cálcio e Magnésio**

O cálcio absorvido na forma de  $\text{Ca}^{2+}$ , tem efeitos no crescimento e desenvolvimento da planta, sendo essencial para manter a integridade estrutural das membranas, absorção iônica, reações com hormônios vegetais, ativação enzimática e mensageiro secundário (MALAVOLTA et al., 1997). Os autores acrescentam que o papel do  $\text{Ca}^{2+}$  na qualidade da colheita é estimular o desenvolvimento das raízes, aumentar a resistência a pragas e moléstias, auxiliar a fixação simbiótica de nitrogênio e promover maior floração. Andrade (1999) acrescenta que os microrganismos presentes na rizosfera promoveram aumento significativo nos níveis de Ca na raiz da planta.

As plantas absorvem o magnésio como  $\text{Mg}^{2+}$ , sendo que o papel mais conhecido desse elemento na vida da planta refere-se à sua presença na molécula de clorofila, participando, ainda, dos processos absorção iônica, fotossíntese, respiração, armazenamento e transferência de energia, sínteses orgânicas, balanço eletrolítico e estabilidade dos ribossomos (MALAVOLTA et al., 1997).

## **2.5. Características de Fertilizantes**

O uso de insumos, como fertilizantes minerais e defensivos, promove modificações diversas na microbiota, através de seus efeitos diretos e indiretos sobre os fatores relacionados ao solo e à planta, resultando em mudanças qualitativas e quantitativas na densidade total ou atividades específicas, podendo favorecer ou diminuir a proliferação de grupos, espécies minoritárias ou espécies novas, levando a comunidade a um novo equilíbrio, que pode favorecer ou afetar negativamente o crescimento das plantas e a produtividade do solo (STAMFORD et al., 2008).

Podem ser utilizadas diferentes fontes minerais de P, sendo que as apatitas brasileiras, que são minerais primários usados como fertilizantes, apresentam baixa reatividade, em muitos casos, insuficiente para manter uma concentração de P, na solução do solo (P-Solução) e junto à raiz, suficiente para a demanda da planta (Influxo) (SOUZA, 2006). Segundo o autor, de acordo com a composição mineral, os fosfatos naturais se classificam em: fosfatos de ferro-alumínio (Fe-Al-P), fosfatos de cálcio-ferro-alumínio (Ca-Fe-Al-P) e fosfatos de cálcio (Ca-P), sendo que estes últimos constituem a classe de maior importância econômica,



devido ao uso industrial, principalmente na fabricação de fertilizantes, tendo como principais componentes minerais apatíticos, a fluorapatita e a francolita ou fosforita.

Parte do fosfato, adicionado ao solo como fertilizante, dissolve-se, passando para a solução do solo, porém, devido à baixa solubilidade dos compostos de fósforo e à adsorção pelo solo, a maior parte do fósforo passa a fase sólida, onde fica em parte como P-Lábil. Com o passar do tempo, o P é retido com mais energia e torna-se com poucas chances de liberação para planta (SOUZA, 2006).

Os organismos que vivem no solo e as transformações que eles promovem exercem efeitos diretos e indiretos na produtividade e na qualidade dos produtos agrícolas, de modo que o conhecimento desses processos e seus efeitos torna-se essencial para o manejo apropriado do solo, como meio para o crescimento vegetal, e para o uso racional de outros recursos naturais e insumos manufaturados, especialmente os fertilizantes químicos e pesticidas, que contribuem para a elevação no custo de produção e podem representar ameaças ao meio ambiente, se não forem utilizados adequadamente (STAMFORD et al., 2005a).

Os efeitos benéficos da adição de fertilizantes minerais sobre a atividade da microbiota indicam que a baixa disponibilidade de nutrientes minerais pode limitar a atividade microbiológica nos solos tropicais, especialmente naqueles com grande quantidade de carbono orgânico mineralizável, onde a imobilização torna-se elevada, ou naqueles com baixa fertilidade, onde a disponibilidade é pequena (STAMFORD et al., 2005b). Segundo os autores, em geral, a aplicação de fertilizantes minerais em doses moderadas exerce efeitos benéficos sobre a microbiota do solo, mas esse efeito pode ser diferenciado em função do tipo de microrganismo, resultando em mudanças indesejáveis nas populações microbianas, de modo que a aplicação de quantidades maciças e localizadas de fertilizantes, especialmente daqueles com elevada solubilidade e salinidade, pode provocar efeitos maléficos para os microrganismos do solo, pelo menos para grupos específicos, provocando o desbalanço microbiológico do sistema e o surgimento inesperado de fitopatógenos habitantes do solo.

## **2.6. Biofertilizantes**

Os fertilizantes químicos são quase que totalmente importados, os quais ocorrem em jazidas naturais no Canadá, Alemanha e Rússia, e são explorados por empresas multinacionais (ROBERTS et al, 2004).

A necessidade de reduzir o uso desses fertilizantes tem incentivado estudos com biofertilizantes que melhoram solos degradados, pois favorecem a proliferação de bactérias e

por fim diminuem a fermentação anaeróbica. Além disso, as plantas têm mais facilidade de se desenvolver, fazendo com que o solo fique mais resistente à erosão (PARIS, 2010).

O biofertilizante dá firmeza às partículas do solo, de modo que resistam à ação desagregadora da água, absorvendo as chuvas mais rapidamente evitando a erosão e conservando a terra úmida por muito mais tempo. Promove maior porosidade ao solo, na zona explorada pelas raízes, facilitando sua respiração, obtendo melhores condições de desenvolvimento da planta (STAMFORD et al., 2005b; STAMFORD et al., 2008; PARIS, 2010).

### **2.6.1. Biofertilizante Fosfatado e Potássico**

Produtos utilizados, como alternativas para substituição de fertilizantes minerais solúveis, apresentam as vantagens de menor custo de produção e transporte, permitindo o seu emprego na agricultura ecológica sustentável (STAMFORD et al., 2008).

Os biofertilizantes de rochas podem ser obtidos sem uso de temperaturas elevadas, sem adição de produtos tóxicos e corrosivos, como ácidos sulfúricos e ácidos fosfóricos, e sem emprego de técnicas especiais, uma vez que os microrganismos solubilizadores podem propiciar a dissolução dos fosfatos insolúveis pela produção de ácidos inorgânicos ou orgânicos, pela diminuição do valor do pH, liberando fosfato disponível (STAMFORD, et al. 2003).

Dentre as bactérias de metabolismo quimiolitotrófico, as do gênero *Acidithiobacillus* Kelly & Wood utilizam o enxofre elementar ou tiosulfatos como fonte de energia, oxidando-os a ácido sulfúrico, com potencial para atuar na liberação de fosfatos naturais por oxidar rapidamente o enxofre em condições de elevada acidez (STAMFORD et al., 2003; STAMFORD et al., 2004a e 2004b; STAMFORD et al., 2008), cuja atuação foi avaliada em caupi e no jacutupé em solos com baixo P disponível, com excelentes resultados.

Entretanto, com relação ao uso de rochas potássicas na disponibilidade de potássio para as plantas, mediante a atividade de microrganismos, a literatura ainda é muito escassa, apesar da potencialidade de utilização deste nutriente na agricultura (SOUZA, 2006).

O isolamento e a seleção dos microrganismos com maior habilidade de solubilização de rocha potássica tem merecido a atenção dos pesquisadores. Assim como nas rochas fosfatadas, as bactérias do gênero *Acidithiobacillus* Kelly & Wood, que são capazes de produzir H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> produzido na reação microbiológica, pode atuar na rocha potássica, bem como no solo, promovendo redução no pH (SANTOS, 2002; STAMFORD et al., 2002).

Desse modo, verificam-se necessários estudos que observem a influência da inoculação do FMA (*Gigaspora margarita*), como também, de sua interação com fertilizantes fosfatados e potássicos na produção de mudas de Sabiá.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Coleta, Beneficiamento e Pré-germinação das Sementes

As sementes de Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.), utilizadas no experimento, foram coletadas na estrada de Aldeia, Km 16, em Camaragibe - PE. Antes de semear, foram desinfestadas, por meio da imersão em solução de hipoclorito de sódio a 2% por 1 minuto, sendo depois, lavadas com água destilada até retirar o excesso de hipoclorito, e imersas em água a 80°C até resfriamento, para quebrar a dormência (FOWLER, 2000; FERREIRA, 2001).

Posteriormente, as sementes foram semeadas em bandejas de polietileno brancas, utilizando areia lavada e esterilizada como substrato, onde permaneceram, após germinação, até adquirirem cerca de dois pares de folhas definitivas, quando foram selecionadas por uniformidade de tamanho, transplantadas das bandejas para sacos plásticos e receberam inoculação do FMA. Com intuito de uniformizar as mudas, por tamanho, após tratadas as sementes foram semeadas em bandejas, com areia lavada e esterilizada em autoclave, a 1 atm, 121°C por 60 min, por duas vezes, com intervalo de 24 horas.

#### 3.2. Recipientes e Substrato

Como recipientes, para a condução do experimento, por 130 dias, foram utilizados sacos plásticos, pretos, com furos, com capacidade para 4 Kg de substrato.

O substrato foi constituído de solo, coletado na Estação Experimental do IPA, em Itambé - PE, classificado como Podzólico Vermelho Amarelo equivalente eutrófico, textura argilosa. A caracterização do substrato foi realizada na Agrolab Análises Ambientais Ltda., sendo a adubação para os tratamentos recomendada com base no resultado da análise da amostra (Tabela 1).

**Tabela 1.** Características físicas e químicas do solo coletado na Estação Experimental do IPA, em Itambé-PE

<b>pH</b>	<b>P</b>	<b>Na<sup>+</sup></b>	<b>K<sup>+</sup></b>	<b>Ca<sup>2+</sup></b>	<b>Al<sup>3+</sup></b>	<b>Densidade</b>
(água- 1:2,5)	mg.kg <sup>-1</sup>	cmol.kg <sup>-1</sup>				g.cm <sup>3</sup>
5,6	3,62	0,98	0,88	2,43	0,18	1,39

O solo foi peneirado em peneira com malha de 4 mm, realizando-se, posteriormente, duas autoclavagens (1 atm, 121°C por 60 min), com um intervalo de 24 horas, para esterilização, de modo a não haver influência de microrganismos nativos sobre a inoculação.

### **3.3. Adubação Fosfatada e Potássica**

A adubação fosfatada foi realizada com a adição de fertilizante químico na dose de 215 mg.kg<sup>-1</sup> de solo de Superfosfato Simples (SFS); biofertilizante fosfatado, nas doses de 215 mg.kg<sup>-1</sup> de solo (BP1) e 430 mg.kg<sup>-1</sup> de solo (BP2); e sem adição de fosfato (P0).

A adubação potássica foi realizada com a adição de fertilizante químico na dose de 68 mg.kg<sup>-1</sup> de solo de Cloreto de Potássio (KCl); biofertilizante potássico nas doses de 136 mg.kg<sup>-1</sup> (BK1) e 272 mg.kg<sup>-1</sup> de solo (BK2); e sem adição de potássio (K0).

Todos os fertilizantes foram adicionados ao substrato dos recipientes de cultivo, em dose única, duas semanas antes do transplântio e inoculação com FMA.

### **3.4. Biofertilizantes**

Os biofertilizantes, fosfatado (BP) e potássico (BK), alternativa para substituir fertilizantes solúveis, foram produzidos no Laboratório de Microbiologia do Solo da UFRPE, a partir de rocha, fosfatada (Apatita) e potássica (Biotita), respectivamente, nas quais se adicionou enxofre, e se inoculou bactérias do gênero *Acidithiobacillus* sp. Kelly & Wood, capazes de oxidar o enxofre, produzindo H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, o qual acidifica o substrato, solubilizando o P e K presentes nas rochas.

### **3.5. Inoculação das Plantas de Sabiá com FMA**

O isolado de FMA utilizado foi *Gigaspora margarita* Becker & Hall., cedido pelo Centro Nacional de Pesquisa de Agrobiologia - CNPAB (Embrapa Agrobiologia), Seropédica - RJ, sendo utilizado 0,5 g de inóculo por planta, contendo aproximadamente 40 esporos, depositados em contato direto com a raiz da plântula, por ocasião do transplântio da bandeja para o saco plástico.

### **3.6. Condução do Experimento e Irrigação**

O experimento foi conduzido na casa de vegetação do Laboratório de Microbiologia do Solo, do Departamento de Agronomia, da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE).

As plantas foram irrigadas com água deionizada, diariamente, de modo a manter 90% da capacidade de campo do substrato.

### 3.7. Tratamentos e Procedimentos Utilizados

O delineamento estatístico utilizado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial (2 x 4 x 4) com quatro repetições, totalizando 128 unidades experimentais, sendo duas condições micorrízicas (sem e com o FMA *Gigaspora margarita*), quatro fontes/doses de P e quatro fontes/doses de K, conforme a Figura 1.

Os recipientes foram distribuídos em duas bancadas na casa de vegetação, conforme sorteio prévio das unidades experimentais, de modo a concretizar a aleatoriedade do delineamento proposto.

Potássio	Fósforo	K0				BK1				BK2				KCl				Micorriza
		R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4	
<b>P0</b>																		<b>Presença de FMA</b>
																		<b>Ausência de FMA</b>
<b>BP1</b>																		<b>Presença de FMA</b>
																		<b>Ausência de FMA</b>
<b>BP2</b>																		<b>Presença de FMA</b>
																		<b>Ausência de FMA</b>
<b>SFS</b>																		<b>Presença de FMA</b>
																		<b>Ausência de FMA</b>

**Figura 1.** Distribuição dos tratamentos, na casa de vegetação do Laboratório de Microbiologia do solo do Departamento de Agronomia, no Campus da UFRPE, para cultivo de mudas de sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.)

Onde: **P0** = Ausência de fonte de fósforo (testemunha); **BP1** = Biofertilizante fosfatado com (215 mg.kg<sup>-1</sup> de solo); **BP2** = Biofertilizante fosfatado (430 mg.kg<sup>-1</sup> de solo); **SFS** = Fertilizante químico – Superfosfato Simples (215 mg.kg<sup>-1</sup> de solo); **K0** = Ausência de fonte de potássico (testemunha); **BK1** = Biofertilizante potássico (136 mg.kg<sup>-1</sup> de solo); **BK2** = Biofertilizante potássico (272 mg.kg<sup>-1</sup> de solo); **KCl** = Fertilizante químico – Cloreto de Potássio (68 mg.kg<sup>-1</sup> de solo); **Ri** = Repetições.

### **3.8. Características de Crescimento Avaliadas Durante o Experimento**

As avaliações de crescimento inicial do experimento foram realizadas aos 30, 60, 90 e 120 dias após transplântio, sendo mensurados a altura total da planta e o diâmetro do caule.

**Altura da planta:** foi determinada com auxílio de uma trena de 3 m, tomando-se a medida a partir da base do caule, até a base do meristema apical.

**Diâmetro do caule:** foi determinado com o uso de um paquímetro digital, sempre na mesma posição e na marcação do caule, na altura do colo da planta.

### **3.9. Avaliação da Produção de Biomassa e Colonização Micorrízica**

Ao término do período de cultivo (120 dias), a parte aérea das plantas foi removida e as amostras separadas e colocadas em sacos de papel, devidamente etiquetados e postos para secar em estufa de circulação forçada de ar a 65°C, até atingirem peso constante (72 horas). O mesmo foi feito com o sistema radicular de cada planta, após retirada amostra de raiz para avaliação da colonização pelo FMA. Para determinação da biomassa, utilizou-se balança analítica digital, com precisão de 0,001 g.

Para avaliação da percentagem de colonização, com uso de peneira, em água corrente, foi realizada a separação do sistema radicular das plantas, do substrato de cultivo. Posteriormente, retirou-se um grama de matéria fresca do sistema radicular, constituindo uma amostra por planta, composta por fragmentos de raízes finas retidas na peneira. As amostras foram fixadas em solução de FAA (formaldeído: ácido acético:álcool), clareadas e coloridas, de acordo com a técnica descrita por Phillips e Hayman (1970). Os segmentos de raízes, após coloração, foram distribuídos em lâminas, sendo analisados 25 por planta, num total de 100 segmentos de aproximadamente 1 cm, por tratamento. A percentagem de colonização foi determinada pela técnica lâmina-raiz de Nicolson (1955), citado por Read et al. (1976), em que todos os segmentos colonizados, são contados e a percentagem de colonização calculada por:  $(N^{\circ} \text{ de Segmentos Colonizados} / N^{\circ} \text{ total de segmentos}) \times 100$ .

Os dados referentes à percentagem de colonização foram previamente submetidos à transformação  $\log(x+1)$ , segundo Sieverding (1991), para normalidade dos dados.

### **3.10. Avaliação dos Conteúdos de P, K, Ca e Mg, na Parte Aérea**

Após passar pelos processos de secagem, pesagem e moagem, o material coletado ao final do experimento (120 dias) foi mineralizado (digestão nítrico-perclórica) e submetido à análise para determinação do teor de nutrientes na parte aérea das mudas de Sabiá.

Para determinação dos teores de P e K, utilizou-se um espectrofotômetro de chama, e para determinação dos teores de Ca e Mg utilizou-se um espectrofotômetro de absorção atômica, ambos do laboratório de Microbiologia do Solo, do Departamento de Agronomia da UFRPE. Os conteúdos (mg) dos nutrientes foram obtidos a partir dos teores de nutrientes e da massa seca (MS), por meio da expressão:  $(\text{Teor} \times \text{MS}) / 100$ .

### **3.11. Análise dos Dados**

A análise dos dados de crescimento inicial: altura e diâmetro do coleto, matéria seca (folha, caule e raiz), alocação de biomassa (folha, caule e raiz) - Matéria seca \* 100/ Matéria seca total, relação raiz : parte aérea, percentagem de colonização de raízes com FMA e conteúdo de nutrientes (P, K, Ca e Mg) da parte aérea, foram submetidos à análise de variância do GLM Procedure. O teste de Tukey para comparação de médias, foi realizado com auxílio do programa estatístico SAS (versão 2.0). As equações de regressão para crescimento, em altura e diâmetro, em função do tempo foram obtidas por meio do software Statistix 9.0.



## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Colonização do Sistema Radicular

Os resultados obtidos não constataram efeito das fontes/doses de P ou de K sobre a colonização micorrízica (Tabela 1C), das mudas inoculadas. Desse modo, os resultados apresentados na Tabela 2, evidenciam a importância da inoculação prévia na muda, antes do transplante para o campo, indicando que as doses e fontes de P e de K utilizados não foram suficientes para inibir a colonização micorrízica. Nos tratamentos em que as plantas não foram inoculadas com *Gigaspora margarita*, observou-se ausência de colonização (0%).

**Tabela 2.** Percentagem (%) de colonização de raízes de mudas de Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.), micorrizadas com *Gigaspora margarita*, em diferentes fontes e doses de fósforo (P) e Potássio (K), aos 120 dias após a inoculação

Potássio	Fósforo	Colonização de raízes (%)			
		P0	BP1	BP2	SFS
	K0	82	67	76	79
	BK1	89	76	83	90
	BK2	76	71	86	83
	KCl	80	84	82	88
	Média	81,8	74,5	81,8	85,0

Onde: **P0** = Ausência de fonte de fósforo; **BP1** = Biofertilizante fosfatado na mesma dosagem recomendada de SFS; **BP2** = Biofertilizante fosfatado duas vezes a dose recomendada de SFS; **SFS** = Superfosfato Simples; **K0** = Ausência de fonte de potássico; **BK1** = Biofertilizante potássico duas vezes a dose recomendada de KCl; **BK2** = Biofertilizante potássico quatro vezes a dose recomendada de KCl; **KCl** = Cloreto de Potássio.

(...) Dados transformados para  $\log(x+1)$ .

Caldeira et al. (2003), avaliando o efeito da inoculação de FMA sobre o crescimento de três leguminosas arbóreas, *Adenantha pavonina*, *Mimosa guilandena* e *Enterolobium schomburgkii*, observaram que a espécie *Mimosa guilandena* apresentou maior taxa de colonização micorrízica. Confirmando a importância de estudos com o gênero *Mimosa* em associação com FMA.

Zangaro et al. (2002), avaliando a incidência da colonização micorrízica arbuscular e a resposta a inoculação em 81 espécies arbóreas, em condições de casa de vegetação, observaram que as espécies leguminosas apresentaram alta colonização de FMA. Santos (2008b), avaliando a colonização micorrízica e a eficiência simbiótica de FMA no crescimento de *Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan., afirma que os FMA estabelecem simbioses eficientes, salientando que a aplicação de fungo micorrízico arbuscular

pode ser utilizada como importante ferramenta em programas de inoculação durante o preparo de mudas de espécies arbóreas.

O estudo de Nogueira e Cardoso (2000), avaliaram a eficiência de *Gigaspora margarita* em soja, em resposta a doses de P, a aplicação de 200 esporos por vaso, observaram cerca de 15% de colonização micorrízica. Entretanto, neste trabalho, foi inoculado 40 esporos por vaso, por ocasião do transplantio, e as mudas de sabiá, obtiveram uma média de 82% de colonização de raiz com *Gigaspora margarita*, comprovando que é vantajoso inocular FMA, na produção das mudas de sabiá, tendo em vista a eficiência de sua colonização sobre o crescimento e produção da espécie.

Verificou-se, neste trabalho, que o SFS na dose recomendada ( $215 \text{ mg.kg}^{-1}$  de solo), para o solo utilizado não inibiu a colonização das raízes por *Gigaspora margarita*. Entretanto, respostas diferentes foram encontradas por Vandresen et al. (2007), ao avaliar os efeitos da inoculação de FMA e aplicação de diferentes doses de adubo, em cinco espécies florestais, observaram que a adição de SFS ( $1,5 \text{ kg por m}^3$  de substrato) inibiu a colonização pelos FMA.

Embora, a elevada concentração de P provoque inibição à associação micorrízica (SOARES e CARNEIRO, 2010; CARDOSO et al. 2010), não se constatou inibição da colonização micorrízica, nas raízes da Sabiá, possivelmente, em razão da baixa concentração de P no substrato de cultivo, uma vez que a quantidade inicial de P no solo era de  $3,62 \text{ mg.kg}^{-1}$ , favorecendo o efeito do fungo micorrízico sobre o crescimento inicial das plantas. Este motivo é que fazem os FMA serem indicados em solos com baixo conteúdo de fósforo, por promoverem crescimento inicial significativo em altura e diâmetro das plantas de sabiá.

#### **4.2. Altura e Diâmetro do Coletor**

De acordo com a análise de variância (Tabela 1A) dos dados de altura de plantas de Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.), aos 30 dias após aplicação dos tratamentos com FMA, detectou-se efeito significativo apenas dos tratamentos isolados de fósforo, porém não houve efeito significativo da interação ( $p > 0,05$ ) entre tratamentos micorrízicos, fosfatados e potássicos. Pode-se ser observar na Tabela 3, onde se encontram as médias de altura de mudas de Sabiá, que apenas o tratamento utilizando a adição de superfosfato simples, na dose recomendada, promoveu aumento significativo no crescimento em altura, em relação aos demais tratamentos, em média, em torno de 30%. Constata-se, portanto, que 30 dias não são suficientes para o estabelecimento da colonização micorrízica, visto que não foi detectado efeito da inoculação com o FMA.

**Tabela 3.** Altura de mudas de Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.) cultivadas por 30 dias em casa de vegetação, na ausência e presença do fungo *Gigaspora margarita* Becker & Hall., e em diferentes fontes e doses de fósforo (P) e potássio (K)

30 dias		Fontes/doses de K						
Altura (cm)	FMA	<b>K0</b>	<b>BK1</b>	<b>BK2</b>	<b>KCl</b>	Média	Média (P)	
Fontes/doses de P	<b>P0</b>	M+	9,98	11,60	9,53	10,25	10,34	10,12 b
		M-	9,43	10,75	9,75	9,68	9,90	
	<b>BP1</b>	M+	9,38	9,60	10,23	9,90	9,78	9,95 b
		M-	9,90	9,00	11,00	10,60	10,13	
	<b>BP2</b>	M+	11,83	10,13	9,95	11,00	10,73	10,44 b
		M-	9,45	10,88	10,60	9,70	10,16	
	<b>SFS</b>	M+	15,90	12,35	15,73	13,20	14,29	13,55 b
		M-	10,90	12,83	14,63	12,88	12,81	
	Média	(M+)	11,77	10,92	11,36	11,09		
		(M-)	9,92	10,86	11,49	10,71		
	Média (K)		10,84	10,89	11,43	10,90		

Onde: **P0** = Ausência de fonte de fósforo; **BP1** = Biofertilizante fosfatado na mesma dosagem recomendada de SFS; **BP2** = Biofertilizante fosfatado duas vezes a dose recomendada de SFS; **SFS** = Superfosfato Simples; **K0** = Ausência de fonte de potássio; **BK1** = Biofertilizante potássico duas vezes a dose recomendada de KCl; **BK2** = Biofertilizante potássico quatro vezes a dose recomendada de KCl; **KCl** = Cloreto de Potássio; M+ = presença de FMA; M- = ausência de FMA

\*Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha não diferem pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Entretanto, com base nos dados obtidos aos 60 dias após inoculação, a análise de variância constatou efeito isolado significativo dos tratamentos potássicos ( $p < 0,05$ ), dos tratamentos fosfatados ( $p < 0,01$ ) e da interação FMA x fontes de fósforos ( $p < 0,01$ ) (Tabela 1A), para altura de mudas de Sabiá. Pode-se observar, na Tabela 4, que os tratamentos com micorriza e diferentes fontes fosfatadas, obtiveram médias semelhantes, enquanto, na ausência de micorriza, o melhor desempenho de crescimento em altura ocorreu quando se utilizou adição de superfosfato simples (SFS). É possível inferir, portanto, que aos 60 dias após inoculação já ocorreu o estabelecimento da colonização, cujo efeito é expresso, principalmente, nos tratamentos onde não se usou a adição de P solúvel (SFS).

Note-se que, quando se usou o SFS, os resultados são semelhantes entre os tratamentos com e sem inoculação.

**Tabela 4.** Altura de mudas de Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.) cultivadas por 60 dias, em casa de vegetação, na ausência e presença do fungo *Gigaspora margarita* Becker & Hall., em diferentes fontes e doses de fósforo (P) e potássio (K)

60 dias		Fontes/doses de K						
Altura (cm)	FMA	K0	BK1	BK2	KCl	Média	Média (P)	
Fontes/doses de P	P0	M+	48,00	54,13	57,38	56,00	53,88 a	35,91
		M-	14,13	21,75	19,13	16,75	17,94 b	
	BP1	M+	50,75	57,50	68,50	52,88	57,41 a	38,63
		M-	18,00	17,88	21,50	22,00	19,84 b	
	BP2	M+	59,13	51,50	65,00	45,50	55,28 a	38,66
		M-	22,25	20,13	23,50	22,25	22,03 b	
	SFS	M+	58,75	47,75	57,00	58,25	55,44 a	48,94
		M-	39,88	36,75	49,25	43,88	42,44 a	
Média	(M+)	54,16	52,72	61,97	53,16			
	(M-)	23,56	24,13	28,34	26,22			
Média (K)			38,86 B	38,42 B	45,16 A	39,69 B		

Onde: **P0** = Ausência de fonte de fósforo; **BP1** = Biofertilizante fosfatado na mesma dosagem recomendada de SFS; **BP2** = Biofertilizante fosfatado duas vezes a dose recomendada de SFS; **SFS** = Superfosfato Simples; **K0** = Ausência de fonte de potássio; **BK1** = Biofertilizante potássico duas vezes a dose recomendada de KCl; **BK2** = Biofertilizante potássico quatro vezes a dose recomendada de KCl; **KCl** = Cloreto de Potássio; M+ = presença de FMA; M- = ausência de FMA

\*Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Ainda na Tabela 4, em relação ao tratamento com biofertilizante potássico na dose quatro vezes a recomendada de KCl (BK2), observou-se que houve uma resposta significativa ( $p < 0,05$ ), para o crescimento em altura, aos 60 dias após inoculação, enquanto o tratamento com KCl na dose recomendada, biofertilizante potássico duas vezes a dose recomendada de KCl (BK1) e ausência de adição de potássio (K0), demonstraram que pelo menos nas condições em que foi realizado o experimento, o teor do elemento no solo, não era suficiente para suprir as exigências da planta.

Aos 90 dias após inoculação, a análise de variância constatou efeito significativo ( $p < 0,01$ ) tanto dos tratamentos isolados FMA e P, quanto da interação FMA x fontes de fósforo, não sendo detectado efeito do potássio (Tabela 1A). Dessa forma, os resultados, apresentados na Tabela 5, constataram que médias de crescimento para plantas inoculadas com *Gigaspora margarita*, foram significativamente superiores (92,12 cm) as das plantas não-inoculadas, que obtiveram crescimento médio de 38,11 cm, o que constitui um incremento da ordem de 140%. Ainda, na mesma Tabela 5, observa-se que na ausência de micorriza, a aplicação de SFS, apresentam efeito positivo para crescimento em altura das mudas de Sabiá, sendo superior às médias de altura obtidas nas plantas não-micorrizadas, para os demais tratamentos usando fontes / doses de P.

**Tabela 5.** Altura de mudas de Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.) cultivadas por 90 dias, em casa de vegetação, na ausência e presença do fungo *Gigaspora margarita* Becker & Hall., em diferentes fontes e doses de fósforo (P) e potássio (K)

90 dias		Fontes/doses de K						
Altura (cm)	FMA	K0	BK1	BK2	KCl	Média	Média (P)	
Fontes/doses de P	<b>P0</b>	M+	90,88	88,75	93,25	87,00	89,97	a
		M-	17,38	29,38	23,88	21,50	23,03	b
	<b>BP1</b>	M+	88,50	92,88	103,50	88,50	93,34	a
		M-	25,50	24,63	27,00	30,00	26,78	b
	<b>BP2</b>	M+	94,88	85,13	101,25	89,38	92,66	a
		M-	30,25	27,63	29,75	30,25	29,47	b
	<b>SFS</b>	M+	97,13	84,25	91,75	96,88	92,50	a
		M-	70,25	64,38	77,00	81,00	73,16	a
	Média	(M+)	92,84	87,75	97,44	90,44		
		(M-)	35,84	36,50	39,41	40,69		
Média (K)		64,34	62,13	68,42	65,56			

Onde: **P0** = Ausência de fonte de fósforo; **BP1** = Biofertilizante fosfatado na mesma dosagem recomendada de SFS; **BP2** = Biofertilizante fosfatado duas vezes a dose recomendada de SFS; **SFS** = Superfosfato Simples; **K0** = Ausência de fonte de potássio; **BK1** = Biofertilizante potássico duas vezes a dose recomendada de KCl; **BK2** = Biofertilizante potássico quatro vezes a dose recomendada de KCl; **KCl** = Cloreto de Potássio; M+ = presença de FMA; M- = ausência de FMA

\*Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Aos 120 dias, houve efeito significativo ( $p < 0,01$ ) para a interação entre FMA e diferentes fontes de fósforo (Tabela 1A), de modo que as plantas de Sabiá inoculadas com *Gigaspora margarita*, em casa de vegetação, obtiveram, em média, crescimento 145% superior ao das não-inoculadas (Tabela 6).

Neste estudo, portanto, ficou evidenciado o efeito positivo do FMA sobre o crescimento em altura de mudas de sabiá a partir dos 60 dias de cultivo em casa de vegetação. Quanto ao tratamento sem adição de P (Figura 2), foi observada resposta positiva significativa de mudas de sabiá inoculadas com *Gigaspora margarita*, no crescimento em altura. Respostas semelhantes foram encontradas por Burity et al. (2000), que avaliando a efetividade da dupla inoculação em Sabiá, com fungos micorrízicos arbusculares e rizóbio, relataram que a deficiência em P no solo, promoveu benefícios na relação entre FMA e planta. Também, comparando o efeito de FMA com diferentes doses de fósforo, Chaves e Borges (2005), encontraram benefícios no crescimento em altura de mudas de *Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. Allem., quando inoculadas com *Gigaspora margarita*.

Ao contrário do que ocorreu aos 60 dias, constatou-se que a partir dos 90 dias, em casa de vegetação, as plantas não sentiram o efeito do potássio (K) no crescimento em altura de mudas de Sabiá, ou a quantidade de K ( $0,88 \text{ cmol.kg}^{-1}$ ) no solo de cultivo supria as exigências da cultura. Pinheiro (2009), avaliando a utilização de rocha potássica como fonte de potássio

no crescimento inicial em duas leguminosas (*Mimosa bimucronata* (DC) Kuntze e *Parkia pendula* (Willd.) Walp.), justifica que mudas de arbóreas requerem baixa quantidade de K.

**Tabela 6.** Altura de mudas de Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.) cultivadas por 120 dias, em casa de vegetação, na ausência e presença do fungo *Gigaspora margarita* Becker & Hall., em diferentes fontes e doses de fósforo (P) e potássio (K)

120 dias		Fontes/doses de K						
Altura (cm)	FMA	K0	BK1	BK2	KCl	Média	Média (P)	
Fontes/doses de P	<b>P0</b>	M+	105,00	103,00	106,25	103,25	104,38	a
		M-	18,13	46,88	25,88	22,75	28,41	b
	<b>BP1</b>	M+	102,88	107,25	117,50	102,00	107,41	a
		M-	27,75	27,88	27,50	34,13	29,31	b
	<b>BP2</b>	M+	104,88	102,75	113,63	105,50	106,69	a
		M-	32,25	30,50	32,00	32,25	31,75	b
	<b>SFS</b>	M+	110,75	99,38	104,13	112,50	106,69	a
		M-	78,25	74,75	92,25	90,75	84,00	a
	Média	Média (M+)	105,88	103,09	110,38	105,81		
		Média (M-)	39,09	45,00	44,41	44,97		
Média (K)		72,48	74,05	77,39	75,39			

Onde: **P0** = Ausência de fonte de fósforo; **BP1** = Biofertilizante fosfatado na mesma dosagem recomendada de SFS; **BP2** = Biofertilizante fosfatado duas vezes a dose recomendada de SFS; **SFS** = Superfosfato Simples; **K0** = Ausência de fonte de potássico; **BK1** = Biofertilizante potássico duas vezes a dose recomendada de KCl; **BK2** = Biofertilizante potássico quatro vezes a dose recomendada de KCl; **KCl** = Cloreto de Potássio; M+ = presença de FMA; M- = ausência de FMA

\*Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

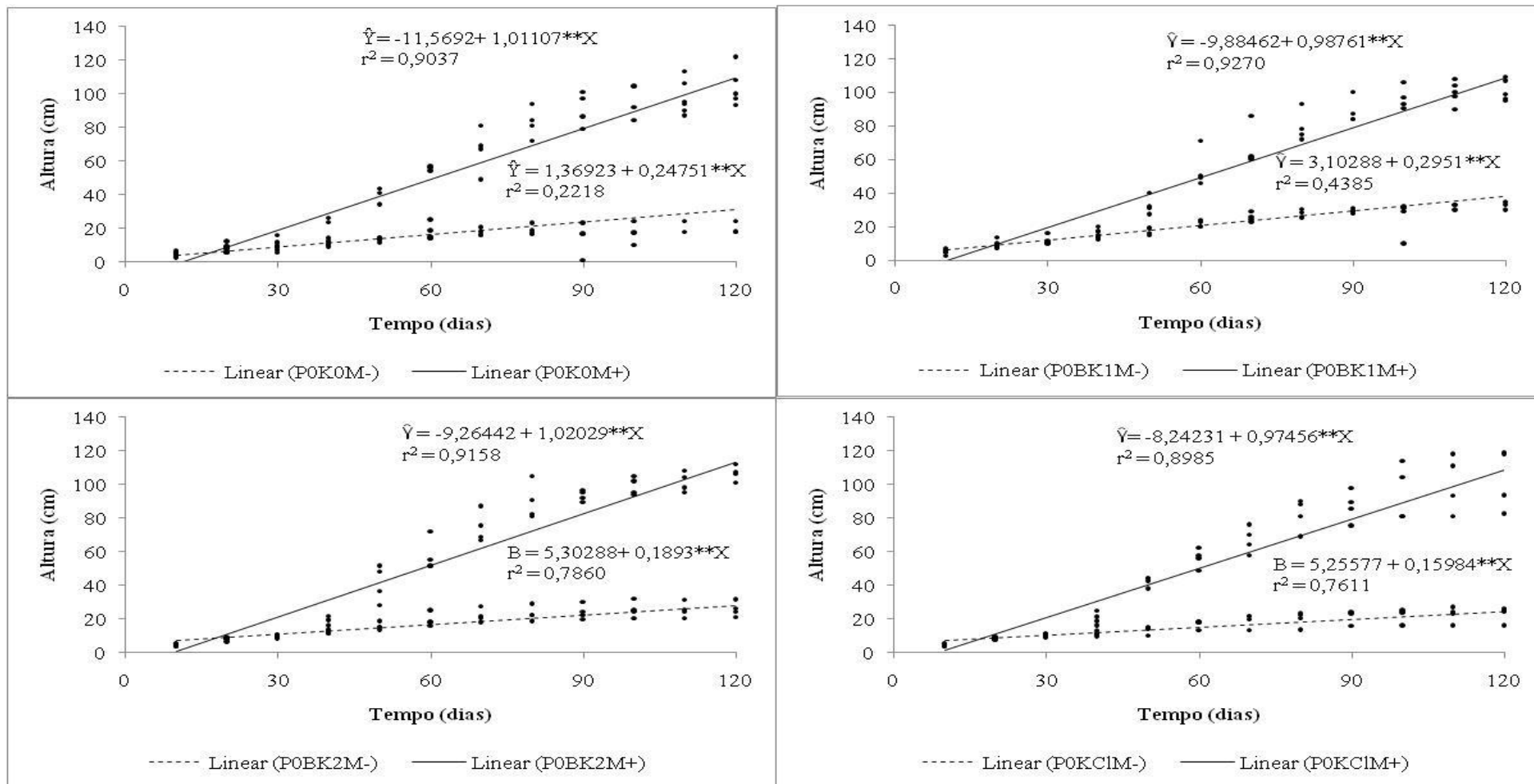
Em adição, Schiavo et al. (2010) afirmam que os FMA proporcionaram crescimento das mudas da leguminosa acácia, em casa de vegetação. Assim como, Pouyú-Rojas e Siqueira (2000), também trabalhando com as espécies arbóreas açoita-cavalo, cássia-verrugosa, corvêla, embaúba, fedegoso, sesbânia e tamboril, verificaram benefícios da inoculação com FMA nos crescimentos das plantas após transplante em solo degradado. Assim, a inoculação com FMA assegura maior resistência das mudas a diferentes estresses abióticos ao serem transferidas para campo (OLIVEIRA et al., 2010; FRANCO et al., 1995).

Resposta positiva ao biofertilizante de rochas, foram encontrados por Stamford et al. (2007), ao constatarem que os microrganismos solubilizadores podem proporcionar a dissolução dos fosfatos insolúveis. Além disso, o biofertilizante é uma alternativa para substituição de fertilizantes minerais solúveis (STAMFORD et al, 2003).

Quando se comparam os diferentes tratamentos micorrízicos, potássicos e fosfatados, em função do tempo, no presente estudo, verificou-se que, em termos de crescimento em altura, quando não se adicionou P ao substrato de cultivo das mudas de sabiá (Figuras 2), ou

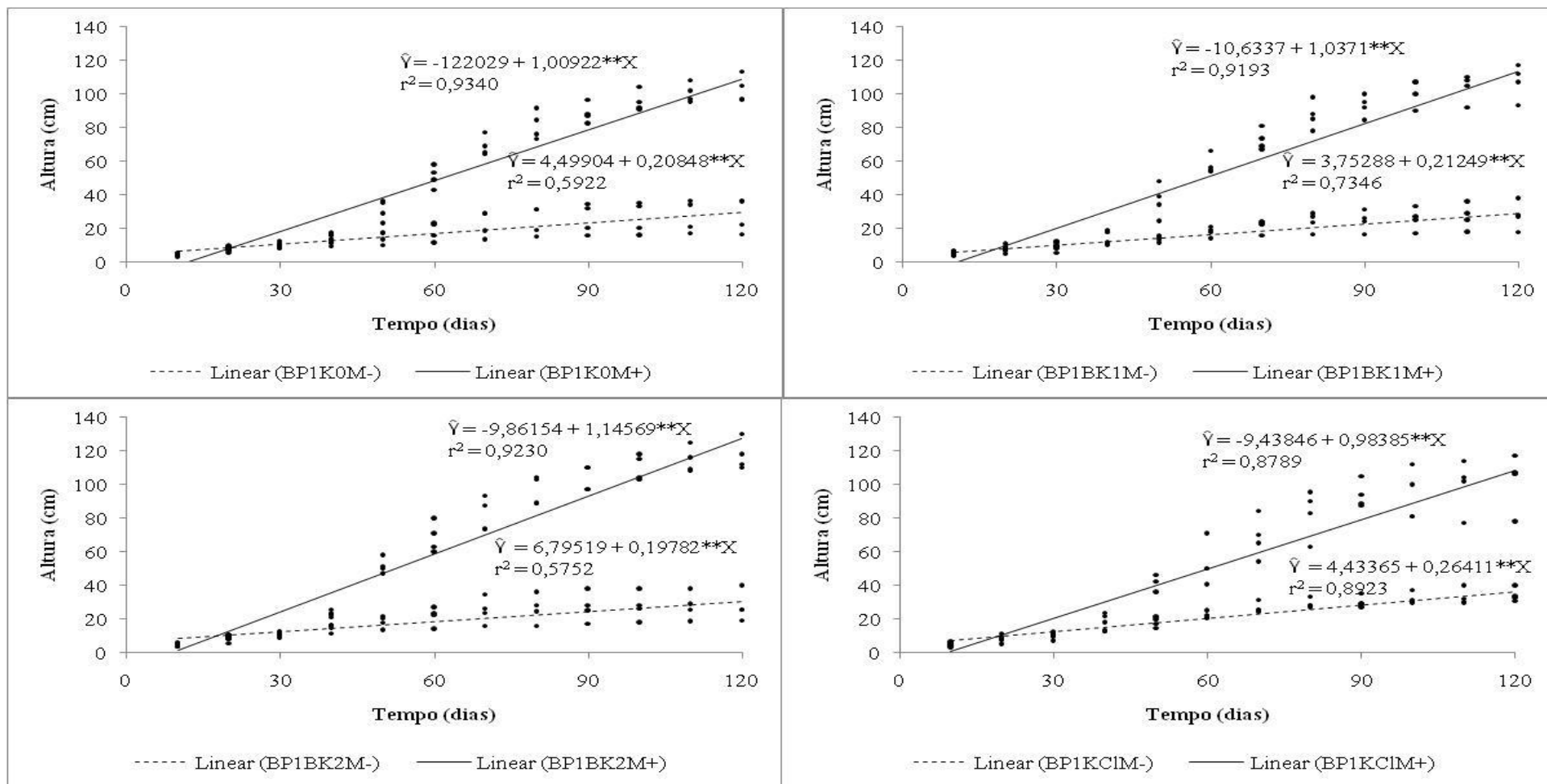
quando se adicionou biofertilizante na mesma dose recomendada para o SFS (BP1) (Figura 3), ou, ainda no dobro da dose recomendada (BP2) (Figura 4), constatou-se efeito significativo dos tratamentos micorrízicos, independente da fonte ou dose de K utilizada, crescente ao longo do tempo, apresentando efeito linear, sem ter atingido, ainda, um ponto de máximo, possivelmente devido ao volume de substrato no recipiente ser ainda suficiente para fornecimento desses nutrientes. Porém, quando se forneceu o P como fonte solúvel (SFS), constatou-se semelhança entre os tratamentos micorrízicos (M+ e M-), linearmente crescente ao longo do tempo (Figura 5), sendo tal semelhança mais evidente quando se adiciona KCl na dose recomendada, ou biofertilizante potássico quatro vezes a dose recomendada de KCl.

As Figuras 2 a 4 mostram, com clareza, a importância que o FMA assume, frente à escassez de P disponível no solo, para o crescimento em altura das mudas de Sabiá, ao longo do tempo, expressa pela amplitude de abertura entre as curvas obtidas para os tratamentos micorrízicos (M+ e M-), mais acentuada quando não se adicionou P ao substrato de cultivo, ou quando esta adição foi efetuada via fonte não prontamente solúvel (biofertilizante), em contraposição às curvas obtidas quando da adição de uma fonte solúvel (superfosfato simples – SFS), com uma amplitude de resposta mínima, entre os tratamentos micorrízicos (Figura 5)

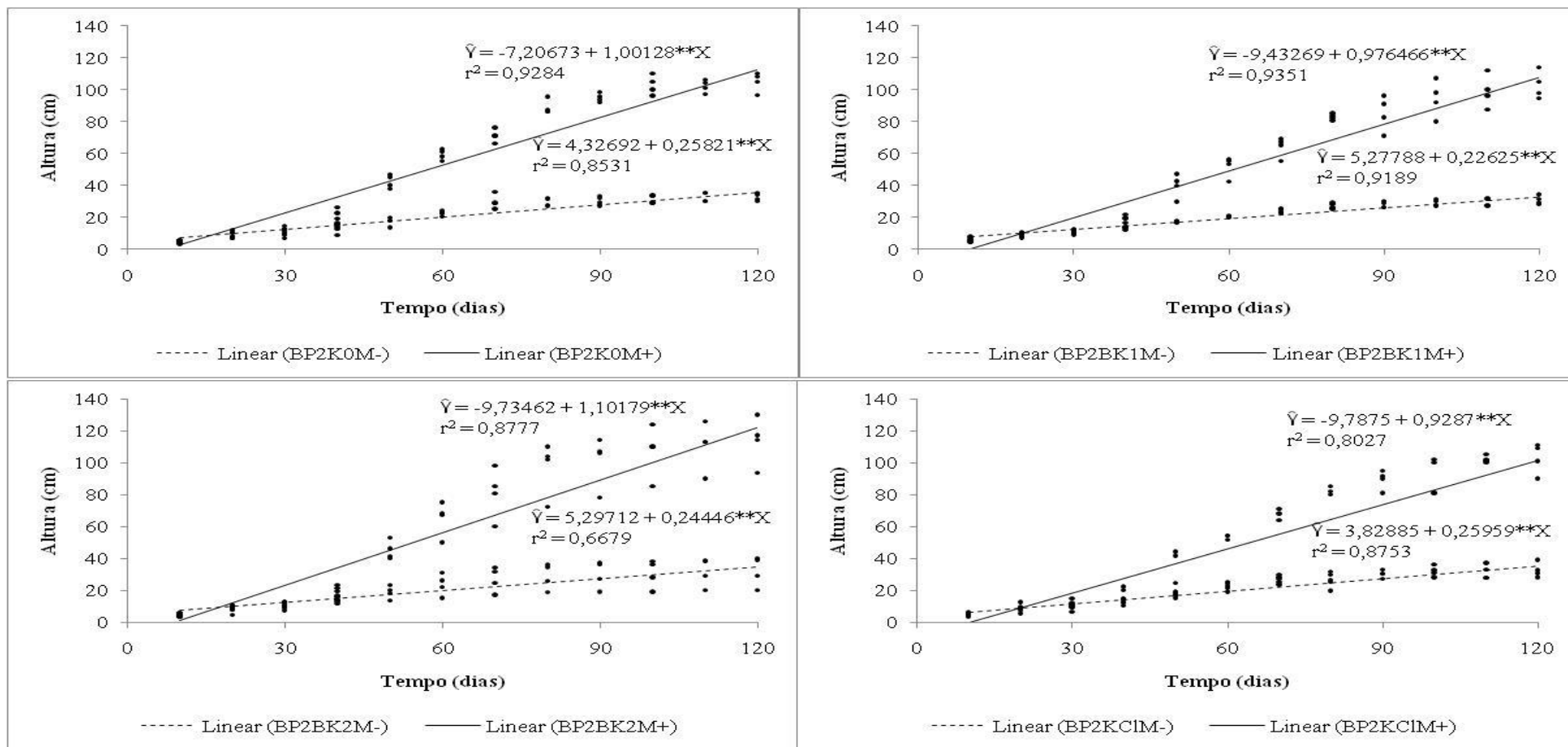


**Figura 2.** Crescimento em altura de mudas de Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.), em função do tempo, na ausência (M-) e presença (M+) do fungo micorrízico arbuscular (FMA) *Gigaspora margarita* Becker & Hall., na ausência de fósforo, e diferentes fontes e doses de potássio (K0 = Ausência de fonte de potássico; BK1 = Biofertilizante potássico duas vezes a dose recomendada de KCl; BK2 = Biofertilizante potássico quatro vezes a dose recomendada de KCl; KCl = Cloreto de Potássio).

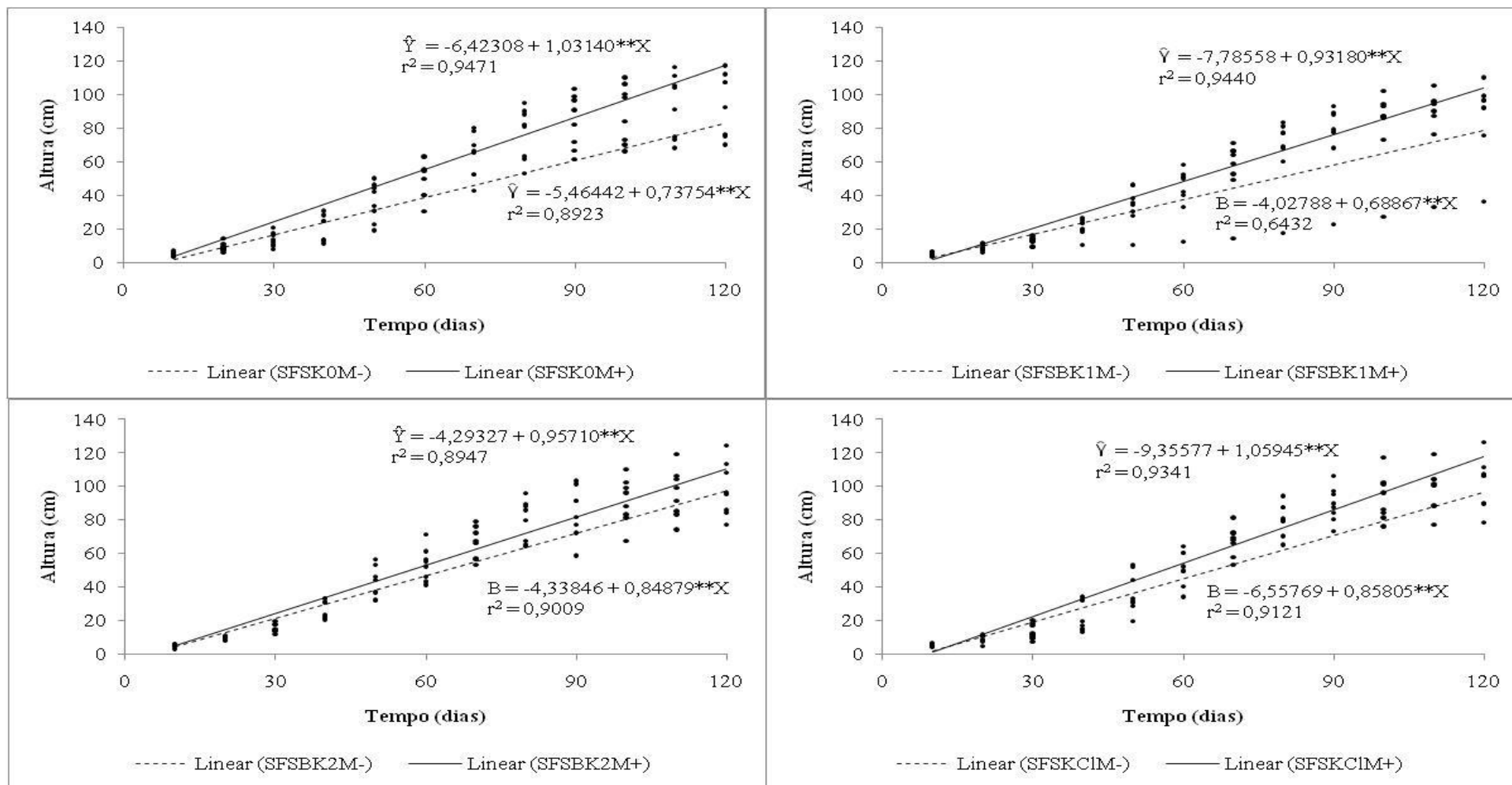




**Figura 3.** Crescimento em altura de mudas de Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.), em função do tempo, na ausência (M-) e presença (M+) do fungo micorrízico arbuscular (FMA) *Gigaspora margarita* Becker & Hall., na presença de biofertilizante fosfatado (BP1 = Biofertilizante fosfatado na mesma dosagem recomendada de SFS) e diferentes fontes e doses de potássio (K0 = Ausência de fonte de potássio; BK1 = Biofertilizante potássico duas vezes a dose recomendada de KCl; BK2 = Biofertilizante potássico quatro vezes a dose recomendada de KCl; KCl = Cloreto de Potássio).



**Figura 4.** Crescimento em altura de mudas de Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.), em função do tempo, na ausência (M-) e presença (M+) do fungo micorrízico arbuscular (FMA) *Gigaspora margarita* Becker & Hall., na presença de biofertilizante fosfatado (BP2 = Biofertilizante fosfatado duas vezes a dose recomendada de SFS) e diferentes fontes e doses de potássio (K0 = Ausência de fonte de potássio; BK1 = Biofertilizante potássico duas vezes a dose recomendada de KCl; BK2 = Biofertilizante potássico quatro vezes a dose recomendada de KCl; KCl = Cloreto de Potássio).



**Figura 5.** Crescimento em altura de mudas de Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.), em função do tempo, na ausência (M-) e presença (M+) do fungo micorrízico arbuscular (FMA) *Gigaspora margarita* Becker & Hall., na presença de superfosfato simples, e diferentes fontes e doses de potássio (K0 = Ausência de fonte de potássico; BK1 = Biofertilizante potássico duas vezes a dose recomendada de KCl; BK2 = Biofertilizante potássico quatro vezes a dose recomendada de KCl; KCl = Cloreto de Potássio).

Quanto ao diâmetro do coleto, a análise de variância realizada aos 30 dias (Tabela 1B) de cultivo, constatou efeito significativo apenas do fósforo ( $p < 0,05$ ), de modo que o SFS promoveu um crescimento em torno de 6% superior aos demais tratamentos, possivelmente devido a sua pronta disponibilidade. Entretanto, não se constataram efeitos isolados do K e do FMA, nem de interações, podendo-se inferir que o período de 30 dias foi insuficiente para o estabelecimento da simbiose (Tabela 7).

**Tabela 7.** Diâmetro de mudas de Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.) cultivadas por 30 dias, em casa de vegetação, na ausência e presença do fungo *Gigaspora margarita* Becker & Hall., em diferentes fontes e doses de fósforo (P) e potássio (K)

30 dias		Fontes/doses de K				Média	Média (P)	
Diâmetro (mm)	FMA	<b>K0</b>	<b>BK1</b>	<b>BK2</b>	<b>KCl</b>			
Fontes/doses de P	<b>P0</b>	M+	1,28	1,33	1,22	1,30	1,28	1,27 b
		M-	1,28	1,25	1,23	1,30	1,26	
	<b>BP1</b>	M+	1,35	1,25	1,25	1,20	1,26	1,27 b
		M-	1,32	1,25	1,27	1,25	1,27	
	<b>BP2</b>	M+	1,30	1,30	1,20	1,25	1,26	1,27 b
		M-	1,34	1,26	1,25	1,27	1,28	
	<b>SFS</b>	M+	1,43	1,38	1,35	1,40	1,39	1,35 a
		M-	1,30	1,20	1,38	1,40	1,32	
Média	(M+)	1,34	1,31	1,26	1,29			
	(M-)	1,31	1,24	1,28	1,31			
Média (K)			1,32	1,28	1,27	1,30		

Onde: **P0** = Ausência de fonte de fósforo; **BP1** = Biofertilizante fosfatado na mesma dosagem recomendada de SFS; **BP2** = Biofertilizante fosfatado duas vezes a dose recomendada de SFS; **SFS** = Superfosfato Simples; **K0** = Ausência de fonte de potássio; **BK1** = Biofertilizante potássico duas vezes a dose recomendada de KCl; **BK2** = Biofertilizante potássico quatro vezes a dose recomendada de KCl; **KCl** = Cloreto de Potássio; M+ = presença de FMA; M- = ausência de FMA

\*Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Por outro lado, nas demais épocas de avaliação (60, 90 e 120 dias) constatou-se efeito significativo dos tratamentos isolados FMA e P ( $p < 0,01$ ) e K ( $p < 0,05$ ), bem como da interação FMA x P ( $p < 0,01$ ), além da interação K x P ( $p < 0,05$ ) aos 120 dias (Tabela 1B).

Avaliando o experimento, aos 60 e 90 dias, conforme Tabelas 8 e 9, pode-se observar as médias de diâmetro do coleto das mudas de Sabiá, confirmando que os tratamentos com *Gigaspora margarita* em mudas de Sabiá promoveram em média, crescimento em diâmetro da ordem de 54% superior ao das não-inoculadas. Além disso, a adição de P, tendo como fonte o SFS, promoveu efeito semelhante entre plantas inoculadas e não-inoculadas.

**Tabela 8.** Diâmetro de mudas de Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.) cultivadas por 60 dias, em casa de vegetação, na ausência e presença do fungo *Gigaspora margarita* Becker & Hall., em diferentes fontes e doses de fósforo (P) e potássio (K)

60 dias		Fontes/doses de K								
Diâmetro	FMA	K0	BK1	BK2	KCl	Média	Média (P)			
Fontes/doses de P	<b>P0</b>	M+	2,78	3,06	3,16	3,19	3,04 a	2,36		
		M-	1,49	1,66	1,84	1,70	1,67 b			
	<b>BP1</b>	M+	2,88	2,65	3,42	3,02	2,99 a	2,40		
		M-	1,81	1,66	1,85	1,88	1,80 b			
	<b>BP2</b>	M+	3,04	3,25	2,97	2,76	3,00 a	2,44		
		M-	2,00	1,72	1,87	1,94	1,88 b			
	<b>SFS</b>	M+	3,66	3,44	3,62	3,36	3,52 a	3,16		
		M-	2,89	2,24	3,22	2,86	2,80 a			
	Média	(M+)	3,09	3,10	3,29	3,08				
		(M-)	2,05	1,82	2,19	2,10				
	Média (K)		2,57	AB	2,46	B	2,74	A	2,59	A

Onde: **P0** = Ausência de fonte de fósforo; **BP1** = Biofertilizante fosfatado na mesma dosagem recomendada de SFS; **BP2** = Biofertilizante fosfatado duas vezes a dose recomendada de SFS; **SFS** = Superfosfato Simples; **K0** = Ausência de fonte de potássio; **BK1** = Biofertilizante potássico duas vezes a dose recomendada de KCl; **BK2** = Biofertilizante potássico quatro vezes a dose recomendada de KCl; **KCl** = Cloreto de Potássio; M+ = presença de FMA; M- = ausência de FMA

\*Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

**Tabela 9.** Diâmetro de mudas de Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.) cultivadas por 90 dias, em casa de vegetação, na ausência e presença do fungo *Gigaspora margarita* Becker & Hall., em diferentes fontes e doses de fósforo (P) e potássio (K)

90 dias		Fontes/doses de K								
Diâmetro (mm)	FMA	K0	BK1	BK2	KCl	Média	Média (P)			
Fontes/doses de P	<b>P0</b>	M+	4,39	4,80	5,16	4,68	4,76 a	3,36		
		M-	1,62	1,99	2,29	1,98	1,97 b			
	<b>BP1</b>	M+	4,77	4,29	4,86	4,89	4,70 a	3,42		
		M-	2,18	2,03	2,06	2,28	2,14 b			
	<b>BP2</b>	M+	4,47	4,75	4,82	4,13	4,54 a	3,46		
		M-	2,42	2,12	2,35	2,63	2,38 b			
	<b>SFS</b>	M+	5,18	4,55	5,03	4,64	4,85 a	4,59		
		M-	4,47	3,42	4,86	4,59	4,33 a			
	Média	(M+)	4,70	4,60	4,97	4,58				
		(M-)	2,67	2,39	2,89	2,87				
	Média (K)		3,69	AB	3,49	B	3,93	A	3,73	AB

Onde: **P0** = Ausência de fonte de fósforo; **BP1** = Biofertilizante fosfatado na mesma dosagem recomendada de SFS; **BP2** = Biofertilizante fosfatado duas vezes a dose recomendada de SFS; **SFS** = Superfosfato Simples; **K0** = Ausência de fonte de potássio; **BK1** = Biofertilizante potássico duas vezes a dose recomendada de KCl; **BK2** = Biofertilizante potássico quatro vezes a dose recomendada de KCl; **KCl** = Cloreto de Potássio; M+ = presença de FMA; M- = ausência de FMA

\*Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Quanto ao potássio, constatou-se, ainda, que os tratamentos com a fonte solúvel (KCl), na dose recomendada, e biofertilizante quatro vezes a dose recomendada de KCl (BK2) foram os melhores tratamentos, de modo que se pode inferir que a importância do K para o crescimento em diâmetro de mudas de sabiá é maior que para o crescimento em altura.

Aos 120 dias após inoculação com FMA, constatou-se que, foi a fonte solúvel de P (SFS) que contribuiu para um aumento significativo de crescimento inicial em diâmetro do colo de mudas de sabiá, semelhante ao efeito do FMA, como pode ser observado na Tabela 10. Nesta circunstância, a presença do FMA *Gigaspora margarita* em mudas de Sabiá, promoveu diâmetro inicial de 6,07 mm, enquanto as plantas não-inoculadas obtiveram diâmetros inferiores a 3,16 mm, de modo que a simbiose micorrízica proporcionou um incremento da ordem de 92% no crescimento em diâmetro das mudas inoculadas.

**Tabela 10.** Diâmetro de mudas de Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.) cultivadas por 120 dias, em casa de vegetação, na ausência e presença do fungo *Gigaspora margarita* Becker & Hall., em diferentes fontes e doses de fósforo (P) e potássio (K)

120 dias		Fontes/doses de K													
Diâmetro (mm)		K0	BK1	BK2	KCl	FMA	Média	Média (P)							
Fontes/doses de P	P0		7,66	8,07	8,45	8,78	M+	6,06	a	$\alpha$	4,12				
							M-	2,18	b	$\beta$					
	BP1		8,59	7,93	8,65	8,81	M+	6,14	a	$\alpha$	4,25				
							M-	2,36	b	$\beta$					
	BP2		8,75	8,66	9,06	7,64	M+	5,93	a	$\alpha$	4,26				
							M-	2,60	b	$\beta$					
	SFS		6,26	A	5,86	A	6,29	A	6,24	A	M+	6,16	a	$\alpha$	5,84
			5,61	AB	4,35	B	6,30	A	5,78	A	M-	5,51	a	$\alpha$	
Média	Média (M+)	6,13		5,94		6,27		5,95							
	Média (M-)	3,09		2,78		3,41		3,36							
Média (K)		4,61		4,36		4,84		4,66							

Onde: **P0** = Ausência de fonte de fósforo; **BP1** = Biofertilizante fosfatado na mesma dosagem recomendada de SFS; **BP2** = Biofertilizante fosfatado duas vezes a dose recomendada de SFS; **SFS** = Superfosfato Simples; **K0** = Ausência de fonte de potássio; **BK1** = Biofertilizante potássico duas vezes a dose recomendada de KCl; **BK2** = Biofertilizante potássico quatro vezes a dose recomendada de KCl; **KCl** = Cloreto de Potássio; M+ = presença de FMA; M- = ausência de FMA

\* Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem para as fontes de P, mesma letra maiúscula na linha não diferem as fontes de K, mesma letra grega não diferem para inoculação ( $\alpha > \beta$ ), pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Fazendo-se uma análise dos diferentes tratamentos, constata-se que o fungo *Gigaspora margarita* promoveu melhor crescimento da mudas hospedeiras, de modo que seu uso pode promover maior economia no uso de fertilizantes, tanto fosfatado quanto potássico.

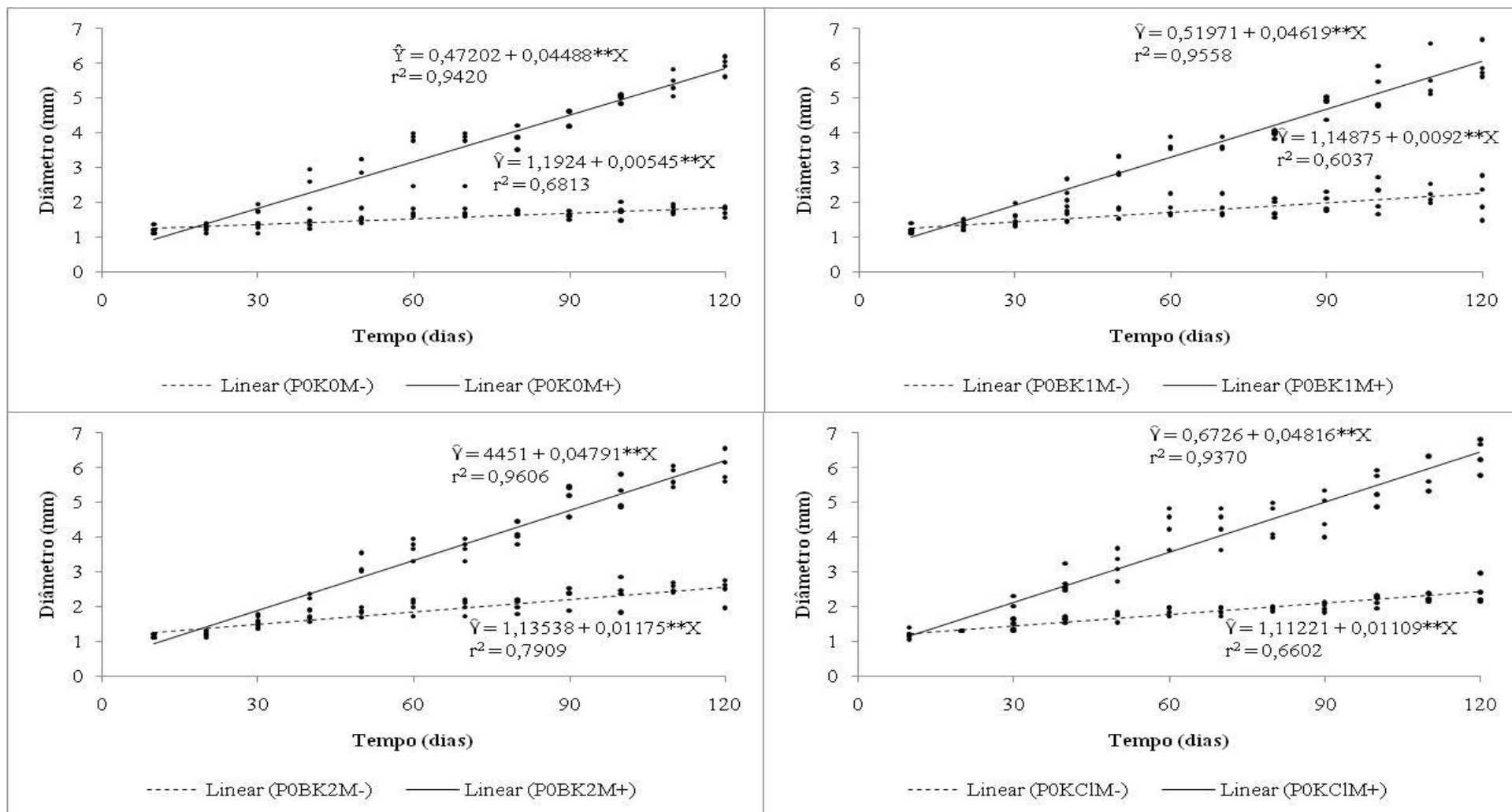
Caldeira et al. (1997 e 1999), avaliando o crescimento das leguminosas *Dimorphandra macrostachya*, *Sclerolobium paniculatum* e *Peltogyne venos*, inoculadas ou não com

*Gigaspora margarita*, não encontraram diferença estatística para a variável diâmetro. Fato contrário foi observado para a Sabiá inoculada com FMA, no presente estudo, cuja resposta foi semelhante ao estudo de Mendes (2010), que avaliando o crescimento da Sabiá em resposta à inoculação com rizóbio e fungos micorrízicos arbusculares, também relata que a inoculação com o *Gigaspora margarita* promoveu aumento significativo do diâmetro das mudas.

Fundamentado nos dados de diâmetro do coleto, as curvas de crescimento inicial (Figuras 6, 7, 8 e 9) mostraram resposta linear em função do tempo. Aos 120 dias, todas as plantas inoculadas apresentavam diâmetros significativamente superiores aos de todos os tratamentos que não receberam inoculação de FMA, independentemente da fonte e/ou dose de potássio adicionado ao substrato de cultivo, bem como para o fósforo, com excessão do P solúvel (SFS) que, assim como para o crescimento em altura, proporcionou crescimento em diâmetro semelhante entre mudas com e sem *Gigaspora margarita*, independente da fonte/dose de K, sendo mais evidente quando se utilizou o biofertilizante potássico quatro vezes a dose recomendada de KCl.

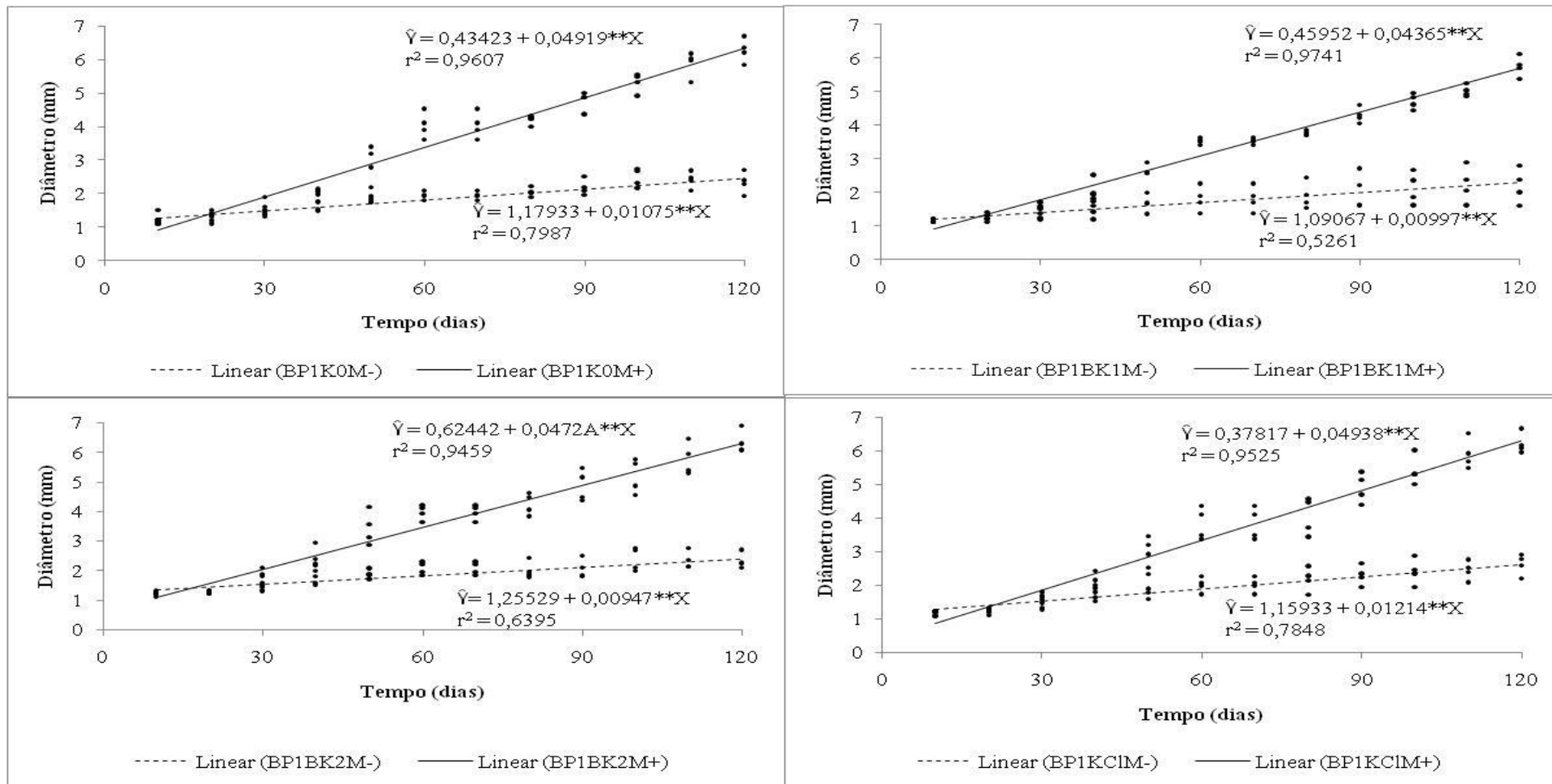
Comportamento semelhante, ao das curvas de crescimento em altura, foi obtido para o crescimento do diâmetro de mudas de Sabiá ao longo do tempo, constatando-se que a abertura da amplitude entre as curvas para os tratamentos micorrízicos (M+ e M-) cresça ao longo do tempo, quando não se adicionou P (Figura 6), ou quando o P não prontamente disponível (biofertilizante) foi adicionado ao substrato de cultivo (Figuras 7 e 8). Amplitude esta, que é bastante reduzida ou quase inexistente, com a adição de uma fonte solúvel de P (SFS) (Figura 9).

Evidencia-se, portanto, a dependência da Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia*) à condição micorrízica, para crescimento inicial em altura e diâmetro, em solos pobres em P, mesmo com a adição de biofertilizante, tendo em vista que é uma fonte não prontamente disponível de P, cujo efeito, talvez, possa ser evidenciado em um tempo maior de cultivo, em campo.

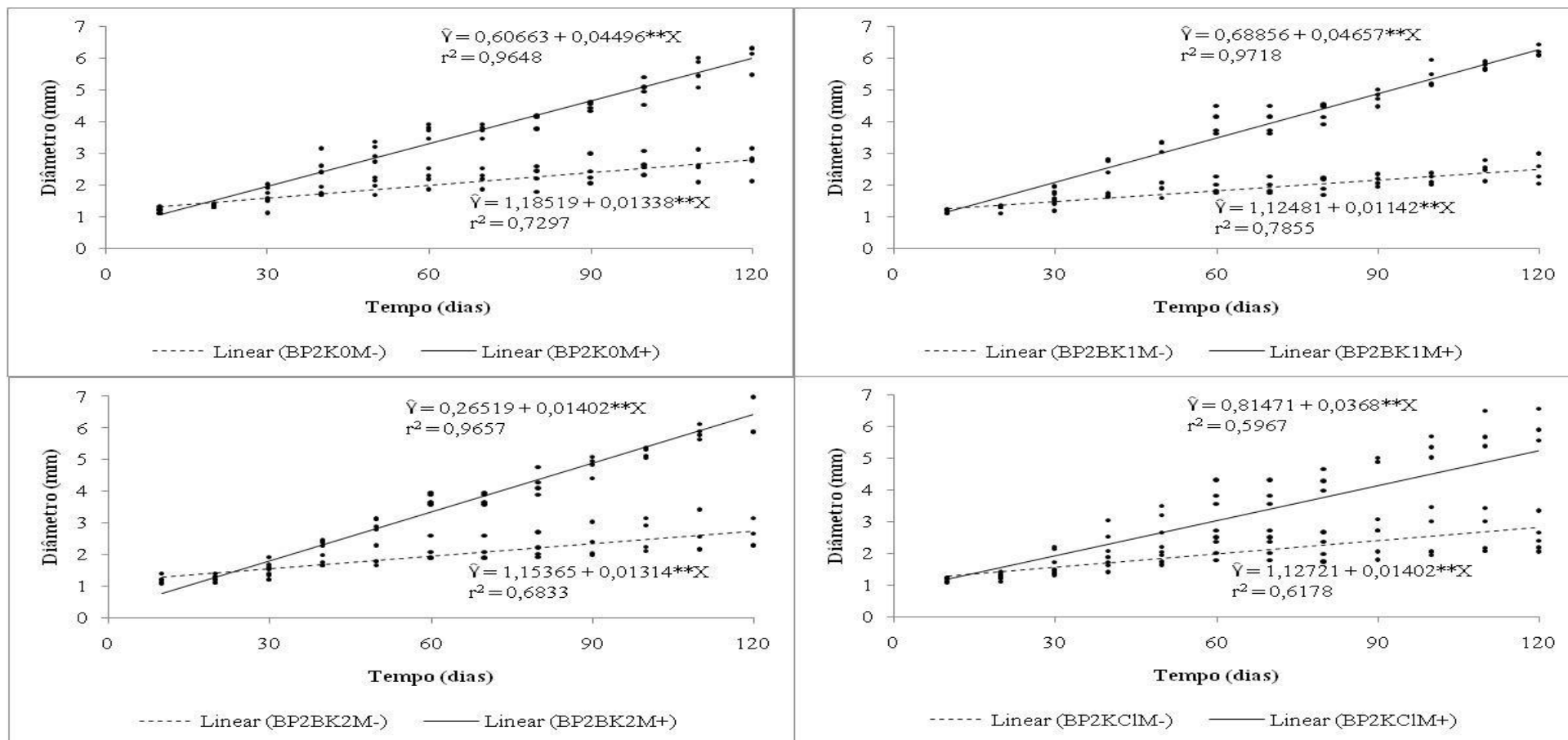


**Figura 3.** Crescimento em diâmetro de mudas de Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.), em função do tempo, na ausência (M-) e presença (M+) do fungo micorrízico arbuscular (FMA) *Gigaspora margarita* Becker & Hall., na ausência de fósforo, e diferentes fontes e doses de potássio (K0 = Ausência de fonte de potássico; BK1 = Biofertilizante potássico duas vezes a dose recomendada de KCl; BK2 = Biofertilizante potássico quatro vezes a dose recomendada de KCl; KCl = Cloreto de Potássio).

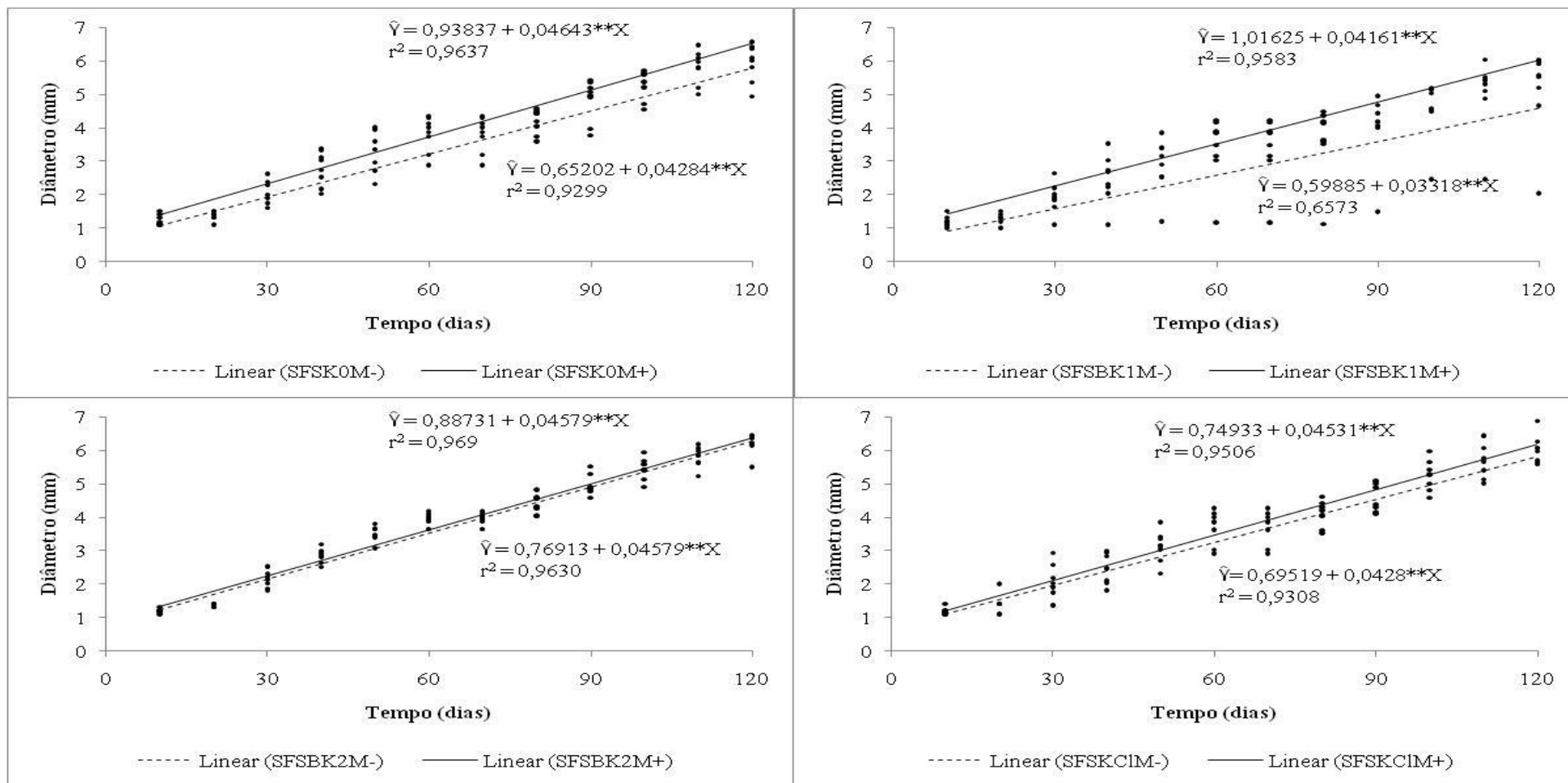




**Figura 7.** Crescimento em diâmetro de mudas de Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.), em função do tempo, na ausência (M-) e presença (M+) do fungo micorrízico arbuscular (FMA) *Gigaspora margarita* Becker & Hall., na presença de biofertilizante fosfatado (BP1 = Biofertilizante fosfatado na mesma dosagem recomendada de SFS) e diferentes fontes e doses de potássio (K0 = Ausência de fonte de potássico; BK1 = Biofertilizante potássico duas vezes a dose recomendada de KCl; BK2 = Biofertilizante potássico quatro vezes a dose recomendada de KCl; KCl = Cloreto de Potássio).



**Figura 8.** Crescimento em diâmetro de mudas de Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.), em função do tempo, na ausência (M-) e presença (M+) do fungo micorrízico arbuscular (FMA) *Gigaspora margarita* Becker & Hall., na presença de biofertilizante fosfatado (BP2 = Biofertilizante fosfatado duas vezes a dose recomendada de SFS) e diferentes fontes e doses de potássio (K0 = Ausência de fonte de potássio; BK1 = Biofertilizante potássico duas vezes a dose recomendada de KCl; BK2 = Biofertilizante potássico quatro vezes a dose recomendada de KCl; KCl = Cloreto de Potássio).



**Figura 9.** Crescimento em diâmetro de mudas de Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.), em função do tempo, na ausência (M-) e presença (M+) do fungo micorrízico arbuscular (FMA) *Gigaspora margarita* Becker & Hall., na presença de superfosfato simples, e diferentes fontes e doses de potássio (K0 = Ausência de fonte de potássio; BK1 = Biofertilizante potássico duas vezes a dose recomendada de KCl; BK2 = Biofertilizante potássico quatro vezes a dose recomendada de KCl; KCl = Cloreto de Potássio).

Neste contexto, Moraes et al. (2010), avaliando o efeito de seis espécies de inóculos de FMA no crescimento de mudas de seringueira (*Hevea brasiliensis*), com três e seis meses de transplântio, observaram que não houve aumento no incremento em altura, diâmetro e emissão de folhas, independente do inóculo utilizado, o que discorda dos resultados obtidos no presente estudo, onde com dois meses, todas as mudas de sabiá inoculadas com *Gigaspora margarita*, apresentaram valores de altura e diâmetro significativamente superiores aos das não-inoculadas.

Lacerda et al. (2011), avaliando seis representantes de espécies arbóreas nativas do Bioma Cerrado, observaram que a inoculação de *Glomus clarum* promoveu aumento no diâmetro do caule, a partir dos 60 dias, para o baru (*Dipterix alata*), corroborando com os resultados obtidos neste trabalho, onde a inoculação com o FMA *Gigaspora margarita*, também contribuiu significativamente para aumento do diâmetro das mudas de Sabiá a partir dos 60 dias da inoculação.

Pralon e Marins (2001), avaliando o crescimento de mudas de *Mimosa caesalpiniaefolia*, inoculadas ou não com FMA e, ou, rizóbio, observaram que a dupla inoculação, FMAs nativos + rizóbio, foi o tratamento que promoveu o melhor crescimento da Sabiá. Porém, neste trabalho, verificou-se que a aplicação apenas do isolado *Gigaspora margarita*, sem o rizóbio, promoveu efeito significativo sobre o crescimento, em mudas de Sabiá, cultivadas em casa de vegetação.

Lins et al. (2007) avaliaram o efeito de FMA no crescimento de mudas de leucena (*Leucaena leucocephala*) em solos de caatinga que sofreram impacto por mineração, e mencionaram que a resposta de crescimento varia de acordo com os genótipos da planta e do FMA, bem como das condições nutricionais do substrato utilizado. Neste trabalho, constatou-se que o FMA *Gigaspora margarita*, influencia, positivamente, a resposta de crescimento das mudas de sabiá, notando que é um simbiote que pode ser recomendado na produção de mudas dessa espécie, principalmente para substratos pobres em P.

### 4.3. Matéria Seca

#### 4.3.1. Folhas, Caule e Raiz

A análise de variância realizada para os dados de peso da matéria seca de plantas de Sabiá, obtidos aos 120 dias, detectou efeito isolado da inoculação ( $p < 0,01$ ) e das fontes e P ( $p < 0,01$ ), bem como da interação FMA x P ( $p < 0,01$ ) (Tabelas 1C), para folhas, caule e raiz enquanto foi observado efeito isolado das fontes/doses de K ( $p < 0,05$ ), apenas para matéria seca do sistema radicular.

Pode-se observar, na Tabela 11, que, para produção de biomassa de mudas da sabiá que, quando não se adicionou fósforo ao substrato, a inoculação com o FMA *Gigaspora margarita* proporcionou um incremento de 53 vezes na produção de folhas e caule, de 12 vezes na produção de raízes e de 35 vezes na biomassa total das plantas; quando se adicionou o biofertilizante fosfatado, na mesma dose recomendada para o SFS, os benefícios proporcionados pela presença do FMA, foram da ordem de 32, 29, 11 e 23 vezes, respectivamente, na produção de folhas, caule, raízes e biomassa total; com a adição do biofertilizante fosfatado, no dobro da dose recomendada para o SFS, as mudas de sabiá micorrizadas produziram 22, 21, 5 e 15 vezes mais biomassa de folhas, caule, raízes e total, respectivamente. Constatou-se, ainda, que quando se adicionou a fonte solúvel de fósforo (SFS), os benefícios da inoculação do FMA foram bastante reduzidos, promovendo um incremento de apenas 50%, 56% e 35%, na produção de folhas, caule e total, respectivamente, além de uma redução em torno de 19% na produção de raízes.

Tais constatações confirmam a hipótese de que à medida que aumenta a disponibilidade de fósforo no solo, há uma redução dos benefícios proporcionados pela simbiose micorrízica, de modo que seus efeitos podem ser significativamente maiores em solos deficientes daquele nutriente.

Na Tabela 11, pode-se verificar que o biofertilizante fosfatado, na mesma dosagem recomendada de SFS, na presença de *Gigaspora margarita*, foi o tratamento que proporcionou maior média de matéria seca total (18,210 g). Constatou-se, ainda, que na ausência de FMA, o SFS foi à fonte de P que contribuiu para o aumento significativo na produção de matéria seca, assim como ocorreu para as variáveis de crescimento. Fica fundamentado, portanto, o efeito positivo do FMA sobre o ganho de produção de matéria seca de mudas de Sabiá, inoculadas com *Gigaspora margarita*.

**Tabela 11.** Matéria seca de folhas (MsF), matéria seca do caule (MsC), matéria seca de raízes (MsR) e matéria seca total de plantas (MsT) de mudas de Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.) cultivadas em casa de vegetação, na ausência (M-) e presença (M+) do fungo *Gigaspora margarita* Becker & Hall., em diferentes fontes e doses de fósforo (P), aos 120 dias após a inoculação

	Fósforo		P0		BP1		BP2		SFS		
	Potássio		M-	M+	M-	M+	M-	M+	M-	M+	
MSF (g)	K0		0,059	5,954	0,177	6,541	0,264	6,082	4,130	6,895	
	BK1		0,153	6,209	0,208	5,765	0,241	6,721	3,234	5,742	
	BK2		0,156	5,732	0,177	6,673	0,227	6,112	4,403	5,975	
	KCl		0,079	6,218	0,231	6,212	0,284	4,970	4,650	6,129	
	Média		0,112	B $\beta$ 6,028	A $\alpha$	0,198	B $\beta$ 6,298	A $\alpha$	0,254	B $\beta$ 5,971	A $\alpha$ 4,104
MSC (g)	K0		0,112	7,745	0,291	8,662	0,394	8,694	5,612	9,832	
	BK1		0,128	8,766	0,268	7,943	0,290	8,379	4,350	7,734	
	BK2		0,247	8,694	0,255	9,902	0,409	9,272	6,625	9,504	
	KCl		0,158	9,713	0,352	9,041	0,423	6,660	6,603	9,012	
	Média		0,161	B $\beta$ 8,729	A $\alpha$	0,291	B $\beta$ 8,887	A $\alpha$	0,379	B $\beta$ 8,251	A $\alpha$ 5,797
MSR (g)	K0		0,172	3,108	0,215	3,143	0,462	2,893	3,485	2,920	
	BK1		0,203	1,969	0,313	2,774	0,308	2,871	2,913	2,405	
	BK2		0,256	2,845	0,229	2,888	0,538	3,205	3,495	3,210	
	KCl		0,240	3,476	0,275	3,297	0,395	1,985	3,562	2,378	
	Média		0,218	B $\beta$ 2,849	A $\alpha$	0,258	B $\beta$ 3,025	A $\alpha$	0,426	B $\beta$ 2,738	A $\alpha$ 3,364
MST (g)	K0		0,343	16,806	0,683	18,346	1,120	17,668	13,227	19,647	
	BK1		0,483	16,944	0,788	16,481	0,838	17,971	10,497	15,881	
	BK2		0,659	17,271	0,661	19,462	1,173	18,588	14,523	18,689	
	KCl		0,477	19,407	0,858	18,550	1,102	13,615	14,815	17,519	
	Média		0,490	B $\beta$ 17,607	A $\alpha$	0,747	B $\beta$ 18,210	A $\alpha$	1,058	B $\beta$ 16,960	A $\alpha$ 13,265

Onde: **P0** = Ausência de fonte de fósforo; **BP1** = Biofertilizante fosfatado na mesma dosagem recomendada de SFS; **BP2** = Biofertilizante fosfatado duas vezes a dose recomendada de SFS; **SFS** = Superfosfato Simples; **K0** = Ausência de fonte de potássico; **BK1** = Biofertilizante potássico duas vezes a dose recomendada de KCl; **BK2** = Biofertilizante potássico quatro vezes a dose recomendada de KCl; **KCl** = Cloreto de Potássio; M+ = presença de FMA; M- = ausência de FMA.

\*Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha não diferem as fontes de P, mesma letra grega não diferem para inoculação ( $\alpha > \beta$ ), pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Lacerda et al. (2011), estudando o benefício da inoculação do FMA *Glomus clarum* sobre o crescimento inicial das arbóreas gabioba (*Campomanesia cambessedeanana*), baru (*Dipterix alata*), jatobá (*Hymenaea courbaril*), ingá (*Inga laurina*), caroba (*Jacaranda cuspidifolia*) e chichá (*Sterculia striata*), observaram que a inoculação proporcionou aumento da matéria seca, tanto da parte aérea (MSPA) quanto de raízes (MSR), em um solo não esterilizado, com baixo e alto teores de P. Além disso, no estudo com a caroba (*Jacaranda cuspidifolia*), foi observado interação significativa entre a inoculação com FMA e a aplicação de P ao solo, corroborando com os resultados encontrados para as mudas de Sabiá neste estudo.

Os resultados de análise de variância dos dados de alocação de biomassa (caule, folha e raiz), aos 120 dias, detectaram um efeito significativo ( $p < 0,05$ ) para a interação FMA x P, encontra-se na Tabela 1C.

Pode-se verificar, na Tabela 12, que a alocação de biomassa, na ausência de adição de P (**P0**), na adição de biofertilizante fosfatado na mesma dosagem recomendada de SFS (**BP1**), Biofertilizante fosfatado duas vezes a dose recomendada de SFS (**BP2**) e na adição de Superfosfato Simples (**SFS**), foi respectivamente de, 61,39%, 39,05%, 48,39% e 8,98% para as folhas; de 48,48 %, 25,39%, 33,48% e 18,10 % para o caule, superiores nas mudas de sabiá inoculadas com o FMA, *Gigaspora margarita*. Entretanto, para alocação de biomassa para as raízes, as percentagens foram inferiores nas mudas inoculadas com *Gigaspora margarita* (-64%, -56% e -41%). Resultado este, que se refletiu quando se avaliou a relação raiz/parte aérea, alcançando valores da ordem de -79%, -68%, -51% e -49%, respectivamente, para P0, BP1, BP2 e SFS, evidenciando, portanto, os benefícios de *Gigaspora margarita*, na produção de biomassa da parte aérea (folha + caule) de mudas de sabiá.

A aplicação de biofertilizante fosfatado na mesma dosagem recomendada de SFS e Biofertilizante fosfatado duas vezes a dose recomendada de SFS é significativo, na presença do fungo micorrízico arbuscular, independente da fonte de potássio. Ainda em relação a aplicação de Biofertilizante fosfatado e Biofertilizante potássico, com diferentes níveis na ausência de micorrização, a matéria seca e alocação para as folhas e caule, não foi significativo, quando comparado com as mudas testemunhas da sabiá, cultivadas em casa de vegetação, por 120 dias.

#### **4.3.2. Relação Raiz / Parte aérea**

Os resultados da análise de variância dos dados de relação raiz:parte aérea (Tabela 1C), aos 120 dias, detectaram um efeito significativo ( $p < 0,01$ ), tanto para os fatores isolados

FMA e P, quanto para a interação FMA x P. Os dados de média com os resultados do teste Tukey estão apresentados na Tabela 12, onde se pode observar que os menores valores para a proporção raiz:parte aérea, encontram-se nos tratamentos onde houve inoculação do FMA *Gigaspora margarita*, podendo-se inferir que as plantas colonizadas, além de maior capacidade, de absorver nutrientes, também são mais eficientes na produção de biomassa na parte aérea pelo menos na fase inicial de crescimento.

Alguns autores (BARNETT et al., 1984; BRISSETTE, 1984; SCHMIDT-VOGT, 1966; LIMSTROM, 1963; GURTH, 1976; RÄSÄNEN, 1972), citados por Carneiro (1995), atribuíram como critério eficiente para determinação da qualidade de mudas florestais, a relação Raiz / Parte aérea, porém com proporções variáveis. Isto é, de acordo com Räsänen, 1972) a relação adequada deveria estar entre 1/3 e 1/5; de acordo com Barnett et al. (1984), esta relação deveria estar entre 0,4 e 0,6; e, Brissette (1984) sinalizou em um encontro de pesquisadores, que tão proporção deva ser de 0,5.

Note-se no presente estudo (Tabela 12) que as proporções obtidas são bastantes variáveis, principalmente quando se comparam as mudas com e sem micorriza, dentro dos diferentes tratamentos com fertilizantes, de modo que, quando não se adicionou P, a relação R / Pa variou de 0,67 a 1,08 para as plantas não-inoculadas, e de 0,127 a 0,229 para plantas micorrizadas; quando se adicionou biofertilizante (BP1 = Biofertilizante fosfatado na mesma dosagem recomendada de SFS), a relação R / Pa variou de 0,44 a 0,82, na ausência de micorriza, e de 0,175 a 0,224 na presença do FMA; na adição de biofertilizante (BP2 = Biofertilizante fosfatado duas vezes a dose recomendada de SFS), a relação R / Pa de plantas não-micorrizadas variou de 0,61 a 0,97, enquanto que para plantas micorrizadas, tal relação ficou na faixa de 0,191 a 0,339; e, quando se adicionou uma fonte solúvel de P ao substrato, a relação R / Pa de plantas não micorrizadas variou de 0,325 a 0,383, e de mudas micorrizadas variou de 0,157 a 0,212. A variação ocorrente em cada fonte / dose de P foi devida aos diferentes tratamentos (fontes / doses) de K. Desse modo, o índice que utiliza a proporção R / Pa para avaliar a quantidade de mudas pode variar bastante em relação à espécie a ser produzida, à capacidade nutricional do substrato utilizado, bem como à condição micorrízica.

De acordo com Soares e Carneiro (2010), a simbiose micorrízica arbuscular contribui para o aumento da área foliar das plantas micorrizadas e, conseqüentemente, com a atividade fotossintética, que se relaciona diretamente com a produção de massa vegetal.



**Tabela 12.** Alocação de biomassa para as folhas (ABF), alocação de biomassa para o caule (ABC), alocação de biomassa para as raízes (ABR) e relação raiz parte aérea (R/Pa) de mudas de Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.), cultivadas em casa de vegetação, na ausência (M-) e presença (M+) do fungo *Gigaspora margarita* Becker & Hall., em diferentes fontes e doses de fósforo (P), aos 120 dias após a inoculação

	Potássio	Fósforo		P0		BP1		BP2		SFS			
		M-	M+	M-	M+	M-	M+	M-	M+				
ABF (%)	K0	17,21	35,49	24,23	35,23	25,73	34,42	31,06	35,12				
	BK1	31,87	36,75	27,26	35,15	25,50	37,39	33,43	36,25				
	BK2	20,53	33,05	21,09	34,38	17,44	32,71	30,70	31,90				
	KCl	15,57	32,14	26,86	33,53	23,41	32,10	31,65	34,98				
	Média	21,29	B β 34,36	A α	24,86	B β 34,57	A α	23,02	B β 34,16	A α	31,71	A α	34,56
ABC (%)	K0	33,50	46,01	41,48	47,55	34,10	49,18	42,81	50,00				
	BK1	28,77	52,26	33,10	47,89	35,36	46,59	38,72	48,66				
	BK2	38,21	50,37	37,49	50,79	34,93	50,05	44,82	50,68				
	KCl	33,16	49,81	43,06	48,29	38,98	45,53	44,02	51,45				
	Média	33,41	B β 49,61	A α	38,78	B β 48,63	A α	35,84	B β 47,84	A α	42,59	A α	50,20
ABR (%)	K0	49,29	18,50	34,29	17,22	40,17	16,40	26,12	14,87				
	BK1	39,36	11,00	39,63	16,97	39,14	16,02	27,85	15,10				
	BK2	41,26	16,58	41,42	14,82	47,63	17,24	24,48	17,42				
	KCl	51,27	18,05	30,08	18,18	37,61	22,37	24,33	13,57				
	Média	45,30	A β 16,03	B α	36,36	A β 16,80	B α	41,14	A β 18,01	B α	25,70	A α	15,24
R/Pa	K0	1,01	0,23	0,55	0,21	0,71	0,20	0,35	0,17				
	BK1	0,68	0,13	0,66	0,21	0,66	0,19	0,39	0,18				
	BK2	0,78	0,20	0,82	0,17	0,97	0,21	0,33	0,21				
	KCl	1,08	0,22	0,44	0,22	0,61	0,34	0,32	0,16				
	Média	0,89	A β 0,19	A α	0,62	A β 0,20	A α	0,74	A β 0,23	A α	0,35	A α	0,18

Onde: **P0** = Ausência de fonte de fósforo; **BP1** = Biofertilizante fosfatado na mesma dosagem recomendada de SFS; **BP2** = Biofertilizante fosfatado duas vezes a dose recomendada de SFS; **SFS** = Superfosfato Simples; **K0** = Ausência de fonte de potássico; **BK1** = Biofertilizante potássico duas vezes a dose recomendada de KCl; **BK2** = Biofertilizante potássico quatro vezes a dose recomendada de KCl; **KCl** = Cloreto de Potássico; M+ = presença de FMA; M- = ausência de FMA.

\*Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha não diferem as fontes de P, mesma letra grega não diferem para inoculação ( $\alpha > \beta$ ), pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

#### 4.4. Características Nutricionais da Parte Aérea de Mudanças de Sabiá

##### 4.4.1. Conteúdo de Fósforo

A análise de variância, realizada para conteúdo de Fósforo em mudas de Sabiá (Tabela 1D), acusou efeito significativo ( $p < 0,01$ ), para os tratamentos isolados de fontes de P e de FMA (presença ou ausência de *Gigaspora margarita*). Desse modo, na Tabela 13, observa-se que a micorrização alterou de modo considerável, o conteúdo de P na parte aérea de mudas de Sabiá. Constatou-se, por exemplo, que em média, as mudas micorrizadas apresentaram conteúdo de P por planta, aproximadamente 12 vezes maior que o das mudas não micorrizadas. Tais diferenças foram reduzidas quando houve adição de fertilizante fosfatado, principalmente quando se adicionou uma fonte solúvel de P (SFS), que chegou a ser apenas cerca de três vezes superior, contra as plantas do tratamento P0, cuja diferença foi de 216 vezes superior nas plantas micorrizadas. Estes resultados comprovam o benefício das micorrizas na nutrição fosfatada de mudas de Sabiá.

**Tabela 13.** Acúmulo médio de fósforo (mg/planta) na parte aérea de plantas de Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.), cultivadas em casa de vegetação, na ausência (M-) e presença (M+) do fungo *Gigaspora margarita* Becker & Hall., em diferentes tratamentos de fontes e doses de fósforo (P) e potássio (K), aos 120 dias após a inoculação

Fósforo (mg/planta)		Fontes/doses de K					Média	Média (P)
		FMA	K0	BK1	BK2	KCl		
Fontes/doses de P	P0	M+	6,715	6,489	5,977	6,852	6,508	3,271 b
		M-	0,007	0,027	0,064	0,038	0,034	
	BP1	M+	6,265	6,536	9,017	7,762	7,395	3,729 b
		M-	0,062	0,066	0,032	0,092	0,063	
	BP2	M+	8,066	7,422	7,256	7,493	7,559	3,825 b
		M-	0,097	0,068	0,110	0,092	0,092	
	SFS	M+	10,018	7,789	7,754	8,475	8,509	5,323 a
		M-	2,045	1,567	2,218	2,721	2,138	
	Média	(M+)	7,77	7,06	7,50	7,65	7,493	$\alpha$
		(M-)	0,55	0,43	0,61	0,74	0,582	$\beta$
Média (K)			4,16	3,75	4,05	4,19		

Onde: P0 = Ausência de fonte de fósforo; BP1 = Biofertilizante fosfatado na mesma dosagem recomendada de SFS; BP2 = Biofertilizante fosfatado duas vezes a dose recomendada de SFS; SFS = Superfosfato Simples; K0 = Ausência de fonte de potássio; BK1 = Biofertilizante potássico duas vezes a dose recomendada de KCl; BK2 = Biofertilizante potássico quatro vezes a dose recomendada de KCl; KCl = Cloreto de Potássio; M+ = presença de FMA; M- = ausência de FMA.

\* Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem para as fontes de P e mesma letra grega não diferem para inoculação ( $\alpha > \beta$ ), pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

#### 4.4.2. Conteúdo de Potássio

Para o conteúdo de potássio, na parte aérea das mudas de sabiá, cuja análise de variância encontra-se na Tabela 1D, foi observado efeito significativo ( $p < 0,05$ ) de todos os fatores isolados, das interações dupla e da interação tripla FMA x P x K.

Analisando os dados da média, constantes na Tabela 14, observa-se que, de modo geral, na ausência de FMA, para as diferentes fontes de K e de P adicionados ao substrato de cultivo, a média do conteúdo de potássio foi superior as das plantas micorrizadas.

**Tabela 14.** Acúmulo médio de potássio (mg/planta) na parte aérea de plantas de Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.), cultivadas em casa de vegetação, na ausência (M-) e presença (M+) do fungo *Gigaspora margarita* Becker & Hall., em diferentes tratamentos de fontes e doses de fósforo (P) e potássio (K), aos 120 dias após a inoculação

Potássio (mg/planta)		FMA	Fontes/doses de K								Média (P)	
			K0	BK1		BK2		KCl		Média		
Fontes/doses de P	P0	M+	1,062	A a $\alpha$	1,138	A a $\alpha$	0,836	A a $\alpha$	0,843	A a $\alpha$	0,97	0,90
		M-	0,465	A b $\alpha$	1,062	A a $\alpha$	0,939	A a $\alpha$	0,891	A c $\alpha$	0,84	
	BP1	M+	1,028	A a $\alpha$	1,069	A a $\alpha$	1,398	A a $\alpha$	1,062	A a $\beta$	1,14	1,28
		M-	1,021	B a $\alpha$	1,357	B a $\alpha$	0,939	B a $\alpha$	2,332	A a $\alpha$	1,41	
	BP2	M+	1,357	A a $\alpha$	1,447	A a $\alpha$	0,994	A a $\alpha$	1,021	A a $\alpha$	1,20	1,37
		M-	1,728	A a $\alpha$	1,536	A a $\alpha$	1,083	A a $\alpha$	1,803	A ab $\alpha$	1,54	
	SFS	M+	1,021	A a $\alpha$	1,350	A a $\alpha$	0,898	A a $\alpha$	1,254	A a $\alpha$	1,13	1,13
		M-	0,925	A a $\alpha$	1,220	A a $\alpha$	1,069	A a $\alpha$	1,316	A bc $\alpha$	1,13	
	Média	(M+)	1,12		1,25		1,03		1,05			
		(M-)	1,03		1,29		1,01		1,59			
Média (K)			1,08		1,27		1,02		1,32			

Onde: **P0** = Ausência de fonte de fósforo; **BP1** = Biofertilizante fosfatado na mesma dosagem recomendada de SFS; **BP2** = Biofertilizante fosfatado duas vezes a dose recomendada de SFS; **SFS** = Superfosfato Simples; **K0** = Ausência de fonte de potássio; **BK1** = Biofertilizante potássico duas vezes a dose recomendada de KCl; **BK2** = Biofertilizante potássico quatro vezes a dose recomendada de KCl; **KCl** = Cloreto de Potássio; M+ = presença de FMA; M- = ausência de FMA.

\* Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem para as fontes de P, mesma letra maiúscula na linha não diferem as fontes de K, mesma letra grega não diferem para inoculação ( $\alpha > \beta$ ), pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Desse modo, o tratamento que proporcionou melhor resultado foi a adição de biofertilizante fosfatado, na mesma dose recomendada de SFS (BP1), junto com adição de KCl, na ausência do FMA *Gigaspora margarita* (2,332 mg / planta). Constatou-se, com isto, que o FMA não parece influenciar a nutrição potássica das plantas, podendo até funcionar como um dreno de K para suas próprias funções.

Gonçalves et al. (2010), determinaram a dose de cada macronutriente que fizeram as mudas de angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan) e Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.) terem maior crescimento, e observaram que o K foi o nutriente que

provocou menores efeitos significativos. Em adição, Locatelli et al. (2007), avaliaram o crescimento de mudas de cedro - rosa (*Cedrela odorata L.*), com omissão de K, observaram que o K foi o nutriente que menos limitou o desenvolvimento de mudas.

#### 4.4.3. Conteúdo de Cálcio

A análise de variância para o conteúdo de Cálcio, na parte aérea das mudas de sabiá, também detectou efeito significativo ( $p < 0,01$ ) para todos os tratamentos isolados, bem como das interações duplas e da interação tripla FMA x P x K (Tabela 1D).

Verifica-se, na Tabela 15, que os maiores resultados obtidos para conteúdo de cálcio na parte aérea de mudas de Sabiá, aos 120 dias de cultivo, foram proporcionados pelos tratamentos na presença de FMA quando se adicionou SFS + KCl (16,311 mg/planta) ou SFS+BK2 (16,558 mg/planta), respectivamente, cerca de 5600% e 5690% superiores ao tratamento controle (P0K0M-); ou ainda, na ausência de FMA, quando se adicionou SFS, independente da fonte/dose de potássio fornecida.

**Tabela 15.** Acúmulo médio de cálcio (mg/planta) na parte aérea de plantas de Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.), cultivadas em casa de vegetação, na ausência (M-) e presença (M+) do fungo *Gigaspora margarita* Becker & Hall., em diferentes tratamentos de fontes e doses de fósforo (P) e potássio (K), aos 120 dias após a inoculação

Cálcio (mg/planta)		Fontes/doses de K										Média (P)				
		FMA	K0			BK1			BK2				KCl	Média		
Fontes/doses de P	P0	M+	1,051	A	b	$\alpha$	1,419	A	b	$\alpha$	0,907	A	b	$\alpha$	1,08	0,80
		M-	0,286	A	b	$\alpha$	0,680	A	b	$\alpha$	0,642	A	b	$\alpha$	0,53	
	BP1	M+	0,735	A	b	$\alpha$	1,390	A	b	$\alpha$	1,185	A	b	$\alpha$	1,08	1,45
		M-	1,177	A	b	$\alpha$	1,713	A	b	$\alpha$	2,110	A	b	$\alpha$	1,82	
	BP2	M+	2,086	A	ab	$\alpha$	1,806	A	b	$\alpha$	1,722	A	b	$\alpha$	1,74	1,97
		M-	2,032	A	b	$\alpha$	2,367	A	b	$\alpha$	2,488	A	b	$\alpha$	2,19	
	SFS	M+	4,710	C	a	$\beta$	9,349	B	a	$\beta$	16,506	A	a	$\alpha$	11,72	13,84
		M-	15,892	A	a	$\alpha$	15,613	A	a	$\alpha$	15,772	A	a	$\alpha$	15,96	
Média	(M+)	2,15				3,49				5,08				4,91		
	(M-)	4,85				5,09				5,25				5,30		
Média (K)			3,50			4,29				5,17				5,11		

Onde: P0 = Ausência de fonte de fósforo; BP1 = Biofertilizante fosfatado na mesma dosagem recomendada de SFS; BP2 = Biofertilizante fosfatado duas vezes a dose recomendada de SFS; SFS = Superfosfato Simples; K0 = Ausência de fonte de potássio; BK1 = Biofertilizante potássico duas vezes a dose recomendada de KCl; BK2 = Biofertilizante potássico quatro vezes a dose recomendada de KCl; KCl = Cloreto de Potássio; M+ = presença de FMA; M- = ausência de FMA.

\* Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem para as fontes de P, mesma letra maiúscula na linha não diferem as fontes de K, mesma letra grega não diferem para inoculação ( $\alpha > \beta$ ), pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Os conteúdos de fósforo na parte aérea de mudas de sabiá foram respectivamente, de cerca de 5457%, 5359%, 5415% e 5690% superiores aos das plantas pertencentes ao tratamento controle.

Note-se que, na presença da simbiose micorrízica, o efeito para o aumento da concentração de Ca na parte aérea das mudas de sabiá foi mais marcante na adição da fonte solúvel de P, mais a fonte solúvel de K, ou mais a dose elevada de K (BK2). Tal ocorrência pode estar relacionada ao fato que os íons  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{K}^+$ , concorrem pelos mesmos sítios de adsorção, inclusive dos íons  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ . Além disso, como o cálcio é um nutriente estrutural e as plantas micorrizadas produzem mais tecido, pode estar ocorrendo o efeito de diluição.

#### **4.4.4. Conteúdo de Magnésio**

A análise de variância, realizada para os dados de conteúdos de Magnésio em mudas de Sabiá, acusaram um efeito significativo ( $p < 0,01$ ) dos fatores isolados FMA e P, bem como da interação FMA x P (Tabela 1D).

Constatou-se que, quando se adicionou uma fonte solúvel de P (SFS), o conteúdo de Mg na parte aérea das mudas passou a ser significativamente superior nas mudas não-micorrizadas, sugerindo, mais uma vez, a capacidade do FMA em reter nutrientes, como aconteceu com o Mg neste estudo.

Neste contexto, poucos trabalhos têm sido realizados com a finalidade de comparar o conteúdo nutricional, entre mudas com e sem micorriza. Moraes et al. (2010), avaliando o efeito de seis espécies de inóculos de FMA na absorção de nutrientes e estado nutricional em mudas de seringueira (*Hevea brasiliensis*), com três e seis meses de transplântio, observaram que os teores foliares de N, P, K, Ca e Mg das plantas inoculadas e não-inoculadas não diferiram estatisticamente.

Em estudos de Oliveira et al. (2009), avaliando a influência nutricional sobre o desenvolvimento de espécies nativas, observaram em jenipapo-bravo (*Tocoyena selloana* Schum), maiores teores de P, Ca e Mg na parte aérea em plantas micorrizadas em relação às não-micorrizadas, contrário ao obtido no presente estudo com a Sabiá.

**Tabela 16.** Acúmulo médio de magnésio (mg/planta) na parte aérea de plantas de Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.), cultivadas em casa de vegetação, na ausência (M-) e presença (M+) do fungo *Gigaspora margarita* Becker & Hall., em diferentes tratamentos de fontes e doses de fósforo (P) e potássio (K), aos 120 dias após a inoculação

Magnésio (mg/planta)		Fontes/doses de K					Média	Média (P)
		FMA	K0	BK1	BK2	KCl		
Fontes/doses de P	P0	M+	0,267	0,293	0,244	0,243	0,262	a
		M-	0,173	0,208	0,194	0,234	0,202	a
	BP1	M+	0,242	0,260	0,268	0,247	0,254	a
		M-	0,257	0,275	0,265	0,320	0,279	a
	BP2	M+	0,273	0,274	0,246	0,224	0,254	a
		M-	0,247	0,300	0,258	0,264	0,267	a
	SFS	M+	0,354	0,385	1,470	1,487	0,924	b
		M-	1,400	1,320	1,410	1,398	1,382	a
	Média	(M+)	0,284	0,303	0,557	0,550		
		(M-)	0,519	0,526	0,532	0,554		
Média (K)			0,402	0,414	0,544	0,552		

Onde: P0 = Ausência de fonte de fósforo; BP1 = Biofertilizante fosfatado na mesma dosagem recomendada de SFS; BP2 = Biofertilizante fosfatado duas vezes a dose recomendada de SFS; SFS = Superfosfato Simples; K0 = Ausência de fonte de potássio; BK1 = Biofertilizante potássico duas vezes a dose recomendada de KCl; BK2 = Biofertilizante potássico quatro vezes a dose recomendada de KCl; KCl = Cloreto de Potássio; M+ = presença de FMA; M- = ausência de FMA.

\* Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem para as fontes de P, mesma letra maiúscula na linha não diferem as fontes de K, mesma letra grega não diferem para inoculação ( $\alpha > \beta$ ), pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Estudos avaliando exigência nutricional de mudas de cedro australiano (*Toona ciliata* M. Roem var. *australis*) e canafístula (*Peltophorum dubium*), salientam que as mudas de arbóreas apresentara elevada exigência nutricional, sendo que os nutrientes P, N, S, Ca, K, Mg e Cu, nessa ordem, foram limitantes ao crescimento das plantas (MORETTIL et al., 2011; FONSECA et al. 2011). No presente estudo, as mudas de Sabiá cultivadas sem adição de fertilizante ao substrato (testemunha), apresentaram menores médias de crescimento inicial e produção de matéria seca, justificando a importância de estudos adicionais sobre as exigências nutricionais da espécie.

## 5. CONCLUSÕES

A inoculação com o fungo micorrízico arbuscular *Gigaspora margarita* Becker & Hall., promove significativo crescimento inicial de mudas de Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.), não necessitando adição de fontes/doses de P e, ou K.

O efeito benéfico, em termos de crescimento, da inoculação do FMA, *Gigaspora margarita*, em relação às fontes/doses de fósforo testadas, pode ser observado a partir dos 60 dias de cultivo, indicando este como o período satisfatório para o estabelecimento da simbiose.

A adição de fonte solúvel de fósforo (SFS) ao substrato, na dose recomendada, proporcionou crescimento semelhante ao tratamento micorrízico sem adição de fósforo, independente da dose de potássio adicionada.

De modo geral, a biomassa produzida por mudas de sabiá micorrizadas foi significativamente superior a das não micorrizadas, com excessão do tratamento com a fonte solúvel de P, o superfosfato simples (SFS).

Até os 120 dias de cultivo, em casa de vegetação, não houve efeito dos biofertilizantes fosfatados e potássicos, necessitando de estudos adicionais, no campo, tendo em vista que sua solubilização é um processo que ocorre em longo prazo.

O estudo de nutrição mostrou que a inoculação com FMA, de modo geral, promove maiores conteúdos dos macronutrientes na parte aérea de mudas de Sabiá, quando comparadas aquelas não-micorrizadas, cujas diferenças são mais evidentes, em solos com baixos teores nutricionais.

Dentre os nutrientes avaliados (P, K, Ca e Mg), o benefício da simbiose micorrízica, FMA x Sabiá, foi mais evidente para o conteúdo de P.

## 6. REFERÊNCIAS

- ANDRADE, G. Interacciones Microbianas en la Rizosfera. **In:** SIQUEIRA, J.O. et al. **Inter-Relação Fertilidade, Biologia do Solo e Nutrição de Planta. Soil Fertility, Soil Biology, and Plant Nutrition Interrelationships**. Viçosa: SBCS, Lavras: UFLA/ DCS, p.551-575, 1999.
- BAGYARAJ, J.D.; STURMER, S.L. Fungos micorrízicos arbusculares (FMAs). **In:** MOREIRA, F.M.S.; HUISING, E.J.; BIGNELL, D.E. **Manual de biologia dos solos tropicais: amostragem e caracterização da biodiversidade**. Lavras, UFLA, p.205-221, 2010.
- BETTIOL, W.; GHINI, R. Solos Supressivos. **In:** MICHEREFF, S.J.; ANDRADE, D.E.G.T.; MENEZES, M. **Ecologia e Manejo de Patógenos Radiculares em solos Tropicais**. Recife: UFRPE, Imprensa Universitária, p.125-154, 2005.
- BRESSAN, W.; SIQUEIRA, J.O.; VASCONCELLOS, C.A.; PURCINO, A.A.C. Fungos micorrízicos e fósforo, no crescimento, nos teores de nutrientes e na produção do sorgo e soja consorciados. **Pesq. Agropec. Bras.**,v.36, p.315-323, 2001.
- BURITY, H.A.; LYRA, M.C.C.P.; SOUZA, E.S.; MERGULHÃO, A.C.E.S.; SILVA, M.L.R.B. Efetividade da inoculação com rizóbio e fungos micorrízicos arbusculares em mudas de sabiá submetidas a diferentes níveis de fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.4, p.801-807, 2000.
- CABRAL, L.; SIQUEIRA, J.O.; SOARES, C.R.F.S.; PINTO, J.E.B.P. Retenção de metais pesados em micélio de fungos micorrízicos arbusculares. **Química Nova**, São Paulo, v.33, n.1, p.25-29, 2010.
- CALDEIRA, M.V.W.; SILVA, E.M.R.; FRANCO, A.A.; ZANON, M.L.B. Efeito de fungos micorrízicos arbusculares no desenvolvimento de duas leguminosas arbóreas. **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, v.9, n.1, p.63-70, 1999.
- CALDEIRA, M.V.W.; SILVA, E.M.R.; FRANCO, A.A.; ZANON, M.L.B. Crescimento de leguminosas arbóreas em resposta à inoculação com fungos micorrízicos arbusculares. **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria v.7, n.1, p.1-10, 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**, Curitiba, v.1, n.1, p.27-32, 2003.
- CAMPOS, D.T.S.; SILVA, M.C.S.; LUZ, J.M.R.; TELESFORA, R.J.; KASUYAS, M.C.M. Colonização micorrízica em plantios de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.35, n.5, p.965-974, 2011.
- CARDOSO, E.J.B.N. Efeito de micorriza vesículo-arbuscular e fosfato de rocha na simbiose soja-Rhizobium. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.6, p.125-130, 1985.
- CARDOSO, E.J.B.N.; NOGUEIRA, M.A.; BARETTA, C.R.D.M.; PAULA, A.M. Micorrizas Arbusculares na aquisição de nutrientes pelas plantas. **In:** SIQUEIRA, J.O.; SOUZA, F.A.;



CARDOSO, E.J.B.N. e TSAI, S.M. **Micorrizas: 30 anos de pesquisas no Brasil**. Lavras, UFLA, p.153-214, 2010.

CARVALHO, J.H.; MAIA, C.M.N.A.; AMORIM, G.C. **Seleção de sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia*) leguminosa madeireira e forrageira, para obtenção de plantas sem acúleos**. Mossoró: ESAM, 1990. 6 p. (Coleção Mossoroense. Série B, v. 782).

CARVALHO, P.E.R. **Sabiá: *Mimosa caesalpiniiifolia***. Colombo-PR: Embrapa, 2007. 9p. (Circular técnica, 135).

CHAVES, L.F.C. **Absorção de fósforo por mudas de jacarandá-da-bahia (*Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. Allem.) e de vinhático (*Plathymenia foliolosa* Benth.) na presença de *Gigaspora margarita* Gerd. E Taxt.** 1996. 86f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federa de Viçosa, Departamento de Engenharia Florestal, Viçosa: UFV, 1996.

CHAVES, L.F.C. **Crescimento de mudas de jacarandá-da-bahia (*Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. Allem.) em resposta à inoculação com Fungos micorrízicos Vesículo - Arbusculares em diferentes níveis de fósforo**. 1992. 98f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federa de Lavras, Departamento de Ciência Florestal, Viçosa: UFV, 1992.

CHAVES, L.F.C.; BORGES, R.C.G. Eficiência micorrízica na produção de mudas de jacarandá-da-bahia cultivadas em diferentes doses de fósforo. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v.27, n.4, p.587-594, 2005.

COLOZZI-FILHO, A.; BALOTA, E.L. Micorrizas arbusculares. In: HUNGRIA, M.; ARAÚJO, R.S. (Ed.). **Manual de métodos empregados em estudos de microbiologia agrícola**. Brasília, DF: Embrapa, Serviço de Produção de Informação, 1994. Cap.20, p.383-418.

COLOZZI-FILHO, A.; BALOTA, E.L.; ANDRADE, D.S. Microrganismos e processos biológicos no sistema plantio direto. In: SIQUEIRA, J.O.; MOREIRA, F.M.S.; LOPES, A.S.; GUILHERME, L.R.G.; FAQUIN, V.; FURTINI NETO, A.E.; CARVALHO, J.G. **Inter-Relação Fertilidade, Biologia do Solo e Nutrição de Planta. Soil Fertility, Soil Biology, and Plant Nutrition Interrelationships**. Viçosa: SBCS, Lavras: UFLA/ DCS, p.487-508. 1999.

COLOZZI-FILHO, A.; SIQUEIRA, J.O. Micorrizas vesículo-arbusculares em mudas de cafeeiro efeito de *Gigaspora margarita* e adubação fosfatada no crescimento e nutrição. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.10, p.199- 205, 1986.

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

COSTA, G.S. FRANCO, A.A.; DAMASCENO, R.N.; FARIA, S.M. Aporte de nutrientes pela serapilheira em uma área degradada e revegetada com leguminosas arbóreas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, SP, v.28, n. 1, p.919-927, 2004.

COSTA-FILHO, R.T. **Crescimento de mudas de *Mimosa caesalpinifolia* Benth. e *Astronium fraxinifolium* Schott em resposta à calagem e adubação fosfatada.** 2010. 48f. Tese (Doutorado em Agronomia)- Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veteriárias, Jaboticabal, 2010.

DODD, J.C. Recent advances in understanding the role of arbuscular mycorrhizas in plant production. **In:** SIQUEIRA, J.O.; MOREIRA, F.M.S.; LOPES, A.S.; GUILHERME, L.R.G.; FAQUIN, V.; FURTINI NETO, A.E.; CARVALHO, J.G. **Inter-Relação Fertilidade, Biologia do Solo e Nutrição de Planta. Soil Fertility, Soil Biology, and Plant Nutrition Interrelationships.** Viçosa: SBCS, Lavras: UFLA/ DCS, 1999. p.687-703.

DUARTE, A.P.; MACHADO, J.O.; MELO, W.J.; BRAGA, N.R.; ANDRIOLI, J.L. Efeito da sucessão com leguminosas sob diferentes níveis de calagem no desenvolvimento e micorrização do trigo. **Bragantia**, v.54, p.325-334, 1995.

FASSBENDER, H.W.; BORNEMISZA, E. **Química de suelos com énfasis em suelos de América Latina.** San José, Costa Rica: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, 1987. 420 p.

FERREIRA, R.A.; VIEIRA, M.G.G.C.; VON PINHO, E.V.R.; TONETTI, O.A.A. Morfologia da semente e de plântulas e avaliação da viabilidade da semente de sucupira-branca (*Peterodon pubescens* Benth. Fabaceae) pelo teste de tetrazólio. Lavras-MG. **Revista Brasileira de Sementes**, v.23, n.1, p.108-115, 2001.

FERREIRA, R.L.C., JUNIOR, M.A.L.; ROCHA, M.S.; SANTOS, M.V.F.; LIRA, M.A.; BARRETO, L.P. Deposição e acúmulo de matéria seca e nutrientes em serrapilheira em um bosque de sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth.). **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.31, n.1, p.7-12, 2007.

FONSECA e CRUZ, C.A.; 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**, Viçosa, v.35, n.5, p.983-995, 2011.

FONSECA, E.B.A.; OLIVEIRA, E.; SOUZA, M.; CARVALHO, J.G. Efeitos do fósforo e fungo MVA na nutrição de dois porta-enxertos de citros. **Pesq. Agropec. Bras.**, v.29, p. 1889-1896, 1994.

FOWLER, A.; BIANCHETTI, A. **Dormência em sementes florestais.** Colombo: Embrapa Florestas, v.40, 27p., 2000.

FRANCO, A.A.; DIAS, L.E.; FARIA, S.M.; CAMPELLO, E.F.C.; SILVA, E.M.R. Uso de leguminosas florestais noduladas e micorrizadas como agentes de recuperação e manutenção da vida do solo: um modelo tecnológico. **Revista Oecologia brasiliensis**, v.1, p.459-467, 1995.

FRANCO, A.A.; MACHADO, R.L.; CAMPELLO, E.F.C.; RESENDE, A.S. Bactérias fixadoras de nitrogênio e fungos micorrízicos na recuperação de voçorocas. **In:** FIGUEIREDO, M.V.B.; BURITY, H.A.; STAMFORD, N.P.; SANTOS, C.E.R.S. **Microrganismos e Agrobiodiversidade: o novo desafio para a agricultura =**

**Microorganismos y Agro Biodiversidad: um nuevo desafio para la agricultura.** Guaíba: Agrolivros, 2008. p.527-545.

GEORGE, E.K. HAUSSEIER, G.; VETTERLEIN, E.G.; MARSCHNER, H. Water and nutrient translocation by hyphae of *Glomus mosseae*. **Can. J. Bot.**, v.70, p.2130-2137, 1992.

GERDEMANN, J.W.; TRAPPE, J.M. Endogonaceae in the Pacific Northwest. **Mycologia Memoir**: v.5, p.1-79, 1974.

GOMES, M.V.M. **Efeitos da adubação nitrogenada e fontes de fósforo em mudas de sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth), submetido ao estresse hídrico.** 2004. 44 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Ciência Florestal, Recife, 2004.

GOMES, R.P. **Forragens fartas na seca.** 4. ed. São Paulo: Nobel, 1977. 233 p.

GONÇALVES, E.O.G.; PAIVA, H.N.; NEVES, J.C.L.N.; 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.

KELLY, D.P.; WOOD, A.P. Reclassification of some species of *Thiobacillus* to the newly designated genera *Acidithiobacillus* gen. nov., *Halothiobacillus* gen. nov. and *Thermithiobacillus* gen. nov., **International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology**, v.50, p.511-516, 2000.

KIRIACHEK, S.G.; AZEVEDO, L.C.B.; PERES, L.E.P.; LAMBAIS, M.R. Regulação do desenvolvimento de micorrizas arbusculares. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, SP, v.33, n.1, p.1-16, 2009.

LACERDA, K.A.P.; SILVA, M.M.S.; CARNEIRO, M.A.C.; REIS, E.F.R.; SAGGIN-JÚNIOR, O.J. Fungos micorrízicos arbusculares e adubação fosfatada no crescimento inicial de seis espécies arbóreas do cerrado. **Revista Cerne**, Lavras, v.17, n.3, p.377-389, 2011.

LINS, C.E.L.; MAIA, L.C.; CAVALCANTE, U.M.T.; SAMPAIO, E.V.S.B. Efeito de fungos micorrízicos arbusculares no crescimento de mudas de *Leucaena leucocephala* (lam.) de wit. em solos de caatinga sob impacto de mineração de cobre. **Revista Árvore**, Viçosa, v.31, n.2, p.355-363, 2007.

LIU, A.; HAMEL, C.; ELM, A.; COSTA, C. M.A.B.L.; SMITH, D.L. Concentrations of K, Ca and Mg in maize colonized by arbuscular mycorrhizal fungi under field conditions. **Can. J. Soil Sci.**, v.82, p.271-278, 2002.

LOCATELLI, M.; MACÊDO, R.S.; VIEIRA, A.H. Avaliação de altura e diâmetro de mudas de cedro rosa (*Cedrela odorata* L.) submetida as diferentes deficiências nutricionais. **Revista Brasileira de Biociência**, Porto Alegre, v.5, p.645-647, 2007.

LOPES, S.D.; ABREU, C.A. Micronutrientes na agricultura brasileira: evolução histórica e futura. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; SCHAEFER, C.E.G.R. eds. **Tópicos em Ciência do Solo**. Viçosa, Sociedade Brasileira em Ciência do Solo, 2000. p.26.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 2. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2000. 351p.

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

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.G.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2 ed., Rev. Piracicaba: Potafos, 1997. p. 15-84.

MEDEIROS, C.A.B.; CLARK, R.B.; ELLIS, J.R. Effects of excess manganese on mineral uptake in mycorrhizal sorghum. **Plant Nut.**, v.17, p.2203-2219, 1994.

MENDES, B.V. **Sabiá** (*Mimosa caesalpinifolia* Benth): valiosa forrageira arbórea e produtora de madeira das caatingas. Mossoró: ESAM, 1989. 31 p. (Coleção Mossoroense. Série B, 660).

MENDES, M.M.C. **Crescimento de sabiá** (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth) em resposta à inoculação com rizóbio e fungos micorrízicos arbusculares. 2010. 87f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Ciência Florestal, Recife, 2010.

MORAES, A.C.; GASPAROTTO, L.; MOREIRA, A. Fungos micorrízicos arbusculares em seringueira em latossolo amarelo distrófico da Amazônia ocidental. **Revista Árvore**, Viçosa, v.34, n.3, p.389-397, 2010.

MOREIRA, F.M.S. Micorriza. In: MOREIRA, F.M.S; SIQUEIRA, J.O. (Eds.), **Microbiologia e Bioquímica do solo**. Lavras, MG: Universidade Federal de Lavras/DCF, 2006. Cap. 10, p.543-662.

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

MORETTIL, B.S.; NETO, A.E.F.; PINTO, S.I.C.; FURTINI, I.V.; MAGALHÃES, A.S. Crescimento e nutrição mineral de mudas de cedro australiano (*Toona ciliata*) sob omissão de nutrientes. **Revista Cerne**, Lavras, v.17, n.4, p.453-463, 2011.

NASCIMENTO, M.F. **Madeira do agreste para uso em habitações**. 1998. 117f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) - Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 1998.

NOGUEIRA, M.A.; CARDOSO, E.J.B.N. Plant growth and phosphorus uptake in mycorrhizal rangpur lime seedlings under different levels of phosphorus. **Pesq. Agropec. Bras.**, v.41, p.93-99, 2006.

NOGUEIRA, M.A.; CARDOSO, E.J.B.N. Produção de micélio externo por fungos micorrízicos arbusculares e crescimento da soja em função de doses de fósforo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, ESALQ, v.24, p.329-338, 2000.

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

OLIVEIRA, D.E.C.; SILVA, A.V.; ALMEIDA, A.F.; SAI, E.F.; RAYMUNDO JUNIOR, O. Fungos micorrízicos arbusculares e rizóbio no crescimento inicial de *Acacia mangium* Willd. Em solo de mineração da região sudoeste do estado de Goiás. **Revista Global Science and Technology**, v.3, n.1, p.01-10, 2010.

OLIVEIRA, J. R. G.; SOUZA, R.G.; SILVA, F.S.B.; MENDES, A.S.M.; YANO-MELO, A.M. O papel da comunidade de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) autóctones no desenvolvimento de espécies vegetais nativas e área de dunas de restinga revegetadas no litoral do Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.32, n.4, p.663-670, 2009.

OPIK, M.O.; VANATOA, A.; VANATOU, E.; MOORA, M.; DAVISON, J.; KALWIJ, J.M.; REIER, U.; ZOBEL, M. The online database MaarjAM reveals global and ecosystemic distribution patterns in arbuscular mycorrhizal fungi (Glomeromycota). **New Phytologist**, v.188, p.223-241, 2010.

PAIRUNAN, A.K.; ROBSON, A.D.; ABBOTT, L.K. The effectiveness of vesicular-arbuscular mycorrhizas in increasing growth and phosphorus uptake of subterranean clover from phosphorus sources of different solubilities. **New Phytol.**, v.84, p. 327-338, 1980.

PARIS, C.M. **Implantação de biodigestor e produção de biofertilizante**. 2010. 59f. Trabalho (Graduação) Faculdade de Tecnologia de Araçatuba, Araçatuba, SP: Fatec, 2010.

PHILLIPS, J.M.; HAYMAN, D.S. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. **Transactions British Mycological Society**, Cambridge, v.55, p.158-161, 1970.

PINHEIRO, C.M. **Rocha potássica no crescimento inicial, comportamento fotossintético e colonização micorrízica de duas espécies arbóreas**. 2009. 93f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, Bahia, 2009.

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

PRALON, A.Z.; MARTINS, M.A. Utilização do resíduo industrial ferkal na produção de mudas de *Mimosa caesalpiniaefolia*, em estéril de extrato de argila, inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares e rizóbio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, p.55-63, 2001.

READ, D.J.; KOUCHEKI, H.K.; HODGSON, J. Vesicular-arbuscular mycorrhiza in natural vegetation systems. I. The occurrence of infection. **The New Phytologist**, Cambridge, v.77, p.641-653, 1976.

RIBASKI, J.; LIMA, P.C.F.; OLIVEIRA, V.R.; DRUMOND, M.A. **Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia*) árvore de múltiplo uso no Brasil**. Colombo: PR, Embrapa Florestas, 2003. 4 p, (Comunicado técnico, 104.).

RIZZINI, C. T. **Árvores e madeiras úteis do Brasil: manual de dendrologia brasileira**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1978. 296 p.

ROBERTS, T. Reservas de minerais potássicos e a produção de fertilizantes potássicos do mundo. **Potafos: Informações agronômicas**, v.107, p.2-3, 2004.

SAGGIN JUNIOR, O.J; LOVATO, P.E. Aplicação de micorrizas arbusculares na produção de mudas e plantas micropropagadas. In: SIQUEIRA, J.O. **Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de planta. Soil fertility, soil biology, and plant nutrition interrelationships**. Lavras, MG: SBCS, 1999. p.725-774.

SAMPAIO, E. V. S. B.; PAREYN, F.G.C.; FIGUEIRÔA, J.M.; SANTOS, J.A.G. **Espécies da flora nordestina de importância econômica potencial**. Recife: Associação Plantas do Nordeste, 2005. 331 p.

SANTOS, J. G. D.; SIQUEIRA, J.O.; MOREIRA, F.M.S. Eficiência de fungos micorrízicos arbusculares isolados de solos de áreas de mineração de bauxita no crescimento inicial de espécies nativas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, SP, v.32, n.1, p.141-150, 2008a.

SANTOS, J.G.D. **Riqueza de fungos micorrízicos arbusculares no solo e o crescimento inicial de espécies arbóreas nativas**. 2008. 80f. Tese (Doutorado em Microbiologia Agrícola), Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008b.

SANTOS, K.S. **Atuação de rocha fosfatada com adição de enxofre com *Acidithiobacillus* na solubilização de fósforo e no desenvolvimento de sabia (*Mimosa caesalpinifolia*) em solo de tabuleiro**. 2002. 68f. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2002.

SCHIAVO, J.A.; MARTINS, M.A.; RODRIGUES, L.A. Crescimento de mudas de *Acacia mangium*, *Sesbania virgata* e *Eucalyptus camaldulensis*, inoculadas com fungos micorrízicos, em casa-de-vegetação e em cava-de-extração de argila. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v.32, n.1, p.171-178, 2010.

SCHUBLER, A.; SCHWARZOTT, D.; WALKER, C. A new fungal phylum, the glomeromycota: phylogeny and evolution. **Mycological Research**, v.105, n.12, p.1413-1421, 2001.

SIEVERDING, E. **Vesicular-arbuscular mycorrhiza management in tropical agrosystems**. schborn: Fed. Rep. of Germany: Friedland Bremer, 1991. 371p.

SIQUEIRA, J .O.; SAGGIN-JÚNIOR, O.J. Dependency on arbuscular mycorrhizal fungi and responsiveness of some Brazilian native woody species. **Mycorrhiza**, v.11, p.245-255, 2001.

SIQUEIRA, J. O. **Nutritional and edaphic factors affecting spore germination, germ tube growth and root colonization by vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi**. 1983. 123f. Gainesville, University of Florida, Tese (Doutorado em Ciências do Solo) - University of Florida, Gainesville, 1983.

SIQUEIRA, J.O. Micorrizas e Micorrizologia. In: SIQUEIRA, J.O. (Ed.). **Avanços em fundamentos e aplicação de micorrizas**. Lavras, MG: Universidade Federal de Lavras/DCF, 1996. p.1-4.

SIQUEIRA, J.O.; COLOZZI-FILHO, A. Mutualismo e parasitismo na simbiose endomicorrízica entre *Gigaspora margarita* e mudas de cafeeiro. **Fitopat. Bras.**, v.11, p.348-349, 1986.

SIQUEIRA, J.O.; FRANCO, A.A. **Biotechnologia do solo – fundamentos e perspectivas**. Brasília, MEC/ESAL/FAEP/ABEAS, 1988. 235p.

SOARES, C.R.S.S.; CARNEIRO, M.A.C.C. Micorrizas Arbusculares na recuperação de áreas degradadas. **In: SIQUEIRA, J.O.; SOUZA, F.A.; CARDOSO, E.J.B.N. & TSAI, S.M. Micorrizas: 30 anos de pesquisas no Brasil**. Lavras, UFLA, 2010. p.441-474.

SOUZA, C.E.S. **Atuação de biofertilizante de rocha fosfatada com enxofre inoculado com *Acidithiobacillus* na cultura do melão**. 2006. 54f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo), Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2006.

SOUZA, F.A.; SILVA, E.M.R. Micorrizas arbusculares na revegetação de áreas degradadas. **In: SIQUEIRA, J.O. Avanços em fundamentos e aplicação de micorrizas**. Lavras: UFLA–DCS e DCF, 1996. p.255-290.

STAMFORD, N. P.; FREITAS, A.D.S.; FERRAZ, Z.D.S.; SANTOS, C.E.R.S. Effect of sulfur inoculated with *Thiobacillus* on saline soils amendment and growth of cowpea and yam bean legumes. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v.139, n.3, p.275-281, 2002.

STAMFORD, N. P.; SILVA, R. A. Efeito da calagem e inoculação de sabiá em solo da mata úmida e do semi-árido de Pernambuco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.5, p.1037-1045, 2000.

STAMFORD, N.P.; IZQUIERDO, C.G.; FERNANDEZ, M.T.H.; MORENO, M.C.M. Biofertilizantes de rochas fosfatadas e potássicas com enxofre e *Acidithiobacillus*. **In: FIGUEIREDO, M.V.B.; BURITY, H.A.; STAMFORD, N.P.; SANTOS, C.E.R.S. Microorganismos e Agrobiodiversidade: o novo desafio para a agricultura = Microorganismos y Agro Biodiversidad: um nuevo desafio para la agricultura**. Guaíba: Agrolivros, 2008. p.401-421.

STAMFORD, N.P.; MOURA, A.M.M.F.; SANTOS, K.S.; SANTOS, P.R. Atuação de *Acidithiobacillus* na solubilização de rocha fosfatada em solo de tabuleiro cultivado com jacatupé (*Pachyrhizus erosus*). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, n.1, p.75-83, 2004a.

STAMFORD, N.P.; SANTOS, C.E.R.S.; SANTOS, P.R.; SANTOS, K.S.R.; MONTENEGRO, A. Effects of rock phosphate, sulphur with and without *Acidithiobacillus* and organic by-products on Sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia*) grown in a Brazilian tableland soil. **Tropical Grasslands**, Brisbane, v.39, n.4, p.54-61, 2005b.

STAMFORD, N.P.; SANTOS, C.E.R.S.; STAMFORD, W.P.J.; DIAS, S.H.L. **Biofertilizante de rocha com *Acidithiobacillus* em solo de tabuleiro cultivado com caupi**. São Paulo, v.3, p.48-52, 2004b.

STAMFORD, N.P.; SANTOS, K.S.R.; SANTOS, P.R.; SANTOS, C.E.R.S.; STAMFORD, W.P.J.; DIAS, S.H.L. Atuação de biofertilizantes com rocha fosfatada e *Acidithiobacillus* em

solo de tabuleiro com baixo P disponível. **Scientia Agrícola**, São Paulo, v.60, n.4, p.767-773, 2003.

STAMFORD, N.P.; SANTOS, P.B.; SANTOS, C.E.S.; FREITAS, S.H.L.; DIAS, M.A.; LIRA JUNIOR. Agronomic e effectiveness of biofertilizers with phosphate rock, sulphur and *Acidithiobacillus* for yam bean grown on a Brazilian tableland acidic soil. **Bioresource Technology**, v.98, p.1311-1318, 2007.

STAMFORD, N.P.; STAMFORD, T.L.M.; ANDRADE, D.E.G.T.; MICHEREFF, S.J. Microbiota dos Solos Tropicais. **In: MICHEREFF, S.J.; ANDRADE, D.E.G.T.; MENEZES, M. Ecologia e Manejo de Patógenos Radiculares em solos Tropicais**. Recife: UFRPE, Imprensa Universitária, 2005a. p.60-91.

SUDO, A.; SILVA, E.M.R.; BOVI, M.L.A.; ALMEIDA, D.L.; COZZOLINO, K. Produção de mudas de pupunheira colonizadas com fungos micorrízicos arbusculares. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.20, p.529-532, 1996.

SYLVIA, D.M. Fundamentals and applications os arbuscular mycorrhizae: A “ Biofertilizer” perspective. **In: SIQUEIRA, J.O. Inter-Relação Fertilidade, Biologia do Solo e Nutrição de Planta. Soil Fertility, Soil Biology, and Plant Nutrition Interrelationships**. Viçosa: SBCS, Lavras: UFLA/ DCS, 1999. p. 705-723.

TAVARES, R. C. **Efeito da inoculação com fungos micorrízico arbuscular e da adubação orgânica no desenvolvimento de mudas de Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.) sob estresse salino**. 2007. 83f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007.

TIESSEN, H.; MENEZES, R.S.C.; SALCEDO, I.H.; WICK, B. Organic matter transformations and soil fertility in a treed pasture in semiarid NE Brazil. **Plant and Soil**, The Hague, Holanda, v.252, n.2, p.195-205, 2003.

TOBY KIERS, E.; DUHAMEL, M.; BEESETTY, Y.; MENSAH, J.A.; FRANKEN, O.; VERBRUGGEN, E.; FELLBAUM, C.R.; KOWALCHUK, G.A.; HART, M.M.; BAGO, A.; PALMER, T.M.; WEST, S.A.; VANDENKOORNHUYSE, P.; JANSÁ, J.; BUCHING, H. Reciprocal Rewards Stabilize Cooperation in the Mycorrhizal Symbiosis. **Science**, v.333, p.808-882, 2011.

VANDRESEN, J.; NISHIDATE, F.R.; TOREZAN, J.M.D.; ZANGARO, W. Inoculação de fungos micorrízicos arbusculares e adubação na formação e pós transplante de mudas de cinco espécies arbóreas nativas do sul do Brasil. **Revista Acta Botânica Brasileira**, v.21, n.4, p.753-765, 2007.

ZANGARO, W.; NISIZAKI, S.M.A.; DOMINGOS, J.C.B.; NAKANO, E.M. Micorriza arbuscular em espécies arbóreas nativas da Bacia do Rio Tabagi, Paraná. **Revista Cerne**, v.8, p.77-87, 2002.



# APÊNDICE

## APÊNDICE A

**Tabela 1A.** Resumo da análise de variância, com os quadrados médios (QM), para dados de altura (cm) de Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.), avaliadas aos 30, 60, 90 e 120 dias de cultivo em casa de vegetação

Fator de variação	GL	QM			
		30	60	90	120
P	3	892.706.332 **	107.566.156 **	459.155.750 **	59.916.923 **
K	3	20.240.645 n.s	32.414.103 *	22.706.444 n.s	1.396.705 n.s
FMA	1	105.716.412 n.s	2.773.914.307 **	9.065.982.164 **	1.238.509.288 **
FMA x K	3	73.778.145 n.s	6.471.742 n.s	12.160.978 n.s	1.301.211 n.s
FMA x P	3	45.061.969 n.s	101.596.957 **	420.221.885 **	57.170.363 **
P x K	9	49.217.495 n.s	10.337.406 n.s	12.491.740 n.s	1.960.662 n.s
FMA x P x K	9	33.848.489 n.s	8.090.122 n.s	6.110.088 n.s	1.898.344 n.s
Total	127				
CV %		22,63	20,41	14,52	15,75

Onde: P = diferentes fontes e doses de fósforo (P); K = diferentes fontes e doses de potássio (K); FMA = ausência e presença do fungo *Gigaspora margarita* Becker & Hall.

\*Significativo ( $p < 0,05$ ) pelo teste F; \*\*Significativo ( $p < 0,01$ ) pelo teste F; n.s Não-Significativo ( $p > 0,05$ ) pelo teste F.

## APÊNDICE B

**Tabela 1B.** Resumo da análise de variância, com os quadrados médios (QM), para dados de diâmetro (mm) de Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.), avaliadas aos 30, 60, 90 e 120 dias de cultivo em casa de vegetação

Fator de variação	GL	QM			
		30	60	90	120
FMA	1	0,00735078 <sup>n.s</sup>	3.877.501.953 <sup>**</sup>	1.290.421.125 <sup>**</sup>	2.716.197.781 <sup>**</sup>
P	3	0,05585286 <sup>*</sup>	467.140.911 <sup>**</sup>	111.539.458 <sup>**</sup>	212.732.177 <sup>**</sup>
K	3	0,0195487 <sup>n.s</sup>	0,43215078 <sup>*</sup>	10.137.563 <sup>*</sup>	12.733.635 <sup>*</sup>
FMA x K	3	0,0165112 <sup>n.s</sup>	0,12849453 <sup>n.s</sup>	0,3544896 <sup>n.s</sup>	0,4883427 <sup>n.s</sup>
FMA x P	3	0,01208203 <sup>n.s</sup>	0,60871953 <sup>*</sup>	84.774.750 <sup>**</sup>	185.767.385 <sup>**</sup>
P x K	9	0,01241328 <sup>n.s</sup>	0,20818134 <sup>n.s</sup>	0,4891743 <sup>n.s</sup>	0,7827892 <sup>*</sup>
FMA x P x K	9	0,00369245 <sup>n.s</sup>	0,15010009 <sup>n.s</sup>	0,2583743 <sup>n.s</sup>	0,5034865 <sup>n.s</sup>
Total	127				
CV %		8,97	14,47	13,60	13,01

Onde: P = diferentes fontes e doses de fósforo (P); K = diferentes fontes e doses de potássio (K); FMA = ausência e presença do fungo *Gigaspora margarita* Becker & Hall.

\*Significativo ( $p < 0,05$ ) pelo teste F; \*\*Significativo ( $p < 0,01$ ) pelo teste F; <sup>n.s</sup> Não-Significativo ( $p > 0,05$ ) pelo teste F.

## APÊNDICE C

**Tabela 1C.** Resumo da análise de variância, com os quadrados médios (QM), para os dados de matéria seca (folha, caule e raiz); alocação de biomassa (folha, caule e raiz); relação raiz / parte aérea e percentagem de colonização de raiz de mudas de Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.), avaliadas aos 120 dias de cultivo em casa de vegetação

Fator de variação	GL	QM										% colonização							
		MsF	MsC	MsR	MsT	R/Pa	ABF	ABC	ABR										
INOC	1	7.852.090.061	**	1.597.191.616	**	100.139.552	**	6.082.976.063	**	634.025.245	**	2.702.496.255	**	4.167.859.855	**	1.358.262.120	**	4.661.146.188	**
P	3	322.242.512	**	70.451.530	**	171.222.259	**	331.243.082	**	0.45920951	**	176.107.609	*	160.644.876	*	66.940.547	**	0.00545201	n.s
K	3	0.3179768	n.s	4.186.699	n.s	0.8633291	*	10.981.880	n.s	0.02933703	n.s	162.798.744	n.s	68.494.565	n.s	2.266.798	n.s	0.00517676	n.s
INOC x K	3	0.6831558	n.s	0.774565	n.s	0.2558188	n.s	3.063.427	n.s	0.02953525	n.s	24.521.580	n.s	51.659.890	n.s	3.134.239	n.s	0.00517676	n.s
INOC x P	3	295.307.662	**	53.366.714	**	208.525.064	**	299.230.322	**	0.37896724	**	157.878.379	n.s	107.277.840	*	49.442.145	**	0.00545201	n.s
P x K	9	0.9229939	n.s	2.594.464	n.s	44.255.416	n.s	8.680.809	n.s	0.05305701	n.s	32.084.413	n.s	11.995.998	n.s	7.165.239	n.s	0.00176231	n.s
INOC x P x K	9	0.5898173	n.s	1.866.859	n.s	0.4868091	n.s	6.270.948	n.s	0.05442713	n.s	29.129.969	n.s	30.186.116	n.s	5.550.980	n.s	0.00176231	n.s
Total	127																		
CV %		26,26		26,08		27,97				47,72		26,52		13,05		25,76		4,85	

Onde: P = diferentes fontes e doses de fósforo (P); K = diferentes fontes e doses de potássio (K); FMA = ausência e presença do fungo *Gigaspora margarita* Becker & Hall.

\*Significativo ( $p < 0,05$ ) pelo teste F; \*\*Significativo ( $p < 0,01$ ) pelo teste F; <sup>n.s</sup> Não-Significativo ( $p > 0,05$ ) pelo teste F.

## APÊNDICE D

**Tabela 1D.** Resumo da análise de variância, com os quadrados médios (QM), para os dados de concentrações de nutrientes (P, Ca, Mg e K), na parte aérea, de mudas de Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.), avaliadas aos 120 dias de cultivo em casa de vegetação

Fator de variação	GL	QM							
		P		K	Ca	Mg			
INOC	1	1.528.508.061	**	0,45495728	*	47.407.316	**	0,38264028	**
P	3	25.401.626	**	131.871.916	**	1.243.571.925	**	649.371.926	**
K	3	1.320.972	n.s	0,67342909	*	19.863.586	**	0,21061098	n.s
INOC x K	3	0,458637	n.s	0,65170278	*	10.991.121	*	0,15530968	n.s
INOC x P	3	2.582.130	n.s	0,38753353	*	34.939.648	**	0,44484759	**
P x K	9	1.762.156	n.s	0,27903283	*	17.360.689	**	0,22667113	n.s
INOC x P x K	9	1.932.885	n.s	0,29329726	*	17.243.542	**	0,20491974	n.s
Total	127								
CV %		29,75		27,52		29,16		14,81	

Onde: P = diferentes fontes e doses de fósforo (P); K = diferentes fontes e doses de potássio (K); FMA = ausência e presença do fungo *Gigaspora margarita* Becker & Hall.

\*Significativo ( $p < 0,05$ ) pelo teste F; \*\*Significativo ( $p < 0,01$ ) pelo teste F; n.s Não-Significativo ( $p > 0,05$ ) pelo teste F.

## APÊNDICE E

**Tabela 1E.** Resumo dos quadrados médios (QM), para as equações de crescimento linear, de mudas de Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.), avaliadas aos 30, 60, 90 e 120 dias de cultivo em casa de vegetação

Tratamentos	Altura (cm)		Diâmetro (mm)	
	QM <sub>(regreção)</sub>		QM <sub>(regreção)</sub>	
P0K0M-	4459.95	**	216.605	**
P0K0M+	74420.9	**	146.656	**
P0BK1M-	6339.55	**	616.437	**
P0BK1M+	71007.2	**	155.326	**
P0BK2M-	2608.74	**	100.509	**
P0BK2M+	75784.0	**	167.108	**
P0KCI M-	1859.84	**	895.682	**
P0KCI M+	63143.1	**	168.818	**
BP1K0M-	3164.03	**	84.065	**
BP1K0M+	74148.2	**	176.167	**
BP1BK1M-	3286.95	**	724.205	**
BP1BK1M+	78302.2	**	138.723	**
BP1BK2M-	2848.75	**	652.279	**
BP1BK2M+	95557.2	**	162.474	**
BP1KCI M-	5077.99	**	107.367	**
BP1KCI M+	7046.7	**	177.538	**
BP2K0M-	4853.91	**	13.042	**
BP2K0M+	72986.1	**	147.177	**
BP2BK1M-	3726.56	**	949.486	**
BP2BK1M+	69412.4	**	157.905	**
BP2BK2M-	4350.73	**	125.698	**
BP2BK2M+	88374.2	**	191.706	**
BP2KCI M-	4905.69	**	143.052	**
BP2KCI M+	62788.1	**	986.078	**
SFSK0M-	39600.8	**	133.603	**
SFSK0M+	77443.8	**	156.919	**
SFSBK1M-	34526.3	**	801.263	**
SFSBK1M+	63208.6	**	126.053	**
SFSBK2M-	52448.5	**	152.659	**
SFSBK2M+	66688.0	**	152.668	**
SFSKCI M-	53598.9	**	133.372	**
SFSKCI M+	81713.3	**	149.434	**

Onde: P = diferentes fontes e doses de fósforo (P); K = diferentes fontes e doses de potássio (K); M-/ M+ = ausência e presença do fungo *Gigaspora margarita* Becker & Hall.

\*Significativo ( $p < 0,05$ ) pelo teste F; \*\*Significativo ( $p < 0,01$ ) pelo teste F; <sup>n.s</sup> Não-Significativo ( $p > 0,05$ ) pelo teste F.