

**MARÍLIA MALTA CAVALCANTE MENDES**

**CRESCIMENTO DE SABIÁ (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.)  
EM RESPOSTA À INOCULAÇÃO COM RIZÓBIO E FUNGOS  
MICORRÍZICOS ARBUSCULARES**

**RECIFE  
Pernambuco-Brasil  
Março – 2010**

MARÍLIA MALTA CAVALCANTE MENDES

CRESCIMENTO DE SABIÁ (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.)  
EM RESPOSTA À INOCULAÇÃO COM RIZÓBIO E FUNGOS  
MICORRÍZICOS ARBUSCULARES

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: MÁRCIA DO VALE BARRETO FIGUEIREDO, D.Sc.

JOSÉ ANTÔNIO ALEIXO DA SILVA, Ph.D.

RECIFE  
Pernambuco-Brasil  
Março – 2010

Ficha catalográfica

M538c Mendes, Marília Malta Cavalcante  
Crescimento de Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia*  
Benth.) em resposta à inoculação com rizóbio e fungos  
micorrízicos arbusculares / Marília Malta Cavalcante  
Mendes. – 2010.  
86 f.: il.

Orientadora: Lúcia de Fatima de Carvalho Chaves  
Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) –  
Universidade Federal Rural de Pernambuco. Departamento de  
Ciência Florestal, Recife, 2010.

Inclui referências e anexo.

1. Leguminosa 2. Fertilidade 3. Simbiose I. Chaves,  
Lúcia de Fatima de Carvalho, orientadora II. Título

CDD 576

**MARÍLIA MALTA CAVALCANTE MENDES**

**CRESCIMENTO DE SABIÁ (*Mimosa caesalpiniaefolia*  
Benth.) EM RESPOSTA À INOCULAÇÃO COM RIZÓBIO  
E FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES**

Aprovada em 19 / 03 / 2010

Banca Examinadora:

---

Prof. Dr. Newton Pereira Stamford - UFRPE

---

Prof. Dr. Silmar Gonzaga Molica - UFRPE

---

Prof. Dr. Marco Antônio Amaral Passos - UFRPE

Orientadora:

---

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

Co-orientadores:

---

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

---

Ph.D. José Antônio Aleixo da Silva

RECIFE-PE  
Março/2010

## AGRADECIMENTOS

A **Deus**, pela perseverança para superar as dificuldades encontradas.

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

À **Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco – FACEPE**, pela aprovação do projeto e concessão da bolsa.

Ao **Instituto Agrônomo de Pernambuco – IPA**, pela infra-estrutura cedida à realização deste trabalho, em especial ao **Laboratório de Biologia do Solo**, que mais uma vez me acolheu dando todo apoio técnico à execução deste trabalho.

Ao **Centro Nacional de Pesquisa de Agrobiologia – Embrapa Agrobiologia**, pelos inoculantes cedidos.

A minha comissão de orientação: minha **orientadora Dra. Lúcia de Fátima de Carvalho Chaves**, pela orientação e confiança no meu trabalho; meus **co-orientadores, Dr. José Antônio Aleixo da Silva**, pela valiosa contribuição e explicações nas análises estatísticas e, em especial, **Dra. Márcia do Vale Barreto Figueiredo**, de quem sempre obtive estímulo para meu crescimento profissional e que esteve presente em todos os momentos, principalmente nas horas difíceis, transmitindo confiança e incentivo. Seu apoio foi fundamental para a condução deste trabalho.

A **José de Paula Oliveira, Dr. Hélio Almeida Burity, Maria do Carmo Silva Barreto, Mário Leandro da Silva e Rosa Livia Carvalho de Moraes**, pela disposição em sempre ajudar e excelente convívio, meus sinceros agradecimentos.

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

A **minha família**, pela vida que me proporcionaram, impossível expressar toda minha gratidão, meus pais **Eraldo Malta Mendes da Silva e Lúcia Amélia Malta Cavalcante**, meu tio **João Maurício Malta Cavalcante** e meus primos **João Maurício Malta Cavalcante Filho e Maria Clara Malta**

**Cavalcante**, cada um de vocês contribuiu de uma forma única para esse trabalho.

A **Tarcísio Pio Pontes Neto**, que compartilhou de todas as etapas deste trabalho, pelas longas horas de coletas de dados, paciência, dedicação e amor, serei sempre grata.

Aos **trabalhadores do campo**, Lucivaldo Pereira dos Santos e José Pedro do Santos, pelos serviços prestados.

Aos **colegas da turma**, Adenilda, Ana Patrícia, Fernando, Maria Amanda, Newton, Poliana, Rafael, Roseane, Rosival, Tassiane e Thainá, companheiros na amizade e na experiência compartilhada durante esses dois longos anos, e

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

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	VIII
LISTA DE TABELAS.....	IX
RESUMO .....	XI
ABSTRACT .....	XIII
1. INTRODUÇÃO .....	01
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	03
2.1 SABIÁ ( <i>Mimosa caesalpiniaefolia</i> Benth.) .....	03
2.2 SIMBIOSE COM MICRORGANISMOS .....	04
2.2.1 Bactérias Fixadoras de Nitrogênio .....	04
2.2.2 Fungos Micorrízicos Arbusculares.....	07
2.2.3 Inoculação com Bactéria Fixadora de Nitrogênio e Fungos Micorrízicos Arbusculares.....	09
2.3. MODELAGEM .....	11
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	14
3.1 Primeira Fase do Experimento .....	14
3.2 Segunda Fase do Experimento .....	17
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	23
4.1 Crescimento em altura de mudas de Sabiá submetidas à inoculação com fungos micorrízicos arbusculares e bactéria fixadora de nitrogênio.....	23
4.2 Crescimento em diâmetro do colo de plantas de Sabiá submetidas à inoculação com fungos micorrízicos arbusculares e bactéria fixadora de nitrogênio.....	35
4.3 Conteúdo de N e P na parte aérea das plantas de Sabiá submetidas à inoculação com fungos micorrízicos arbusculares e bactéria fixadora de nitrogênio.....	45
4.4 Sobrevivência de plantas de Sabiá submetidas à inoculação com fungos micorrízicos arbusculares e bactéria fixadora de nitrogênio.....	49
5. CONCLUSÕES .....	52
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	53
ANEXOS .....	67

## LISTA DE FIGURAS

Figura

1. Mudanças de Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.) produzidas sob diferentes tratamentos: T<sub>1</sub> = Testemunha Absoluta; T<sub>2</sub> = *Gigaspora margarita*; T<sub>3</sub> = *Glomus clarum*; T<sub>4</sub> = Rizóbio = BR3405; T<sub>5</sub> = Rizóbio + *Gigaspora margarita*; T<sub>6</sub> = Rizóbio + *Glomus clarum*; T<sub>7</sub> = *Gigaspora margarita* + *Glomus clarum*; T<sub>8</sub> = *Gigaspora margarita* + *Glomus clarum* + Rizóbio, na casa de vegetação do IPA, Recife – PE..... 16
2. Distribuição das plantas de Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.), de acordo com os tratamentos, na Estação Experimental do Instituto Agrônomo de Pernambuco – IPA, em Caruaru – PE..... 19
3. Espaçamentos de 1 x 1 m entre plantas da parcela e 2 m entre parcelas, na instalação do experimento da Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.), na Estação Experimental do Instituto Agrônomo de Pernambuco - IPA, em Caruaru – PE..... 20
4. Plantio das mudas de Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.) aos 90 dias após inoculação e sementeira, na Estação Experimental do Instituto Agrônomo de Pernambuco – IPA, em Caruaru – PE..... 20
5. Crescimento em altura de mudas de Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.), cultivadas sob os tratamentos *Gigaspora margarita*; BR3405; *Glomus clarum* + *Gigaspora margarita* + BR3405 (Grupo 1), observada (Real) e estimada pela regressão, considerando o Modelo de Chapman-Richards..... 33
6. Crescimento em altura de mudas de Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.), cultivadas sob os tratamentos Testemunha Absoluta; *Glomus clarum*; BR3405 + *Gigaspora margarita*; BR3405 + *Glomus clarum*; *Glomus clarum* + *Gigaspora margarita* (Grupo 2), observada (Real) e estimada pela regressão, considerando o Modelo de Chapman-Richards..... 34
7. Crescimento em diâmetro do colo de plantas de Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.), cultivadas sob os tratamentos *Gigaspora margarita*; *Glomus clarum* + *Gigaspora margarita* + BR3405 (Grupo 1), observada (Real) e estimada pela regressão, considerando o Modelo de Chapman-Richards..... 43
8. Crescimento em diâmetro do colo de plantas de Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.), cultivadas sob os tratamentos Testemunha Absoluta; *Glomus clarum*; BR3405; BR3405 + *Gigaspora margarita*; BR3405 + *Glomus clarum*; *Glomus clarum* + *Gigaspora margarita* (Grupo 2), observada (Real) e estimada pela regressão, considerando o Modelo de Chapman-Richards..... 44

## LISTA DE TABELAS

### Tabela

1. Caracterização química do solo (Podzólico Amarelo) utilizado para produção de mudas de Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.), coletado na Estação Experimental de Itapirema, do Instituto Agrônomo de Pernambuco - IPA, em Goiana-PE..... 17
2. Caracterização química do solo (Planossolo) da área de plantio das mudas de Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.), na Estação Experimental do Instituto Agrônomo de Pernambuco, em Caruaru-PE.. 17
3. Altura média de mudas de Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.), aos 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210, 240 e 270 dias após inoculação com fungos micorrízicos arbusculares e bactéria fixadora de nitrogênio, no Instituto Agrônomo de Pernambuco – IPA..... 30
4. Média de altura de plantas de Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.), aos 270 dias após inoculação com fungos micorrízicos arbusculares e bactéria fixadora de nitrogênio, no Instituto Agrônomo de Pernambuco - IPA, em Caruaru – PE..... 31
5. Diâmetro do colo de plantas de Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.), aos 120, 150, 180, 210, 240 e 270 dias após inoculação com fungos micorrízicos arbusculares e bactéria fixadora de nitrogênio, no Instituto Agrônomo de Pernambuco – IPA, em Caruaru - PE..... 36
6. Diâmetro do colo de plantas de Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.), aos 270 dias após inoculação com fungos micorrízicos arbusculares e bactéria fixadora de nitrogênio, no Instituto Agrônomo de Pernambuco - IPA, em Caruaru – PE..... 41
7. Conteúdo total acumulado de Nitrogênio na parte aérea das plantas de Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.) aos 150 e 240 dias após inoculação com fungos micorrízicos arbusculares e bactéria fixadora de nitrogênio..... 46
8. Conteúdo total acumulado de Fósforo na parte aérea das plantas de Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.) aos 150 e 240 dias após inoculação com fungos micorrízicos arbusculares e bactéria fixadora de nitrogênio..... 47

1A	Resumo da análise de variância para dados de altura de mudas de Sabiá ( <i>Mimosa caesalpiniaefolia</i> Benth.) cultivadas em casa de vegetação, aos 30, 60 e 90 dias após inoculação com fungos micorrízicos arbusculares e bactéria fixadora de nitrogênio.....	68
2A	Resumo da análise de variância para dados de altura de plantas de Sabiá ( <i>Mimosa caesalpiniaefolia</i> Benth.) cultivadas em campo, aos 120,150, 180, 210, 240 e 270 dias após inoculação com fungos micorrízicos arbusculares e bactéria fixadora de nitrogênio.....	69
1B	Resumo da análise de variância para dados de diâmetro do colo de plantas de Sabiá ( <i>Mimosa caesalpiniaefolia</i> Benth.) cultivadas em campo, aos 120, 150, 180, 210, 240 e 270 dias após inoculação com fungos micorrízicos arbusculares e bactéria fixadora de nitrogênio.....	70
1C	Resumo da análise de variância para dados de altura e diâmetro do colo de plantas de Sabiá ( <i>Mimosa caesalpiniaefolia</i> Benth.) aos 270 dias de cultivo após inoculação com fungos micorrízicos arbusculares e bactéria fixadora de nitrogênio.....	71
1D	Resumo da análise de variância da regressão para crescimento em altura das plantas de Sabiá ( <i>Mimosa caesalpiniaefolia</i> Benth.) cultivadas sob os tratamentos <i>Gigaspora margarita</i> , BR3405 e <i>Glomus clarum</i> + <i>Gigaspora margarita</i> + BR3405 (Grupo 1), e para os tratamentos Testemunha Absoluta, <i>Glomus clarum</i> , BR3405 + <i>Gigaspora margarita</i> , BR3405 + <i>Glomus clarum</i> , <i>Glomus clarum</i> + <i>Gigaspora margarita</i> (Grupo 2), em relação ao tempo, de acordo com o Modelo de Chapman-Richards.....	72
2D	Resumo da análise de variância da regressão para crescimento em diâmetro do colo das plantas de Sabiá ( <i>Mimosa caesalpiniaefolia</i> Benth.) cultivadas sob os tratamentos <i>Gigaspora margarita</i> e <i>Glomus clarum</i> + <i>Gigaspora margarita</i> + BR3405 (Grupo 1), e para os tratamentos Testemunha absoluta, <i>Glomus clarum</i> , BR3405, BR3405 + <i>Gigaspora margarita</i> , BR3405 + <i>Glomus clarum</i> , <i>Glomus clarum</i> + <i>Gigaspora margarita</i> (Grupo 2), em relação ao tempo, de acordo com o Modelo de Chapman-Richards.....	73
1E	Resumo da análise de variância para dados de conteúdo de Nitrogênio e Fósforo na parte aérea da Sabiá ( <i>Mimosa caesalpiniaefolia</i> Benth.) cultivadas em campo, aos 150 e 240 dias após inoculação com fungos micorrízicos arbusculares e bactéria fixadora de nitrogênio.....	74

MENDES, MARÍLIA MALTA CAVALCANTE, Crescimento de Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.) em Resposta à Inoculação com Rizóbio e Fungos Micorrízicos Arbusculares. 2010. Orientadora: Lúcia de Fatima de Carvalho Chaves. Co-orientadores: Márcia do Vale Barreto Figueiredo e José Antônio Aleixo da Silva.

## RESUMO

Os microrganismos constituem uma ferramenta biológica que podem ser utilizados como uma alternativa capaz de minimizar o uso de fertilizantes químicos tradicionalmente usados em programas de revegetação e enriquecimento do solo. Em simbiose com a vegetação, geram economia pela redução de produtos químicos (pesticidas e adubos), resultando em benefício para o meio ambiente, menores custos para recuperação de áreas degradadas e maior facilidade de desenvolvimento da planta no ambiente com déficit nutricional, contribuindo para o desenvolvimento econômico e socioambiental. Este trabalho teve como objetivo avaliar o crescimento da leguminosa Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.) em resposta à inoculação com Rizóbio e Fungos Micorrízicos Arbusculares. O experimento foi desenvolvido na sede Instituto Agrônomo de Pernambuco – IPA e instalado no campo da Estação Experimental do IPA no município de Caruaru-PE, Agreste de Pernambuco. As sementes foram provenientes do Instituto de Pesquisa e Estudos Florestais – IPEF. A estirpe de rizóbio utilizada foi a BR3405 proveniente do Centro Nacional de Pesquisa em Agrobiologia – CNPAB, bactéria recomendada pela Rede de Laboratórios para Recomendação, Padronização e Difusão de Tecnologia de Inoculantes Microbianos de Interesse Agrícola - RELARE. Os Fungos Micorrízicos Arbusculares utilizados foram *Glomus clarum* e *Gigaspora margarita*, isolados provenientes do CNPAB. O delineamento experimental adotado foi o multivariado de medidas repetidas. Os tratamentos constam de T<sub>1</sub> = Testemunha Absoluta (sem inoculação com rizóbio, sem adição de FMA); T<sub>2</sub> = *Gigaspora margarita*; T<sub>3</sub> = *Glomus clarum*; T<sub>4</sub> = BR3405; T<sub>5</sub> = BR3405 + *Gigaspora margarita*; T<sub>6</sub> = BR3405 + *Glomus clarum*; T<sub>7</sub> = *Gigaspora margarita* + *Glomus clarum*; T<sub>8</sub> = *Gigaspora margarita* + *Glomus clarum* + BR3405. Foram avaliadas, as variáveis: sobrevivência, em campo; altura e diâmetro das plantas, mensalmente; o conteúdo de N e P na parte aérea, aos 150 e 240

dias. As plantas de Sabiá apresentaram sobrevivência satisfatória, independente do tratamento utilizado; a inoculação conjunta de *Glomus clarum* + *Gigaspora margarita* + BR3405 e a inoculação com o isolado *G. margarita* promoveram os melhores valores para as variáveis estudadas (altura, diâmetro do colo, conteúdos de N e P), sendo este último o tratamento mais indicado para o cultivo da Sabiá; a inoculação de *G. clarum* + *G. margarita* promoveu crescimento inferior em relação aos demais tratamentos, não sendo recomendado para fins de produção; não foi constatada diferença estatística para os conteúdos de N e P na parte aérea da Sabiá, porém foi observada uma melhora substancial com o uso dos simbioses.

**Palavras-chave:** Leguminosa, Fertilidade, Simbiose.

## ABSTRACT

The microorganisms are a biological tool that could be used as an able alternative to minimize chemical fertilizer use traditionally used in re-vegetation programs and soil enrichment. In vegetation symbiosis generates economy through reduction of chemical products (pesticides and fertilizer), result in benefits to environment, cost reduction to rehabilitation of degraded areas and more ease plant developed into environment with nutritional deficit, contributing to economic and socio-environmental development. The objective of this study was to evaluate the growth of Leguminosae Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.) like response to *Rhizobium* and arbuscular mycorrhizal fungi inoculation. The experiment was conducted at Instituto Agronômico de Pernambuco – IPA and it was plot at IPA experimental field, Caruaru-PE, Agreste from Pernambuco. *Rhizobium* strain used was BR3405 from Centro Nacional de Pesquisa em Agrobiologia – CNPAB, bacteria recommended from “Rede de Laboratórios para Recomendações, Padronização e Difusão de Tecnologia de Inoculantes Microbianos de Interesse Agrícola” – RELARE. The arbuscular mycorrhizal fungi used was *Glomus clarum* and *Gigaspora margarita* from CNPAB. The experimental design was a general linear models procedure for repeated measures. The treatments were T<sub>1</sub> = Control (without *Rhizobium* inoculation and no FMA add); T<sub>2</sub> = *Gigaspora margarita*; T<sub>3</sub> = *Glomus clarum*; T<sub>4</sub> = BR3405; T<sub>5</sub> = BR3405 + *Gigaspora margarita*; T<sub>6</sub> = BR3405 + *Glomus clarum*; T<sub>7</sub> = *Gigaspora margarita* + *Glomus clarum*; T<sub>8</sub> = *Gigaspora margarita* + *Glomus clarum* + BR3405. It was analysed: plant's height and diameter, content of N and P in aerial part of plants, at 150 and 240 days, and field survival. Sabiá plants presented satisfactory survival regardless the treatment used; inoculation of *Glomus clarum* + *Gigaspora margarita* + BR3405 and inoculation with *G. margarita* provided better values to studied variables (height, diameter, N and P), and this last one was the best chose to Sabiá plantation; *G. clarum* + *G. margarita* inoculation provided lower growth compared to the other treatment, can not be recommended for production; a direct relationship was not verified to N and P available at Sabiá seedlings, nevertheless was watch an improvement with symbiont used.

**Keywords:** Leguminosae, fertility, symbiosis

## 1. INTRODUÇÃO

Os solos, juntamente com seus organismos, participam de modo contundente para a manutenção da vida e para o equilíbrio da biosfera (SOUZA et al., 2006).

O seu conhecimento científico microbiológico deve ser crescente para o desenvolvimento de tecnologias que visem o equilíbrio, mais próximo possível da sustentabilidade (OSAKI, 2008). A produção agrícola sustentável deve estar associada a métodos que, além de minimizarem os impactos ambientais, poupem insumos não renováveis. Nesse sentido, há grande interesse em estudos sobre os microrganismos do solo (NOVAIS e SIQUEIRA, 2009).

Os microrganismos desempenham papel fundamental na manutenção dos solos, pois estão relacionados a processos-chave que mantêm a estrutura e a fertilidade, como sua participação na decomposição da matéria orgânica (PEIXOTO e ROSADO, 2008). Estudos têm sido intensificados nas últimas décadas, sobretudo em relação aos microrganismos simbiotes, tais como as bactérias fixadoras de nitrogênio e as micorrizas (SOUZA et al., 2006).

O interesse da comunidade científica e tecnológica nas pesquisas sobre plantas e sua simbiose com microrganismos tem objetivos práticos para aumentar a produção em solos marginais, reduzir o uso de fertilizantes químicos e alcançar uma produção mais sustentável e menos dependente de insumos (SIQUEIRA, 1996).

A utilização de fungos micorrízicos arbusculares e bactérias diazotróficas, associadas simbioticamente a plantas, tem sido indicada para serem incorporados em áreas com problemas edáficos de ordem física, química e biológica (RODRIGUES et al., 2006). Além de ser uma tecnologia ecológica, é também economicamente viável, mesmo quando se dispõe de um baixo potencial de investimento (FRANCO et al., 1996).

Essas associações caracterizam-se pela condição mutualística, uma vez que ambos os organismos se beneficiam da associação e, portanto, devem ser estudados como sistemas dinâmicos e não como organismos individualizados (OLIVEIRA e TRINDADE, 2000).

Das espécies de plantas com características ecológicas de constituir simbiose tripartite leguminosa - fungo micorrízico - rizóbio, a Sabiá (*Mimosa*

*caesalpiniaefolia* Benth.) apresenta-se como espécie potencial para utilização em programas de revegetação de áreas degradadas (SOUZA e SILVA, 1996).

Nesse contexto, desenvolveu-se o presente estudo, com o objetivo de avaliar o crescimento da Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.) em resposta à inoculação com Rizóbio e Fungos Micorrízicos Arbusculares. Como objetivos específicos, propõe-se avaliar a sobrevivência das mudas de Sabiá em campo, sob efeito de diferentes microrganismos, estabelecer curvas de crescimento para a Sabiá cultivada sob efeito de diferentes microrganismos, e determinar os conteúdos de nitrogênio e fósforo da parte aérea da Sabiá, em diferentes épocas de cultivo, sob efeito de diferentes microrganismos.

Os resultados obtidos com a pesquisa servem para melhor compreensão das interações microbianas com a biodiversidade vegetal, suprimindo informações sobre o crescimento da leguminosa arbórea Sabiá em simbiose com diferentes microrganismos, visando possibilitar a produção sustentada de matéria prima de origem vegetal, bem como recuperação de áreas degradadas, aprimorando e impulsionando a utilização de insumos microbiológicos, contribuindo para a conservação do meio ambiente.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. SABIÁ (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.)

A espécie *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth., pertencente à família Leguminosae, subfamília Mimosoideae (LORENZI, 2002), conhecida popularmente como Sabiá ou Sansão-do-Campo, é uma árvore de 4 (quatro) a 8 (oito) metros de altura, que ocorre naturalmente na região Nordeste do Brasil, em áreas da Caatinga do Piauí, Pernambuco, Alagoas, Rio Grande do Norte, Paraíba, Bahia e Ceará (FIGUEIRÔA et al., 2005), além de ter sido introduzida com êxito em regiões dos Estados do Rio de Janeiro e São Paulo (RIBASKI et al., 2003).

Seu caule, de aspecto ramificado, possui diâmetro entre 20 e 30 cm. É uma planta bastante esgalhada, com folhas compostas, bipinadas, possuindo em geral seis pinas opostas, cada uma com 4 (quatro) a 8 (oito) folíolos, com cerca de 8 (oito) cm de comprimento. Suas flores são brancas, pequenas, axilares, reunidas em espigas cilíndricas de 5 (cinco) a 10 (dez) cm de comprimento e, às vezes ordenadas em partículas terminais. Os frutos são legumes articulados, planos, medindo de 7 (sete) a 10 (dez) cm de comprimento e de 10 (dez) a 13 (treze) mm de espessura. As sementes são lisas e duras, medindo 5 (cinco) a 8 (oito) mm de diâmetro e apresentam dormência tegumentar (FIGUEIRÔA et al., 2005).

A folhagem produzida pela Sabiá é de alto teor protéico (STAMFORD et al., 1997), sendo uma forrageira que contribui significativamente na alimentação de bovinos, caprinos e ovinos (LIMA et al., 2008), especialmente na época de seca (CARVALHO, 2007).

A madeira é de grande durabilidade, resistente à umidade, sendo utilizada para estacas, lenha e carvão. É uma espécie heliófita, de rápido crescimento, de fácil renovação pela rebrotação de tocos e raízes e resistente à seca (RIZZINI, 1978).

A Sabiá proporciona elevada quantidade de biomassa, com um significativo aporte de material formador de serrapilheira, importante fonte de nutrientes e matéria orgânica ao solo, fundamental para o processo de

revegetação de áreas degradadas (SOUZA e SILVA, 1996). De acordo com Silva et al. (2009), a espécie pode proporcionar melhoria na estrutura do solo, incorporar matéria orgânica ao solo e servir como cobertura vegetal. Ferreira et al. (2007), avaliando a deposição e acúmulo de matéria seca e nutrientes na serrapilheira em um bosque de Sabiá, observaram que a espécie deposita quantidades significativas de nutrientes, com grande deposição de N, com efeitos benéficos para a melhoria da fertilidade do solo.

A Sabiá pode apresentar bom desenvolvimento em solos pobres (RIBASKI et al., 2003), devido à baixa exigência em fertilidade e umidade, podendo desenvolver-se em áreas muito degradadas, onde tenha havido movimentação de terra e exposição do subsolo (CARVALHO, 2007).

De acordo com Braga (1976) e Burity et al. (2000), a Sabiá é considerada uma espécie indispensável em qualquer programa de reflorestamento na Região Nordeste, principalmente no Semi-Árido.

Além disso, é comum sua utilização na região Sudeste do País como cerca-viva ou quebra-ventos. Em indústrias e áreas de mineração, a espécie é utilizada para minimizar impactos visuais e poeira gerada pelas atividades (RIBASKI et al., 2003).

Por seu uso múltiplo, a Sabiá é uma das espécies mais promissoras para plantios de empreendimentos ambientais e ou econômicos (MAIA, 2004). Desse modo, o uso de técnicas de conservação do solo tornam-se de fundamental importância para fortalecer a produção de matéria prima vegetal agregada à conservação do meio ambiente.

## **2.2. SIMBIOSE COM MICRORGANISMOS**

### **2.2.1. Bactérias Fixadoras de Nitrogênio**

A Sabiá é uma leguminosa capaz de dispor de relações microbianas que desempenham funções únicas na natureza. Seu sistema radicular possui a capacidade de associação simbiótica com bactérias genericamente conhecidas como Rizóbio, fixadoras de N atmosférico, considerada característica ecológica

de grande importância para a sua utilização em florestas em regeneração e áreas de reflorestamento (RIBASKI et al., 2003).

Em solos degradados, a perda da matéria orgânica ocasiona problemas na estrutura, disponibilidade de água e atividade biológica, prejudicando o fornecimento de elementos essenciais às plantas, como o P e N (FRANCO et al., 1995).

De acordo com Sousa (2008), o uso de leguminosas exerce importante papel na incorporação de nitrogênio, com notável função na dinâmica dos ecossistemas.

O Nitrogênio é o nutriente que mais influi no crescimento e produção das culturas (ALVES et al., 1994). Embora cerca de 78% da constituição da atmosfera terrestre seja representada por esse elemento, esse imenso reservatório não está disponível para a maioria dos vegetais, e seu mau fornecimento pode torná-lo tão limitante quanto a água para o crescimento e produtividade das plantas (SANTOS et al., 2008). Na atmosfera, as moléculas de nitrogênio encontram-se unidas de uma maneira muito estável, em tripla ligação, onde as plantas não conseguem utilizar diretamente o nutriente como fonte de proteína, sendo necessário convertê-lo a uma forma assimilável (ARAÚJO e CARVALHO, 2006).

Nos países em desenvolvimento, o nitrogênio representa mais que 70% dos custos com fertilizantes. A simbiose das leguminosas é o sistema mais perfeito capaz de substituir os processos químicos de fixação de nitrogênio e produção de fertilizantes (DÖBEREINER, 1992), além de ser a principal fonte de entrada de nitrogênio nos ecossistemas (SOUZA e SILVA, 1996).

A fixação biológica do nitrogênio (FBN) pelas leguminosas é o processo biológico de quebra da tripla ligação do  $N_2$  através de um complexo enzimático, denominado nitrogenase. Este processo ocorre no interior de estruturas específicas, denominadas de nódulos (ARAÚJO e CARVALHO, 2006), onde bactérias dos gêneros *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Azorhizobium*, *Sinorhizobium* e *Mesorhizobium* (BARBERI et al., 1998), convertem o  $N_2$  atmosférico em amônia, que é incorporada em diversas formas de N-orgânico para a utilização por plantas da família das leguminosas (ARAÚJO e CARVALHO, 2006). Até recentemente, era geralmente aceito que as leguminosas eram noduladas exclusivamente por membros das  $\alpha$ -

proteobactérias, pertencentes a alguns gêneros relacionados à família Rhizobiaceae. Entretanto, outras  $\alpha$ -proteobactérias têm sido apresentadas como noduladoras de leguminosas (MOULIN et al., 2002), incluindo estirpes de *Methylobacterium* (SY et al., 2001); *Blastobacter* (VAN BERKUN e EARDLY, 2002), e *Devosia* (RIVAS et al., 2002).

Para Laste et al. (2008), o uso de leguminosas associadas a microrganismos é uma alternativa para alcançar a auto-suficiência em nitrogênio. De acordo com Barberi et al. (1998), as leguminosas fixadoras de nitrogênio podem dispensar total ou parcialmente os fertilizantes nitrogenados, contribuindo assim para minimizar possíveis impactos ambientais decorrentes da utilização destes insumos.

Nos países desenvolvidos, a busca pela FBN tem sido movida pela conscientização ecológica sobre o uso intensivo, e às vezes abusivo, de produtos agroquímicos (NEVES e RUMJANEK, 1998). Em países da Europa, a lixiviação e escoamento de fertilizantes nitrogenados têm resultado em águas de rios, lagos e lençóis subterrâneos contaminadas com nitrato. Diversas doenças, como câncer e problemas respiratórios, têm sido associadas ao consumo de águas contaminadas (HUNGRIA et al., 2001).

Segundo Santos et al. (2008), o nitrogênio fixado pela simbiose leguminosas-rizóbios pode representar uma alternativa à fertilização química, e para Toledo et al. (2009), esta apresenta ainda as vantagens de redução dos custos de produção, além de prover equilíbrio ambiental.

Além disso, Souza e Silva (1996) afirmam que a planta em simbiose mutualista está mais apta a colonizar áreas degradadas, pois se apresenta com uma vantagem competitiva e estratégia nutricional muito superior ao da planta não simbiótica.

De acordo com Araújo Filho et al. (2007), esta é uma tecnologia viável para recuperação de solos degradados, pois, promove a sua melhoria, através do aporte de matéria orgânica e pela adição e reciclagem de nutrientes.

Ecologicamente, a FBN pelas leguminosas é um processo de adaptação a uma situação de desbalanço de nitrogênio. A simbiose que se estabelece entre rizóbios e espécies de leguminosas é o mais eficiente de todos os processos biológicos fixadores de N (KAHINDI et al., 1997).

Para um crescimento adequado das leguminosas arbóreas, Stamford e Silva (2000) indicam a inoculação com estirpe adequada de rizóbio, para tornar o estabelecimento da simbiose mais eficiente e ativa, de modo que algumas estirpes de rizóbio podem apresentar, muitas vezes, resultados superiores à aplicação do N mineral, quando na etapa de produção de mudas (RODRIGUES et al., 2006). Em adição, os diferentes métodos de inoculação e veículos utilizados na produção de inoculantes podem interferir na sobrevivência das bactérias e no processo de infecção radicular (FIGUEIREDO et al., 2002).

Após o aporte de nitrogênio através da FBN, o ecossistema adquire uma maior capacidade para suportar uma comunidade vegetal mais complexa. Assim, com a melhoria das condições físicas, químicas e biológicas do solo, com as leguminosas de crescimento rápido implantadas, há possibilidade de espécies de árvores mais exigentes em sombra, fertilidade do solo, umidade, etc., provenientes de outros locais, colonizarem a área (SOUZA e SILVA, 1996), caso existam fontes de propágulos e agentes dispersores (CHADA et al., 2004), contribuindo assim para o processo de sucessão da vegetação (LASTE et al., 2008).

### **2.2.2. Fungos Micorrízicos Arbusculares**

Outra importante associação benéfica à Sabiá forma-se com os Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMA) (MAIA, 2004), pertencentes ao Filo *Glomeromycota*, Classe *Glomeromycetes*, possuindo 4 ordens, 13 famílias, 19 gêneros e 214 espécies (SCHÜBLER, 2009).

Micorrizas arbusculares são associações simbióticas formadas entre as raízes das maiorias das espécies vegetais e fungos do solo, caracterizadas pela translocação de nutrientes com sentidos bidirecionais (PORTUGAL et al., 2006). São de ocorrência generalizada, estando amplamente distribuídos nos ecossistemas terrestres, desde regiões tropicais, temperadas, áreas cultivadas, florestas, savanas, até dunas e desertos (SILVEIRA, 2000, citado por HOMMA, 2005).

Considerando os aspectos nutricionais, funcionais e ecológicos da relação fungo-planta, as micorrizas são definidas como “simbioses endofíticas,

biotróficas e mutualistas, prevalentes na maioria das plantas vasculares nativas e cultivadas, caracterizadas pelo contato íntimo e a perfeita integração morfológica entre o fungo e a planta, pela regulação funcional e troca de metabólitos, portanto, com benefícios mútuos” (SIQUEIRA e FRANCO, 1988).

Os fungos micorrízicos formam estruturas especializadas dentro do córtex radicular das plantas, e crescem além da superfície das raízes. As hifas do fungo capturam diversos nutrientes minerais importantes para o desenvolvimento e crescimento das plantas, translocando-os para as raízes, os quais são utilizados pelas plantas nos seus processos fisiológicos (STÜRMER et al., 2009).

Os principais benefícios dessa relação para as plantas são constituídos pelo surgimento de alterações metabólicas diversas. Essas alterações se refletem positivamente sobre o desenvolvimento e nutrição da planta. Desse modo, plantas micorrizadas apresentam maior atividade fotossintética, maior atividade enzimática e, produção de substâncias reguladoras de crescimento. Essas alterações metabólicas conferem às plantas maior resistência aos efeitos oriundos de estresses de natureza biótica (pragas e doenças) ou abiótica (déficits hídricos e nutricionais ou estresses térmicos). Assim sendo, ecologicamente, a micorrização proporciona melhor utilização e conservação dos nutrientes disponíveis no sistema solo-planta, por permitir às plantas melhor adaptação ao ecossistema (COLOZZI-FILHO e NOGUEIRA, 2007). Desse modo, de acordo com Focchi et al. (2004), o manejo apropriado desta simbiose pode reduzir a utilização de fertilizantes e pesticidas químicos.

Constatou-se, ainda, que em solos de média a baixa fertilidade, os FMA contribuem para aumentar a eficiência da absorção principalmente dos nutrientes de baixa mobilidade no solo, como P, Zn e Cu, tornando-os mais disponíveis às plantas (MIRANDA et al., 2008).

Para Stürmer et al. (2009), os fungos micorrízicos representam uma associação importante para a produção vegetal, baseada em técnicas biotecnológicas alternativas para a manutenção da qualidade do solo, sendo considerados um grupo-chave por impactarem a nutrição vegetal, as estruturas do solo e das comunidades vegetais e servirem como elo entre o sistema geoquímico e biológico nos ecossistemas terrestres.

### **2.2.3. Inoculação com Bactéria Fixadora de Nitrogênio e Fungos Micorrízicos Arbusculares**

O sucesso do plantio em grande escala de espécies florestais está associado à produção de mudas de boa qualidade, sua sobrevivência e estabelecimento no campo (SCHIAVO et al., 2009). O uso de mudas com parte aérea e sistema radicular bem formado e em bom estado nutricional, geralmente agrega uma alta taxa de sobrevivência e crescimento no campo, aumentando o seu poder de competição com a vegetação espontânea, diminuindo a frequência de limpeza e, conseqüentemente os custos da recuperação da área degradada (FONSECA, 2005).

Um sistema funcional tripartite leguminosa - fungo micorrízico - rizóbio é capaz de prover melhores condições fisiológicas às mudas, de modo que a dupla simbiose estabelecida permite à muda capturar com melhor eficiência os nutrientes, sobretudo N e P (SOUZA e SILVA, 1996), respondendo diretamente sob o desenvolvimento do sistema radicular, o que reflete no crescimento e desenvolvimento da parte aérea da planta, assegurando às mudas uma maior tolerância a características físico-químicas inadequadas do solo, e de acordo com Souchie et al. (2005), agregando maiores chances de estabelecimento e desenvolvimento em campo.

Na interação de fungos micorrízicos com bactérias fixadoras de nitrogênio existe um forte efeito sinérgico relacionado. O processo de FBN requer alta quantidade de energia na forma de ATP, de modo que o adequado fornecimento de P proporcionado pelo FMA favorece esse processo (JESUS et al., 2005), o que acarreta maior e melhor nodulação e funcionamento da nitrogenase (SILVEIRA, 1998).

Para Faria et al. (2005), a estratégia do uso de leguminosas arbóreas inoculadas com bactérias diazotróficas e fungos micorrízicos, em revegetação de áreas degradadas, apresenta, como vantagens, a ativação de processos ecológicos e a cobertura mais rápida da área degradada, com menos uso de fertilizantes (nitrogenados e fosfatados), com conseqüente redução de mão-de-obra na condução das plantas, o que representa economia nos custos do projeto.

As características das plantas, quando associadas simultaneamente a rizóbio e a micorrizas, permitem o seu cultivo em áreas degradadas com maiores chances de se ajustarem às condições edáficas adversas (RODRIGUES et al., 2006).

Maia (2004) confirma a importância de se realizar a inoculação de mudas de Sabiá com rizóbio e fungos micorrízicos, visando favorecer a absorção de nutrientes, principalmente quando o plantio for destinado a áreas onde a Sabiá não ocorra naturalmente.

Vários trabalhos (BURITY et al., 2000; MERGULHÃO et al., 2001; ARAÚJO et al., 2001; GROSS et al., 2004; ALMEIDA e RAYMUNDO-JÚNIOR, 2006; RODRIGUES et al., 2006; EMBRAPA, 2009) têm demonstrado respostas positivas à inoculação conjunta de rizóbio e micorrizas:

Burity et al. (2000), ao trabalharem com a Sabiá inoculada simultaneamente com rizóbio mais micorrizas, verificaram que a dupla inoculação apresentou melhor performance em diversos parâmetros avaliados, como na nodulação, área foliar, colonização radicular e atividade da nitrogenase, em relação à inoculação apenas com rizóbio.

Mergulhão et al. (2001), ao trabalharem com mudas de Sabiá duplamente inoculadas com micorrizas mais rizóbio, observaram que essa associação apresentou uma maior eficiência no rendimento da matéria verde e seca da parte aérea e raiz, altura das plantas e matéria seca de nódulos.

Araújo et al. (2001), ao trabalharem com plantas de *Leucena* inoculadas com rizóbio + fungo micorrízico, puderam concluir que a dupla inoculação contribuiu de maneira direta sob a nodulação e a fixação de nitrogênio, e ainda que esta interação, entre o rizóbio e FMA, pode ser uma alternativa para redução da adubação de N e P, além de reduzir os custos da produção.

Gross et al. (2004), ao avaliarem a eficiência da inoculação de fungos micorrízicos e rizóbios no crescimento inicial de plantas de *Anadenanthera peregrina* var. *falcata* (angico-do-cerrado), observaram que o crescimento das plantas foi influenciado positivamente pela concomitante inoculação do fungo micorrízico e da bactéria fixadora de N, tendo as plantas apresentado biomassa cerca de 60% maior do que o controle, já no décimo mês de cultivo.

Almeida e Raymundo-Júnior (2006), também estudando o crescimento de mudas de angico-do-cerrado, inoculadas com rizóbio e micorrizas,

observaram que a inoculação da bactéria fixadora de N + fungos micorrízicos aumentou o crescimento em altura e número de folhas, além de favorecer a formação dos nódulos, que se deu de forma mais precoce em relação à inoculação apenas com rizóbio, e que ainda os nódulos da dupla inoculação apresentaram-se 95% viáveis e com coloração típica, enquanto que a associação apenas com rizóbio apresentou apenas 35% de nódulos viáveis.

Rodrigues et al. (2006), ao relatarem a revegetação de uma área degradada pela extração de argila, concluíram que o uso de micorrizas e rizóbio associados às leguminosas é uma ferramenta importante no aumento de N e no incremento de matéria orgânica com menor relação C/N ao sistema.

Esta tecnologia também tem sido empregada com sucesso para a revegetação de voçorocas, onde as leguminosas arbóreas, noduladas e micorrizadas, garantem a adição de matéria orgânica, através da deposição de material senescente, em um curto período de tempo, favorecendo a melhoria das condições físicas, químicas e biológicas do solo, resultando no aumento do tempo de permanência da água e redução dos efeitos erosivos, minimizando o assoreamento de rios próximos (EMBRAPA, 2009).

Devido a esses benefícios, a utilização de microrganismos representa um grande potencial biotecnológico. A simbiose estabelecida entre esses microrganismos e a vegetação passa a merecer uma atenção cada vez maior por parte da comunidade científica. As estratégias da interação planta-microrganismos possibilitam maior habilidade competitiva das plantas noduladas e micorrizadas, reduz a dependência de fertilizantes e pesticidas químicos, facilita o estabelecimento e sucessão da vegetação, o que contribui para a recuperação de áreas degradadas, gerando, dessa forma, contribuição ao desenvolvimento econômico e socioambiental (SOUZA e SILVA, 1996).

### **2.3. MODELAGEM**

A compreensão e a predição do crescimento das árvores em um povoamento florestal vem sendo tema de grande interesse por profissionais que atuam na pesquisa e na gestão dos recursos florestais (MAESTRI et al., 2003).

O conhecimento do crescimento de plantas é fundamental para o manejo adequado e a detecção de problemas no desenvolvimento das culturas, podendo auxiliar no aperfeiçoamento de metodologias de pesquisa sobre a cultura, como, por exemplo, na identificação de parâmetros mais adequados para a avaliação do crescimento da planta nas diversas fases do ciclo (TERRA et al., 2008).

De acordo com Urchei et al. (2000), a análise de crescimento descreve as mudanças na produção vegetal em função do tempo, o que não é possível com o simples registro do rendimento.

Vários tipos de modelos estatísticos podem ser usados, de acordo com suas habilidades, para facilitar a interpretação dos processos envolvidos no sistema de produção vegetal (TERRA et al., 2008). De acordo com Silva (2008), modelo é uma formulação matemática baseada em hipóteses que tentam representar fenômenos, com a finalidade de gerar uma equação onde se possa estimar quantitativamente tais fenômenos, a um determinado nível de probabilidade. Para Terra et al. (2008), esses modelos podem fornecer informações e estimativas úteis, particularmente se forem baseados em parâmetros que permitem interpretação biológica.

De acordo com Sanquetta et al. (2010), a modelagem do crescimento de um ser vivo permite explicar e prever o comportamento de uma de suas dimensões no decorrer do tempo, sendo um requisito fundamental para se desenvolver qualquer tipo de atividade, seja de exploração ou conservação.

A análise de crescimento de seres vivos, utilizando modelos matemáticos e estatísticos, não é algo novo. No setor florestal, esse tipo de análise está cada vez mais sofisticada, e o ajuste dos modelos de crescimento é realizado com a utilização de métodos cada vez mais avançados, dada a facilidade de acesso aos computadores de alto desempenho e de softwares especializados em tais análises (MENDES et al., 2006).

Procedimentos matemáticos, como as técnicas de análise de regressão, que podem descrever o crescimento das árvores ao longo do tempo, são ferramentas bastante úteis no estudo do crescimento e da produção. O estudo das curvas de crescimento em altura, para um dado povoamento, pode auxiliar a construção de tabelas de produção, estudos de práticas adequadas ao manejo, bem como o planejamento da empresa florestal (TONINI, 2000).

De acordo com Maestri et al. (2003), cada vez mais, as decisões atinentes ao planejamento florestal são tomadas com base em modelos matemáticos, e para Marcolin e Couto (1993), citados por Berger (2000), por meio do uso desses modelos de predição de crescimento e produção, é possível o estudo de alternativas de manejo para diferentes condições de sítio, idades de desbaste e níveis de intervenção. No nível de indústria, os modelos de crescimento fornecem informações para o planejamento global da empresa, ao possibilitar a estimativa da disponibilidade futura de madeira, permitindo à empresa dimensionar áreas, prever expansões, adquirir ou vender madeira no mercado, entre outros.

Com a prognose da produção, é possível também viabilizar a adoção de um plano de suprimento, através da otimização da produção, ou ainda, da minimização de custos (ABREU et al., 2002).

No setor florestal, um modelo que vem sendo aplicado freqüentemente é o de Chapman-Richards por sua ampla flexibilidade e por conter outros modelos inclusos que dependem do parâmetro “m”.

Tal modelo é expresso por Silva (1986), como:

$$W_f = W_i * \left( \frac{1 - \exp(-\kappa t_f)}{1 - \exp(-\kappa t_i)} \right)^{\frac{1}{1-m}} * \epsilon_i$$

Em que:

$W_f$  = variável resposta no tempo final;

$W_i$  = variável resposta no tempo inicial;

$t_f$  = tempo final;

$t_i$  = tempo inicial;

$\kappa, m$  = parâmetros do modelo;

$\epsilon_i$  = erro aleatório

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido em duas etapas. A primeira etapa foi realizada no Laboratório de Biologia do Solo, na sede do Instituto Agrônomo de Pernambuco - IPA, onde foi produzido o inoculante com Rizóbio, e em casa de vegetação, onde foi realizada a inoculação das sementes e produção das mudas. A segunda etapa constou do plantio das mudas no Campo Experimental do IPA, no município de Caruaru, Agreste do Estado de Pernambuco.

#### 3.1. PRIMEIRA FASE DO EXPERIMENTO

##### - Em Laboratório e Casa de Vegetação

A leguminosa utilizada foi a *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth. As sementes foram provenientes do Instituto de Pesquisa e Estudos Florestais - IPEF. Foi realizada quebra de dormência das sementes para romper a impermeabilidade do tegumento, submetendo-as a uma temperatura de 80°C por 1 segundo, por imersão em água, repetindo-se essa operação por trinta vezes (metodologia recomendada pelo IPEF).

As sementes foram desinfestadas por meio de imersão em álcool a 70%, por um minuto, que funciona como um surfactante, modificando a tensão superficial e, por três minutos em hipoclorito de sódio a 1%, para redução do número de microrganismos, principalmente bactérias e fungos, sendo posteriormente lavadas com água destilada autoclavada por sete vezes (ANDRADE e HAMAKAWA, 1994).

A estirpe de Rizóbio utilizada foi a BR3405, proveniente do Centro Nacional de Pesquisa em Agrobiologia - CNPAB, Seropédica- RJ, bactéria recomendada pela Rede de Laboratórios para Recomendação, Padronização e Difusão de Tecnologia de Inoculantes Microbianos de Interesse Agrícola - RELARE. A estirpe foi cultivada em meio agar, manitol e extrato de levedura (YEMA) (VINCENT,1970), purificada no meio YEMA, utilizando-se como indicador o Vermelho Congo e multiplicada em meio manitol - extrato de

levedura (YEM), em agitador rotativo, à temperatura de 28°C por um período de três dias, em agitação de 200 rpm. O teste para verificação da excreção da bactéria foi realizado através do meio YEMA, em pH 6,8 utilizando o Azul de Bromotimol como indicador, onde se constatou que a bactéria possui excreção ácida. A inoculação das sementes foi realizada por ocasião da semeadura, utilizando-se, para a inoculação com rizóbio, o inoculante tendo como veículo “turfa” neutralizada e autoclavada a 120°C sob pressão de 101 kPa.

Os Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMA) utilizados foram *Glomus clarum* Nicol. & Schenck (CNPAB 005) e *Gigaspora margarita* Becker & Hall (CNPAB 001), provenientes do CNPAB. Foi efetivada a contagem do número de esporos pela técnica da decantação e peneiramento úmido (GERDEMANN e NICOLSON, 1963), e complementado pela técnica da centrifugação e flutuação em sacarose (JENKINS, 1964). Para inoculação com os Fungos Micorrízicos, utilizou-se 1,0 g do inoculante em forma de propágulo, contendo cerca de 180 esporos/g de inoculante, por recipiente de muda, por ocasião da semeadura, em contato direto com a semente.

Foram produzidas e cultivadas até os 90 (noventa) dias, em casa de vegetação, 120 mudas de cada tratamento, totalizando 960 plantas (Figura 1). Os tratamentos constam de: T<sub>1</sub> = Testemunha Absoluta; T<sub>2</sub> = FMA<sub>1</sub> = *Gigaspora margarita*; T<sub>3</sub> = FMA<sub>2</sub> = *Glomus clarum*; T<sub>4</sub> = Rizóbio = BR3405; T<sub>5</sub> = Rizóbio + FMA<sub>1</sub> = BR3405 + *Gigaspora margarita*; T<sub>6</sub> = Rizóbio + FMA<sub>2</sub> = BR3405 + *Glomus clarum*; T<sub>7</sub> = FMA<sub>1</sub> + FMA<sub>2</sub> = *Gigaspora margarita* + *Glomus clarum*; T<sub>8</sub> = FMA<sub>1</sub> + FMA<sub>2</sub> + Rizóbio = *Gigaspora margarita* + *Glomus clarum* + BR3405.

O substrato utilizado para produção das mudas foi solo proveniente do campo da Estação Experimental do IPA de Itapirema (Goiana-PE), classificado como Podzólico Amarelo, de acordo com EMBRAPA (2001), cuja caracterização química (Tabela 1) foi realizada no Laboratório de Fertilidade do Solo da Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE.



T<sub>1</sub>



T<sub>2</sub>



T<sub>3</sub>



T<sub>4</sub>



T<sub>5</sub>



T<sub>6</sub>



T<sub>7</sub>



T<sub>8</sub>



Vista parcial do experimento em casa de vegetação



Muda de Sabiá produzida em casa de vegetação

**Figura 1.** Mudanças de Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.) produzidas sob diferentes tratamentos: T<sub>1</sub> = Testemunha Absoluta; T<sub>2</sub> = *Gigaspora margarita*; T<sub>3</sub> = *Glomus clarum*; T<sub>4</sub> = Rizóbio = BR3405; T<sub>5</sub> = Rizóbio + *Gigaspora margarita*; T<sub>6</sub> = Rizóbio + *Glomus clarum*; T<sub>7</sub> = *Gigaspora margarita* + *Glomus clarum*; T<sub>8</sub> = *Gigaspora margarita* + *Glomus clarum* + Rizóbio, na casa de vegetação do IPA, Recife – PE.

**Tabela 1.** Caracterização química do solo (Podzólico Amarelo) utilizado para produção de mudas de Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.), coletado na Estação Experimental de Itapirema, do Instituto Agronômico de Pernambuco – IPA, em Goiana-PE

pH (água-1:2,5)	P (mg/dm <sup>3</sup> )	_____ (cmolc/dm <sup>3</sup> ) _____				
		Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>+2</sup> + Mg <sup>+2</sup>	Ca <sup>+2</sup>	Al <sup>+3</sup>
6,04	1	0,02	0,09	2,00	1,25	0,00

### 3.2. SEGUNDA FASE DO EXPERIMENTO

#### - Em Campo

Noventa dias após a inoculação e semeadura, em casa de vegetação, as mudas foram plantadas no campo. O local selecionado para o plantio foi uma área de capoeira na Estação Experimental do Instituto Agronômico de Pernambuco – IPA, em Caruaru, Agreste do Estado que, de acordo com Encarnação (s.d.), possui 08° 14' 18" de latitude S, 35° 55' 20" de longitude W Gr., e altitude de 537 m.

O solo da área de plantio é classificado como Planossolo, de acordo com EMBRAPA (2001), e sua caracterização química foi realizada no Laboratório de Fertilidade do Solo da Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE (Tabela 2).

**Tabela 2.** Caracterização química do solo (Planossolo) da área de plantio das mudas de Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.), na Estação Experimental do Instituto Agronômico de Pernambuco – IPA, em Caruaru-PE

pH (água-1:2,5)	P (mg/dm <sup>3</sup> )	_____ (cmolc/dm <sup>3</sup> ) _____				
		Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>+2</sup> + Mg <sup>+2</sup>	Ca <sup>+2</sup>	Al <sup>+3</sup>
6,16	3	0,03	0,19	2,40	1,35	0,10

H + Al (cmolc/dm <sup>3</sup> )	C.O. _____ g/Kg _____	M.O.
2,75	6,06	10,45

A vegetação existente, constituída por ervas invasoras, foi retirada, e o solo revolvido. A área foi cercada, a fim de proteger as mudas do pisoteio de animais existentes no local, e foi realizado o combate às formigas por meio de isca e formicida em pó.

O plantio foi realizado durante o período chuvoso, no mês de junho, aos 90 (noventa) dias após a inoculação e semeadura das plantas, utilizando-se o espaçamento 1 x 1 m entre plantas e 2 m entre parcelas (Figuras 2, 3 e 4).

O Delineamento Experimental utilizado foi o multivariado de medidas repetidas, com oito tratamentos e quatro repetições, sendo utilizadas 25 plantas por parcela, totalizando 800 plantas no experimento, e sendo consideradas úteis, para fins de avaliações, as nove (09) plantas centrais de cada parcela, de modo a eliminar o efeito de borda. As medidas foram realizadas mensalmente por um período de nove meses.

As análises dos dados foram realizadas por meio do software SAS (Statistical Analysis System) e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os tratamentos foram assim distribuídos:

$T_1$  = Testemunha Absoluta – Isenta de Inoculações

$T_2$  = FMA<sub>1</sub> = *Gigaspora margarita*;

$T_3$  = FMA<sub>2</sub> = *Glomus clarum*;

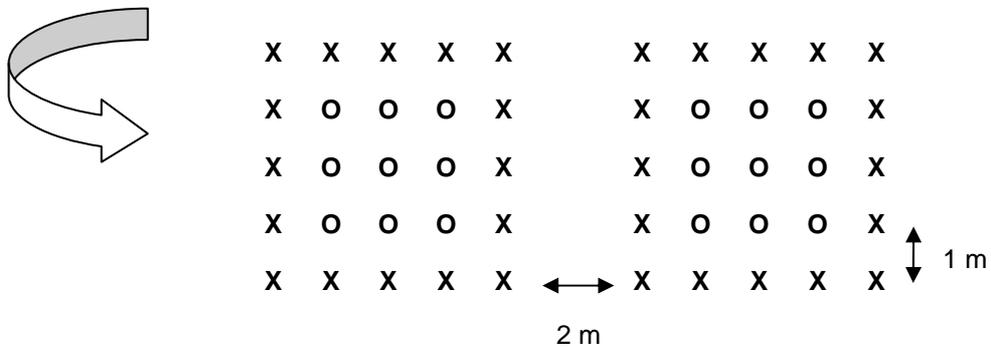
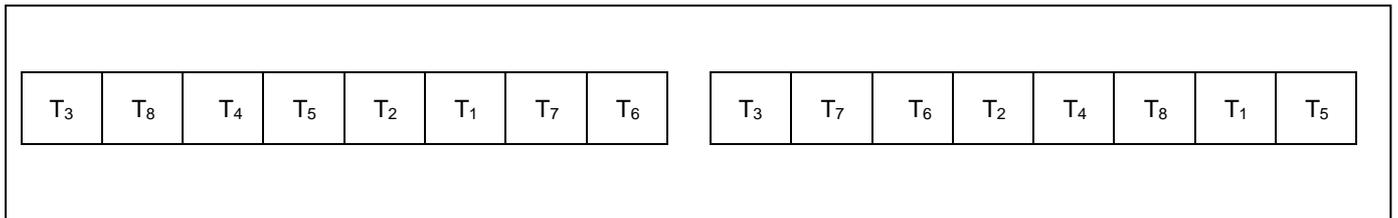
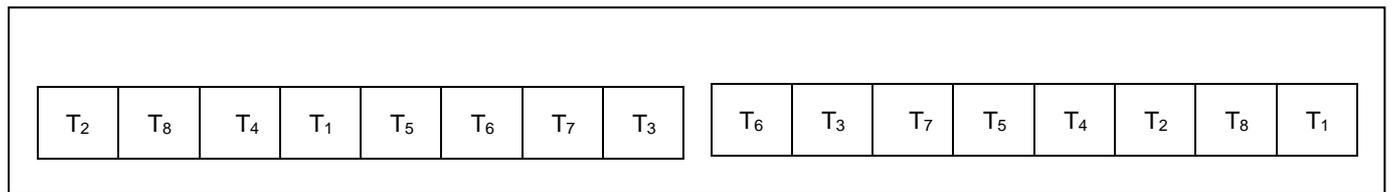
$T_4$  = Rizóbio = BR3405;

$T_5$  = Rizóbio + FMA<sub>1</sub> = BR3405 + *Gigaspora margarita*;

$T_6$  = Rizóbio + FMA<sub>2</sub> = BR3405 + *Glomus clarum*;

$T_7$  = FMA<sub>1</sub> + FMA<sub>2</sub> = *Gigaspora margarita* + *Glomus clarum*;

$T_8$  = FMA<sub>1</sub> + FMA<sub>2</sub> + Rizóbio = *Gigaspora margarita* + *Glomus clarum* + BR3405.



Distribuição das plantas na parcela:

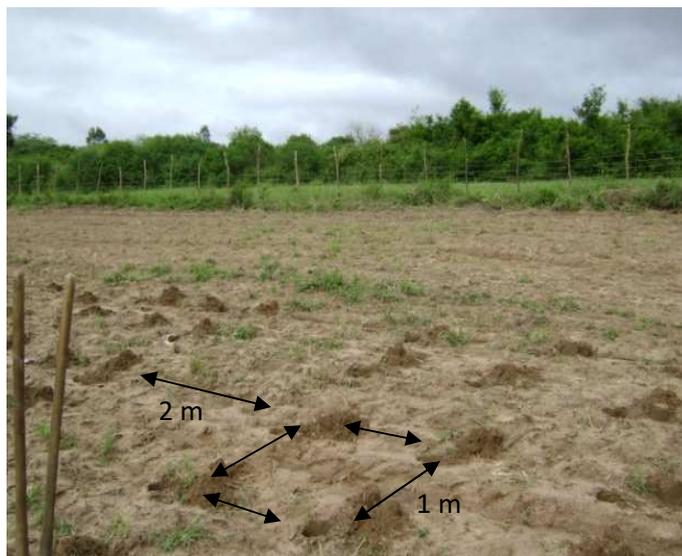
**X** = Plantas de bordadura

**O** = Plantas Úteis

Espaçamento entre parcelas = 2 m

Espaçamento entre plantas = 1 m

**Figura 2.** Distribuição das plantas de Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.), de acordo com os tratamentos, na Estação Experimental do Instituto Agrônomo de Pernambuco – IPA, em Caruaru – PE.



**Figura 3.** Espaços de 1 x 1 m entre plantas da parcela e 2 m entre parcelas, na instalação do experimento da Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.), na Estação Experimental do Instituto Agrônomo de Pernambuco - IPA, em Caruaru – PE.



**Figura 4.** Plantio das mudas de Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.) aos 90 dias após inoculação e semeadura, na Estação Experimental do Instituto Agrônomo de Pernambuco – IPA, em Caruaru – PE.

Para a modelagem de crescimento das plantas de Sabiá, em altura e diâmetro do colo, cultivadas sob diferentes tratamentos microbiológicos, as plantas úteis foram avaliadas mensalmente quanto à altura e diâmetro do colo,

até 270 dias após a inoculação e semeadura. Na análise dos dados coletados, foi aplicado o teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade para separação de grupos estatisticamente semelhantes, por meio do software ASSISTAT (Assistência Estatística). Posteriormente, utilizando-se o software SYSTAT, foi aplicado o modelo de crescimento de Chapman-Richards:

$$H_f = H_i * \left( \frac{1 - e^{-K^*t_f}}{1 - e^{-K^*t_i}} \right)^\theta * \epsilon_i$$

Em que:

$H_f$  = altura final estimada

$H_i$  = altura inicial observada

$\theta$  e  $K$  = constantes

$$\theta = \frac{1}{1-m}$$

$T_i$  = tempo inicial das medições das alturas do experimento

$T_f$  = tempo final das medições das alturas do experimento

$\epsilon_i$  = erro aleatório

$$D_f = D_i * \left( \frac{1 - e^{-K^*t_f}}{1 - e^{-K^*t_i}} \right)^\theta * \epsilon_i$$

Em que:

$D_f$  = diâmetro final estimado

$D_i$  = diâmetro inicial observado

$\theta$  e  $K$  = constantes

$$\theta = \frac{1}{1-m}$$

$T_i$  = tempo inicial das medições dos diâmetros do experimento

$T_f$  = tempo final das medições dos diâmetros do experimento

$\epsilon_i$  = erro aleatório

Aos 150 e aos 240 dias, foi coletado um ramo de cada planta útil de cada parcela, para análise e determinação dos teores e conteúdos de Nitrogênio (N) e Fósforo (P). A matéria seca da parte aérea (MSPA) foi determinada após 72 horas de secagem realizada em estufa de circulação forçada, à temperatura de 65° C, aproximadamente. As determinações dos teores de N e P foram realizadas no Laboratório de Química Vegetal da Universidade Federal Rural de Pernambuco, por meio de digestão sulfúrica e nitroperclórica (BRAGA e DEFELIPO, 1974), respectivamente.

De posse dos dados de teor de fósforo (TP), nitrogênio (TN) e da MSPA, calculou-se o conteúdo de fósforo (CP) e nitrogênio (CN) por:

$$CP \text{ (mg)} = TP \text{ (\%)} \times MSPA \text{ (g)} \times 10$$

$$CN \text{ (mg)} = TN \text{ (\%)} \times MSPA \text{ (g)} \times 10$$

O delineamento experimental utilizado foi o Inteiramente Casualizado. As análises dos dados foram realizadas por meio do software ASSISTAT e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Crescimento em altura de mudas de Sabiá submetidas à inoculação com fungos micorrízicos arbusculares e bactéria fixadora de nitrogênio

De acordo com o resultado da análise de variância para altura de mudas de Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.), cultivadas em casa de vegetação, aos 30, 60 e 90 dias, após inoculação com fungos micorrízicos arbusculares (FMA) e bactéria fixadora de nitrogênio (BFN), constatou-se diferença significativa ( $P < 0,01$ ) entre os diferentes tratamentos (Tabela 1A).

Observa-se, na Tabela 3, que as mudas que receberam a inoculação conjunta de *Glomus clarum* + *Gigaspora margarita* + Rizóbio (BR3405), aos 30 dias após inoculação, foram as que apresentaram melhor desempenho com relação à altura, obtendo a maior média de crescimento, sendo seguida pelas médias das mudas dos tratamentos BR3405 + *Glomus clarum*, *Glomus clarum* + *Gigaspora margarita* e testemunha absoluta (isenta de inoculação), sendo estatisticamente semelhantes entre si, pelo teste de Tukey ( $P \geq 0,05$ ), e tendo diferido das mudas inoculadas com os isolados *G. margarita*, *G. clarum* e BR3405 e da dupla inoculação BR3405 + *G. margarita*. Nota-se, ainda, que a média de altura das mudas inoculadas apenas com *G. margarita* foi a menor, dentre todos os tratamentos testados, apesar de não ter diferido estatisticamente da média dos tratamentos isolados – *G. clarum* e BR3405, bem como da dupla inoculação BR305 + *G. margarita*.

Aos 60 dias após inoculação, constatou-se que as mudas que receberam a inoculação conjunta (*G. clarum* + *G. margarita* + BR3405), obtiveram a melhor média de crescimento em altura, mantendo, ainda, semelhança estatística aos mesmos tratamentos obtidos aos 30 dias de cultivo (testemunha absoluta, BR3405 + *G. clarum* e *G. clarum* + *G. margarita*), como também diferiu das inoculadas com *G. margarita*, *G. clarum*, BR3405 e BR3405 + *G. margarita*. Entretanto, o menor crescimento em altura para esta época de avaliação, foi registrado para as mudas que receberam a dupla inoculação BR3405 + *G. margarita*. Observou-se, também, que as médias de altura das mudas que receberam os tratamentos isolados (*G. margarita*, *G. clarum* e BR3405) foram estatisticamente semelhantes entre si, pelo teste de Tukey ( $P \geq 0,05$ ) (Tabela 3).

Aos 90 dias após inoculação, constatou-se que a melhor média de crescimento em altura foi mantida para as mudas que receberam inoculação conjunta (*G. clarum* + *G. margarita* + BR3405). Este resultado foi estatisticamente semelhante àquele obtido pelas plantas inoculadas com *G. clarum* + *G. margarita*, testemunha absoluta e a inoculação isolada de BR3405. Para esta época de avaliação, a menor média de crescimento em altura, foi registrada para as mudas inoculadas com BR3405 + *G. margarita*, sendo esta seguida por aquelas inoculadas com *G. clarum*, *G. margarita*, BR3405 + *G. clarum* e BR3405, que são estatisticamente semelhantes entre si pelo teste de Tukey ( $P \geq 0,05$ ).

De acordo com o resultado da análise de variância para altura de plantas de Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.), em campo, aos 120, 150, 180, 210, 240 e 270 dias após inoculação com fungos micorrízicos arbusculares (FMA) e bactéria fixadora de nitrogênio (BFN), constatou-se diferença significativa ( $P < 0,01$ ) entre os tratamentos testados (Tabela 2A).

Observou-se que na primeira avaliação realizada em campo, aos 120 dias após inoculação, foram mantidas as mesmas diferenças e semelhanças estatísticas daquelas obtidas aos 90 dias, onde a melhor média de crescimento foi constatada para as plantas inoculadas com *G. clarum* + *G. margarita* + BR3405, e sendo estas estatisticamente semelhantes às plantas inoculadas com *G. clarum* + *G. margarita*, testemunha absoluta e a inoculação isolada de BR3405. Nesta ocasião, constatou-se, também, que o menor desempenho em crescimento em altura foi mantido para as plantas inoculadas com BR3405 + *G. margarita*, e sendo estas seguidas pelas plantas inoculadas com *G. clarum*, *G. margarita*, BR3405 + *G. clarum* e BR3405, tratamentos estes semelhantes entre si pelo teste de Tukey ( $P \geq 0,05$ ).

Aos 150 dias após inoculação e semeadura das plantas de Sabiá, e 60 dias de cultivo em campo, observou-se que a melhor média de crescimento em altura foi mantida para as plantas inoculadas com *G. clarum* + *G. margarita* + BR3405 (inoculação conjunta), sendo seguidas pelas médias de altura das plantas inoculadas com BR3405, *G. clarum* + *G. margarita*, testemunha absoluta e *G. margarita*, que são semelhantes entre si pelo teste de Tukey ( $P \geq 0,05$ ). Para as plantas que receberam inoculação conjunta (*G. clarum* + *G. margarita* + BR3405), a altura diferiu estatisticamente daquelas plantas

inoculadas com BR3405 + *G. margarita*, *G. clarum* e BR3405 + *G. clarum*. O menor crescimento em altura foi verificado para as plantas inoculadas com BR3405 + *G. margarita*, que não diferiu estatisticamente de todos os demais tratamentos, com exceção da inoculação conjunta (*G. clarum* + *G. margarita* + BR3405).

Observou-se, aos 180 dias de avaliação, e 90 dias de cultivo em campo, que a inoculação conjunta (*G. clarum* + *G. margarita* + BR3405) foi o tratamento que promoveu a melhor média de crescimento em altura para as plantas de Sabiá. Semelhante ao que ocorreu aos 150 dias após inoculação, observou-se que as médias de altura das plantas dos tratamentos com BR3405, *G. clarum* + *G. margarita*, testemunha absoluta e *G. margarita*, foram semelhantes entre si, como também foi semelhante à inoculação conjunta, pelo teste de Tukey ( $P \geq 0,05$ ), que diferiu estatisticamente ( $P < 0,05$ ) das médias dos tratamentos com *G. clarum*, BR3405 + *G. clarum*, BR3405 + *G. margarita*, sendo que este último tratamento proporcionou o menor crescimento.

Aos 210 dias de cultivo, sendo 120 dias em campo, observou-se mudança em relação ao tratamento que promoveu a melhor média de crescimento em altura das plantas de Sabiá. Nessa época, a inoculação do isolado *G. margarita* proporcionou maior crescimento em altura, sendo seguida pelas médias das plantas inoculadas com *G. clarum* + *G. margarita* + BR3405 (inoculação conjunta), BR3405, *G. clarum*, e BR3405 + *G. clarum*, sendo estatisticamente semelhantes entre si, pelo teste de Tukey ( $P \geq 0,05$ ). O menor crescimento para esta época de avaliação foi obtido para as plantas que não receberam inoculações (testemunha absoluta).

Para 240 dias após inoculação, e 150 dias de cultivo em campo, constatou-se que a inoculação do isolado *G. margarita* permaneceu promovendo às plantas de Sabiá a melhor média de crescimento em altura, sendo estatisticamente semelhante ( $P \geq 0,05$ ) à média das plantas que receberam a inoculação conjunta de *G. clarum* + *G. margarita* + BR3405, a inoculação isolada de BR3405 e de *G. clarum*, assim como das duplas inoculações BR3405 + *G. margarita* e BR3405 + *G. clarum*. As médias de altura das plantas inoculadas com *G. margarita* e da inoculação conjunta (*G. clarum* + *G. margarita* + BR3405), diferiram estatisticamente ( $P < 0,05$ ) das médias das plantas isentas de inoculações (testemunha absoluta) e as

inoculadas com *G. clarum* + *G. margarita*, sendo este último o tratamento que proporcionou a menor média de crescimento.

Aos nove meses de cultivo das plantas de Sabiá (270 dias, sendo 180 dias em campo), a inoculação conjunta de *G. clarum* + *G. margarita* + BR3405 voltou a conferir às plantas de Sabiá a melhor média de crescimento em altura, sendo seguida pelas médias das plantas inoculadas com *G. margarita*, BR3405, BR3405 + *G. margarita* e *G. clarum*, todas estatisticamente semelhantes entre si pelo teste de Tukey ( $P \geq 0,05$ ). A menor média de crescimento foi registrada para as plantas inoculadas com *G. clarum* + *G. margarita*, que não diferiram estatisticamente das médias das plantas isentas de inoculações (testemunha absoluta), bem como daquelas inoculadas com os isolados *G. clarum* e BR3405, e das duplas inoculações BR3405 + *G. margarita* e BR3405 + *G. clarum*. Esse fato sugere que os dois fungos juntos podem funcionar apenas como um dreno de carboidratos do hospedeiro, e que devido à competição pelo estabelecimento da simbiose não conseguem fornecer, ao mesmo tempo, nutrientes suficientes ao desenvolvimento da planta.

Interação negativa entre fungos micorrízicos arbusculares e espécies de plantas não é fato incomum de ocorrer. De acordo com Bethlenfalvay (1982) citado por Nogueira e Cardoso (2000), não raramente pode-se observar que a inoculação fungos micorrízicos arbusculares pode resultar na redução do crescimento da planta hospedeira nos estádios iniciais, quando há grande deslocamento de fotoassimilados para o endófito (FMA).

Assim sendo, efeito depressivo da inoculação pode ocorrer quando o saldo do balanço entre a quantidade de nutrientes transferida pelo fungo para as raízes da planta e a quantidade metabólica produzida pela planta e consumida pelo fungo para se sustentar for negativo (PENG et al., 1993, citado por CHU, 2004).

Segundo Caldeira et al. (2003), os efeitos positivos ou não da inoculação com FMA nas diversas espécies depende de uma série de fatores. De acordo com Mello et al. (2006), a atividade dos fungos micorrízicos e a associação com as raízes de plantas estão sujeitas à variações nas condições de temperatura, umidade, matéria orgânica do solo, fósforo, nitrogênio, pH e aeração do solo, além de práticas de manejo e procedimentos efetuados

durante a formação de mudas. Já para Schiavo et al. (2010), o fator mais importante na simbiose micorrízica é a disponibilidade de P no solo.

Efeito negativo da inoculação com FMA foi observado por Nogueira e Cardoso (2000), que verificaram, em determinada fase do seu estudo, que a inoculação com *G. margarita* levou a produções de matéria seca da parte aérea, estatisticamente menores do que o controle. De acordo com estes autores, o FMA ainda não estaria contribuindo para o desenvolvimento da planta, mas apenas constituindo um dreno de carbono.

Diniz (2006), ao estudar a absorção de fósforo e nitrogênio por espécies arbóreas da Caatinga nordestina, inoculadas com fungos micorrízicos, verificou que a inoculação com o fungo micorrízico *Acaulospora scrobiculata* apresentou redução na produção de matéria seca da parte aérea e N total acumulado nas mudas de *Pithecellobium dulce* Benth. (exótica), obtendo valores inferiores ao tratamento isento de inoculações (controle), caracterizando efeito depressivo.

Analisando-se ao longo do tempo, a resposta das plantas de Sabiá aos diferentes tratamentos aplicados, até os nove meses de cultivo, observou-se que, de um modo geral, o melhor desempenho para o crescimento em altura foi obtido pela inoculação conjunta de *G. clarum* + *G. margarita* + BR3405, onde, apesar de não ter diferido estatisticamente de outros tratamentos aplicados, essas plantas obtiveram os maiores valores de crescimento. Pode-se inferir, portanto, que o melhor desempenho das plantas de Sabiá, obtido pela combinação de FMA's (*G. clarum* + *G. margarita*) + Rizóbio (BR3405), deve-se ao suprimento adequado de nutrientes necessário para a estabilização da simbiose, uma vez que o adequado fornecimento de P proporcionado pelo FMA favorece o processo da fixação biológica de Nitrogênio (JESUS et al., 2005). Esse balanço adequado de nutrientes favorece a simbiose e se reflete na planta em forma de maior crescimento.

As plantas isentas de inoculações tiveram desempenho reduzido em relação as demais com o passar do tempo. Possivelmente, esse fato pode ser associado com a resposta das plantas, dos demais tratamentos, à colonização pelos simbiossiontes inoculados.

As plantas inoculadas isoladamente com rizóbio (BR3405) tiveram seu desempenho melhorado somente a partir dos 90 dias de cultivo, possivelmente, devido ao tempo necessário para o estabelecimento da simbiose. De acordo

com Goi et al. (1992) e Jacob-Neto et al. (1998), citados por Nobre (2008), algumas leguminosas arbóreas gastam de 20 a 30 dias para apresentar primórdios de nódulos radiculares, retardando com isso o início do processo de fixação biológica de nitrogênio.

A dupla inoculação BR3405 + *G. margarita* promoveu resposta mais lenta no crescimento da Sabiá, onde os melhores resultados para as plantas que receberam este tratamento foram constatados somente a partir dos 240 dias de cultivo, passando a apresentar médias estatisticamente semelhante às plantas da inoculação conjunta. Entretanto, a dupla inoculação BR3405 + *G. clarum* respondeu de maneira mais rápida, de modo que as plantas deste tratamento apresentaram valores de médias de altura superiores aos das plantas inoculadas com BR3405 + *G. margarita*, até os sete meses de cultivo, constatando-se uma tendência, após esse período, de apresentar valores inferiores, porém sem ser constatada diferença estatística.

Caproni et al. (2005), ao trabalharem com os fungos micorrízicos arbusculares *Glomus clarum* e *Gigaspora margarita* em estéril revegetado com *Acacia mangium*, após mineração de bauxita, observaram que o FMA *G. clarum* produz uma alta densidade de esporos na fase inicial do plantio. Entretanto, essa densidade foi declinando com o tempo. Talvez esse fato possa explicar o resultado obtido no presente estudo, onde se observou que o desempenho do *G. clarum* foi sendo reduzido com o passar dos meses.

Observou-se ainda, que quando inoculados isoladamente, o *G. clarum* também proporcionou valores de crescimento em altura superiores aos obtidos com a inoculação da *G. margarita* nos sessenta primeiros dias de cultivo. Apesar dessa diferença no comportamento das plantas ter sido verificada, as plantas inoculadas isoladamente com *G. margarita* e com *G. clarum* responderam de maneira semelhante entre si, onde, por todo o período de avaliação, dos 30 aos 270 dias, mantiveram-se estatisticamente semelhantes entre si pelo teste de Tukey ( $P \geq 0,05$ ).

Resultado semelhante foi observado por Caldeira et al. (1999a) que, também, avaliaram o efeito dos isolados de *G. margarita* e *G. clarum*, sobre o desenvolvimento de duas leguminosas arbóreas – *Peltogyne venosa* (pau-roxo-da-várzea) e *Sclerolobium paniculatum* (Taxi-branco). Estes autores constataram que as duas espécies de leguminosas, inoculadas com os

isolados de FMA, aos 168 dias após germinação, apresentaram o crescimento em altura estatisticamente semelhante.

Em outro estudo, Caldeira et al. (1999b), buscaram avaliar novamente a resposta da inoculação isolada de *G. margarita* e *G. clarum* em duas outras leguminosas, *Cassia leiandra* (mari-mari) e *Chamaecrista desvauxii* (rabo-de-pitu). Estes autores encontraram novamente resultado semelhante para a inoculação com FMA, de modo que as duas espécies vegetais, inoculadas com cada fungo isoladamente (*G. margarita* e *G. clarum*), não diferiram estatisticamente entre si, quanto ao crescimento em altura.

**Tabela 3.** Altura média de mudas de Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.), aos 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210, 240 e 270 dias após inoculação com fungos micorrízicos arbusculares e bactéria fixadora de nitrogênio, no Instituto Agrônomo de Pernambuco - IPA

Tratamentos	Altura (cm)								
	30 DIAS	60 DIAS	90 DIAS	120 DIAS	150 DIAS	180 DIAS	210 DIAS	240 DIAS	270 DIAS
Testemunha Absoluta	19,652 abc	43,361 ab	52,583 ab	54,764 ab	56,014 ab	56,889 abc	60,472 b	61,472 b	63,903 c
<i>Gigaspora margarita</i>	17,847 d	41,181 bc	50,625 bc	51,653 bc	55,944 ab	61,681 ab	73,486 a	75,764 a	80,500 ab
<i>Glomus clarum</i>	18,347 cd	42,042 bc	49,764 bc	51,403 bc	52,847 b	55,333 bc	64,681 ab	67,542 ab	70,736 abc
BR3405	18,472 cd	40,681 bc	51,681 abc	53,058 abc	56,128 ab	60,625 abc	69,333 ab	72,111 ab	75,917 abc
BR3405 + <i>Gigaspora margarita</i>	19,402 bcd	39,486 c	47,347 c	49,722 c	51,736 b	54,194 c	61,556 b	64,944 ab	71,458 abc
BR3405 + <i>Glomus clarum</i>	20,666 ab	42,625 abc	50,847 bc	52,847 bc	54,403 b	56,792 bc	62,847 ab	64,236 ab	68,569 bc
<i>Glomus clarum</i> + <i>Gigaspora margarita</i>	19,708 abc	42,556 abc	53,764 ab	55,347 ab	56,042 ab	56,958 abc	60,653 b	61,181 b	63,333 c
<i>Glomus clarum</i> + <i>Gigaspora margarita</i> + BR3405	21,361 a	45,792 a	56,056 a	57,986 a	60,000 a	63,514 a	71,583 ab	75,306 a	83,556 a
CV(%)	12,524	11,719	13,278	12,937	13,546	15,836	24,100	27,353	28,577

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey (P < 0,05)

Para as curvas de crescimento em altura, das plantas de Sabiá, cultivadas sob diferentes tratamentos com microrganismos simbiotes, aplicou-se o teste de separação de médias de Scott-Knott, no qual, de acordo com o resultado da análise de variância para altura aos 270 dias após inoculação com fungos micorrízicos arbusculares (FMA) e bactéria fixadora de nitrogênio (BFN), constatou-se diferença significativa ( $P < 0,01$ ) entre os tratamentos testados (Tabela 1C).

Para altura, os tratamentos aplicados às plantas de Sabiá foram separados em dois grupos, cujos tratamentos eram estatisticamente semelhantes entre si. Desse modo, o grupo 1 foi composto pelos tratamentos *Gigaspora margarita*, BR3405 e *Glomus clarum* + *Gigaspora margarita* + BR3405; e o grupo 2 foi composto pelos tratamentos Testemunha Absoluta, *Glomus clarum*, BR3405 + *Gigaspora margarita*, BR3405 + *Glomus clarum* e *Glomus clarum* + *Gigaspora margarita* (Tabela 4).

**Tabela 4.** Média de altura de plantas de Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.), aos 270 dias após inoculação com fungos micorrízicos arbusculares e bactéria fixadora de nitrogênio, no Instituto Agronômico de Pernambuco – IPA, em Caruaru-PE

Tratamentos	Altura (cm)
Testemunha Absoluta	63,90278 b
<i>Gigaspora margarita</i>	80,50000 a
<i>Glomus clarum</i>	70,73611 b
BR3405	75,91667 a
BR3405 + <i>Gigaspora margarita</i>	71,45833 b
BR3405 + <i>Glomus clarum</i>	68,56944 b
<i>Glomus clarum</i> + <i>Gigaspora margarita</i>	63,33333 b
<i>Glomus clarum</i> + <i>Gigaspora margarita</i> + BR3405	83,55556 a

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Scott-Knott ( $P \geq 0,05$ ).

De acordo com o resultado da análise de variância da regressão para crescimento em altura de plantas de Sabiá em relação ao tempo, após inoculação com fungos micorrízicos arbusculares (FMA) e bactéria fixadora de

nitrogênio (BFN), constatou-se efeito significativo ( $P < 0,01$ ) dos componentes da regressão (Tabela 1D), indicando que a equação está se ajustando aos dados de maneira altamente significativa.

Considerando os tratamentos do grupo 1 (*Gigaspora margarita*, BR3405 e *Glomus clarum* + *Gigaspora margarita* + BR3405), para estimativa de crescimento em altura de plantas de Sabiá, a equação de regressão obtida pelo modelo de Chapman-Richards foi:

$$\hat{H}_f = H_i * \left( \frac{1 - e^{-0,0353*t_f}}{1 - e^{-0,0353*t_i}} \right)^{2,6347}$$

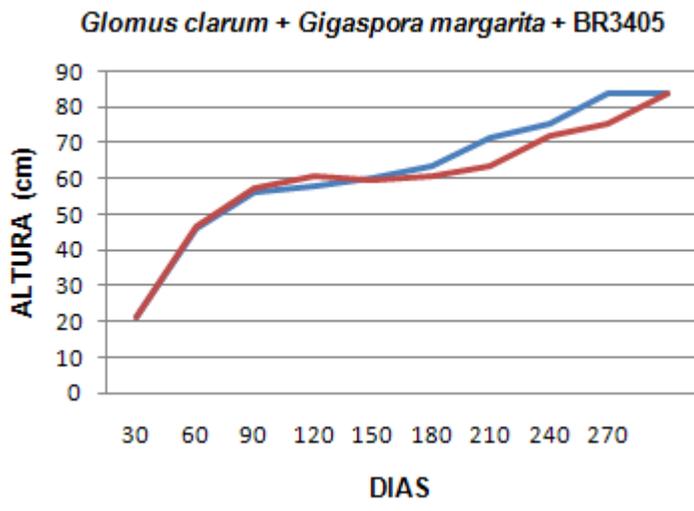
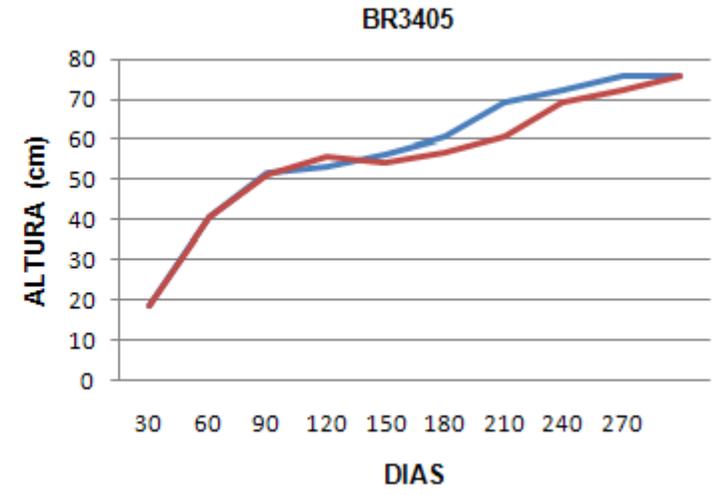
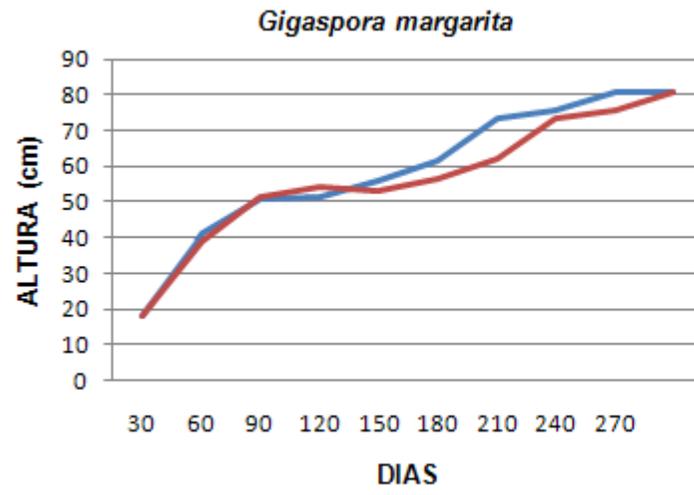
Com IA = 0,94, indicando que aproximadamente 94% das variações está sendo explicada pela equação.

Em que: IA = Índice de Ajuste (%)

Para os tratamentos do grupo 2 (Testemunha Absoluta, *Glomus clarum*, BR3405 + *Gigaspora margarita*, BR3405 + *Glomus clarum* e *Glomus clarum* + *Gigaspora margarita*), para estimativa de crescimento em altura de plantas de Sabiá, a equação de regressão obtida pelo modelo de Chapman-Richards foi:

$$\hat{H}_f = H_i * \left( \frac{1 - e^{-0,0405*t_f}}{1 - e^{-0,0405*t_i}} \right)^{2,9325}$$

Com IA = 0,96, indicando que aproximadamente 96% das variações está sendo explicada pela equação.

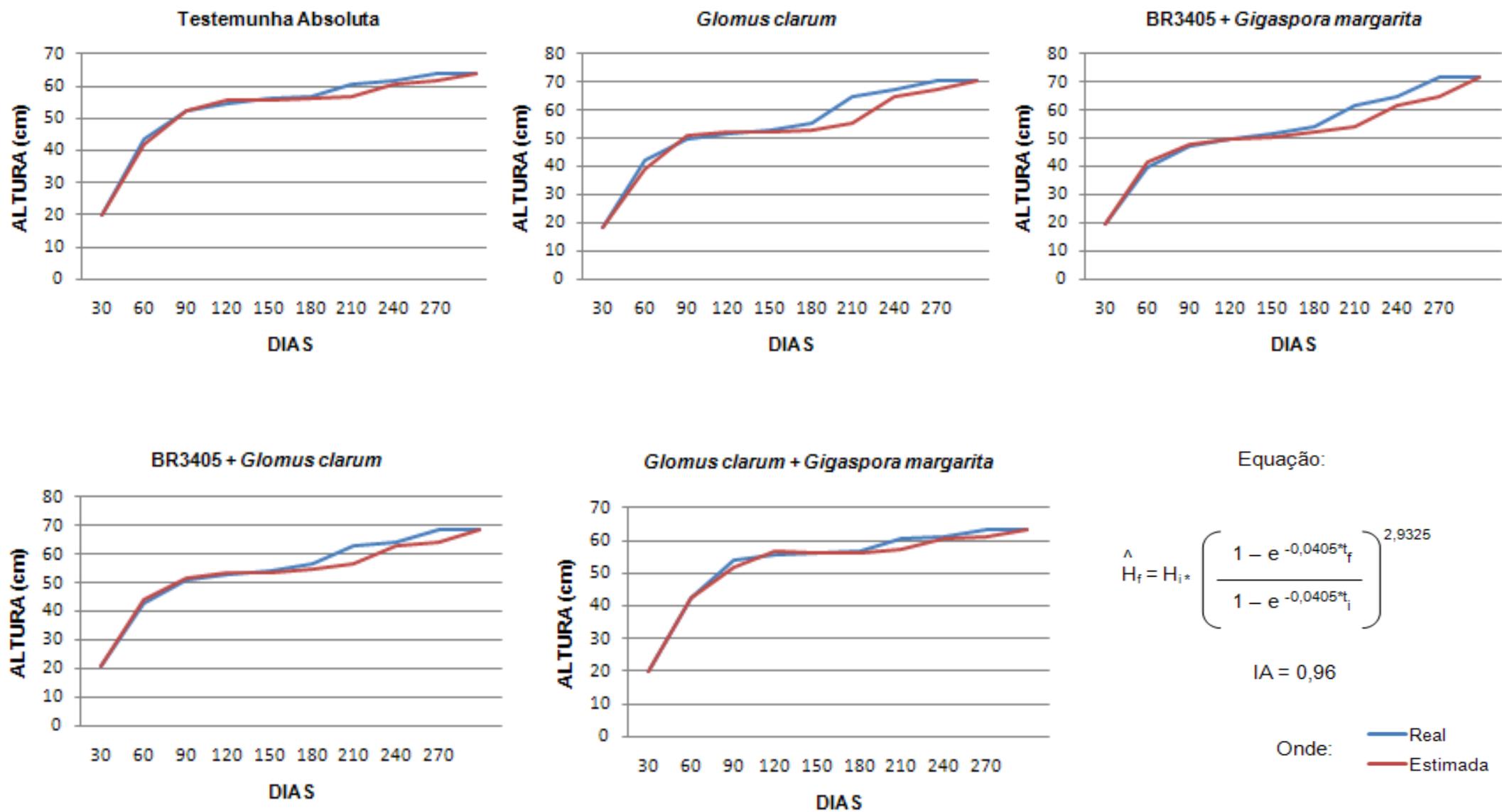


Equação:

$$\hat{H}_f = H_i * \left( \frac{1 - e^{-0,0353*t_f}}{1 - e^{-0,0353*t_i}} \right)^{2,6347} \quad IA = 0,94$$

Onde:   
— Real   
— Estimada

**Figura 5.** Crescimento em altura de mudas de Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.), cultivadas sob os tratamentos *Gigaspora margarita*; BR3405; *Glomus clarum* + *Gigaspora margarita* + BR3405 (Grupo 1), observada (Real) e estimada pela regressão, considerando o Modelo de Chapman-Richards.



**Figura 6.** Crescimento em altura de mudas de Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.), cultivadas sob os tratamentos Testemunha Absoluta; *Glomus clarum*; BR3405 + *Gigaspora margarita*; BR3405 + *Glomus clarum*; *Glomus clarum* + *Gigaspora margarita* (Grupo 2), observada (Real) e estimada pela regressão, considerando o Modelo de Chapman-Richards.

#### 4.2 Crescimento em diâmetro do colo de plantas de Sabiá submetidas à inoculação com fungos micorrízicos arbusculares e bactéria fixadora de nitrogênio

De acordo com o resultado da análise de variância para diâmetro do colo de plantas de Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.), em campo, aos 120, 150, 180, 210, 240 e 270 dias após inoculação com fungos micorrízicos arbusculares (FMA) e bactéria fixadora de nitrogênio (BFN), constatou-se diferença significativa ( $P < 0,01$ ) entre os tratamentos testados (Tabela 1B).

Observa-se, na Tabela 5, que aos 120 dias, as plantas inoculadas apenas com rizóbio (BR3405) alcançaram maior crescimento em diâmetro do colo, quando comparada à média de diâmetros das plantas dos demais tratamentos testados, porém, não diferiu estatisticamente das médias de diâmetro das plantas inoculadas com os isolados de *Gigaspora margarita* e de *Glomus clarum*, assim como das duplas inoculações BR3405 + *G. margarita* e BR3405 + *G. clarum*, *G. clarum* + *G. margarita* e da inoculação conjunta de *G. clarum* + *G. margarita* + BR3405, pelo teste de Tukey ( $P \geq 0,05$ ). Observou-se, ainda, que as plantas que não receberam inoculações (testemunha absoluta) apresentaram a menor média para o crescimento do diâmetro do colo, que diferiu apenas da média do tratamento BR3405, sendo, portanto estatisticamente semelhante às médias dos demais tratamentos (*G. margarita*; *G. clarum*; BR3405 + *G. margarita*; BR3405 + *G. clarum*; *G. clarum* + *G. margarita*; e, *G. clarum* + *G. margarita* + BR3405).

Aos 150 dias após inoculação, verificou-se que as plantas que foram inoculadas com *G. clarum* + *G. margarita* apresentaram o menor desempenho para média do crescimento em diâmetro do colo, diferindo estatisticamente, pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ), da média das plantas que receberam a inoculação conjunta de *G. clarum* + *G. margarita* + BR3405, e das que receberam a inoculação isolada de BR3405. Assim como aos 120 dias, para esta época de avaliação, a melhor média de crescimento de diâmetro do colo foi observada nas plantas inoculadas apenas com BR3405, seguida das plantas inoculadas conjuntamente com *G. clarum* + *G. margarita* + BR3405. as médias de crescimento em diâmetro das plantas dos tratamentos testemunha absoluta, *G. margarita*, *G. clarum*, BR3405 + *G. margarita* e BR3405 + *G.*

**Tabela 5.** Diâmetro do colo de plantas de Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.), aos 120, 150, 180, 210, 240 e 270 dias após inoculação com fungos micorrízicos arbusculares e bactéria fixadora de nitrogênio, no Instituto Agrônomo de Pernambuco – IPA, em Caruaru-PE

Tratamentos	Diâmetro do Colo (mm)					
	120 DIAS	150 DIAS	180 DIAS	210 DIAS	240 DIAS	270 DIAS
Testemunha Absoluta	4,2778 b	4,9444 ab	8,2917	10,9861 abc	12,3611 ab	14,1944 ab
<i>Gigaspora margarita</i>	4,6389 ab	5,3194 ab	7,9028	12,1528 a	13,8333 a	16,0278 a
<i>Glomus clarum</i>	4,4722 ab	5,0000 ab	7,1389	11,2083 abc	12,6806 ab	14,9583 ab
BR3405	4,8611 a	5,4861 a	7,0972	10,6944 abc	12,2222 ab	14,5694 ab
BR3405 + <i>Gigaspora margarita</i>	4,5833 ab	5,2083 ab	7,1528	10,8056 abc	12,5278 ab	14,9583 ab
BR3405 + <i>Glomus clarum</i>	4,4722 ab	5,1389 ab	6,8750	10,3472 bc	12,4583 ab	14,2917 ab
<i>Glomus clarum</i> + <i>Gigaspora margarita</i>	4,3056 ab	4,8194 b	6,2639	10,0833 c	11,7222 b	13,4722 b
<i>Glomus clarum</i> + <i>Gigaspora margarita</i> + BR3405	4,6111 ab	5,4028 a	7,5556	11,9167 ab	13,8056 a	16,2194 a
CV(%)	17,841	15,660	43,769	20,105	19,550	19,175

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey (P < 0,05)

*clarum*, também se mostraram estatisticamente semelhantes àsquelas da inoculação conjunta e com o isolado BR3405, pelo teste de Tukey ( $P \geq 0,05$ ).

Para os 180 dias de cultivo da Sabiá, após inoculação, não se constatou diferença significativa ( $P \geq 0,05$ ) entre os tratamentos testados. Desse modo, as plantas que receberam inoculação conjunta (*G. clarum* + *G. margarita* + BR3405), assim como as que receberam a dupla inoculação (*G. clarum* + *G. margarita*; BR3405 + *G. clarum*; BR3405 + *G. margarita*), bem como as plantas inoculadas com os isolados de BR3405, *G. clarum*, *G. margarita*, assim como as plantas que não receberam inoculações (testemunha absoluta), foram estatisticamente semelhantes entre si. Tal fato sugere um período de adaptação às condições de campo, após um período de cultivo de três meses em casa de vegetação, com irrigação e plantio durante período chuvoso (junho). Ao término do mês de agosto, quando foi realizada essa avaliação, possivelmente, a atividade metabólica das plantas tenha sido reduzida como uma forma de adaptação às novas condições ambientais, como temperatura mais elevada e menor precipitação, pois coincide com o final do período chuvoso.

Na avaliação realizada aos 210 dias, verificou-se que as plantas de Sabiá inoculadas com *G. margarita* apresentaram maior média de crescimento de diâmetro do colo, sendo estatisticamente semelhante às médias dos tratamentos *G. clarum* + *G. margarita* + BR3405 (inoculação conjunta), *G. clarum*, testemunha absoluta, BR3405 + *G. margarita* e BR3405, pelo teste de Tukey ( $P \geq 0,05$ ). Para esta época de avaliação, a menor média de crescimento do diâmetro do colo foi registrada para as plantas inoculadas com *G. clarum* + *G. margarita*, que diferiu estatisticamente ( $P < 0,05$ ) das inoculadas com o isolado de *G. margarita*, e das inoculadas conjuntamente com *G. clarum* + *G. margarita* + BR3405, sendo, porém, estatisticamente semelhantes ( $P \geq 0,05$ ) às médias das plantas dos demais tratamentos (testemunha absoluta; *G. clarum*; BR3405; BR3405 + *G. margarita*; BR3405 + *G. clarum*). Os resultados sugerem que a partir dessa época, as melhores médias de diâmetro foram obtidas em plantas inoculadas apenas com o isolado *G. margarita* e em plantas que receberam a inoculação conjunta (*G. clarum* + *G. margarita* + BR3405).

Desse modo, constatou-se aos 240 dias de cultivo, que as plantas inoculadas com *G. margarita* e as inoculadas com *G. clarum* + *G. margarita* +

BR3405 apresentaram as melhores médias de crescimento em diâmetro do colo, sendo estatisticamente semelhantes ( $P \geq 0,05$ ) às médias obtidas pelas plantas dos tratamentos *G. clarum*, BR3405 + *G. margarita*, BR3405 + *G. clarum*, testemunha absoluta e BR3405, e diferindo estatisticamente ( $P < 0,05$ ) apenas das plantas inoculadas com *G. clarum* + *G. margarita*. Desse modo, a média de diâmetro dos tratamentos com *G. clarum* + *G. margarita* foi estatisticamente semelhante ( $P \geq 0,05$ ) as dos demais tratamentos (testemunha absoluta; *G. clarum*; BR3405; BR3405 + *G. margarita*; BR3405 + *G. clarum*), com exceção das inoculadas apenas com *G. margarita* e das inoculadas conjuntamente com *G. clarum* + *G. margarita* + BR3405.

Aos nove meses de avaliação, 270 dias de cultivo das plantas de Sabiá, observou-se que as plantas inoculadas conjuntamente com *G. clarum* + *G. margarita* + BR3405 apresentaram maior média de crescimento em diâmetro do colo, sendo seguida da média das plantas inoculadas com *G. margarita*, sendo estes os dois melhores tratamentos para proporcionar incremento de crescimento em diâmetro de plantas de Sabiá em campo, os quais não diferiram estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ( $P \geq 0,05$ ). As plantas de Sabiá inoculadas com *G. clarum*, BR3405 + *G. margarita*, BR3405, BR3405 + *G. clarum* e testemunha absoluta, apesar de obterem médias de diâmetro inferiores, foram estatisticamente semelhantes entre si e aos tratamentos citados anteriormente (*G. clarum* + *G. margarita* + BR3405 e *G. margarita*). O menor crescimento em diâmetro do colo foi registrado para as plantas inoculadas com *G. clarum* + *G. margarita*, onde a média de crescimento obtida por estas foi estatisticamente semelhante àquelas obtidas pelas plantas dos tratamentos testemunha absoluta, BR3405 + *G. clarum*, BR3405, *G. clarum* e BR3405 + *G. margarita*, e tendo diferido estatisticamente ( $P < 0,05$ ) das inoculadas com *G. margarita* e das plantas que receberam inoculação conjunta com *G. clarum* + *G. margarita* + BR3405.

Analisando-se, ao longo do tempo, o crescimento em diâmetro do colo da Sabiá, observou-se que as plantas que receberam a inoculação com o isolado *G. margarita* e as que receberam a inoculação conjunta com *G. clarum* + *G. margarita* + BR3405 responderam de maneira semelhante por todo o período de avaliação, dos 120 aos 270 dias, apresentando, de modo geral, as

melhores médias de crescimento, apesar de, na maioria das vezes, não ter sido detectada diferença estatística em relação a outros tratamentos.

Relacionando-se a altura das plantas com o diâmetro do colo, observou-se também, que no período em que as plantas de Sabiá inoculadas com o isolado *G. margarita* obtiveram as maiores médias para o diâmetro do colo, aos 210 e 240 dias (Tabela 5), foi registrado também, como as plantas que tiveram melhor crescimento em altura (Tabela 3), apesar de, estatisticamente, não terem diferido de outros tratamentos. Ainda, em termos de média de crescimento, as plantas inoculadas apenas com *G. margarita* obtiveram, ao término de análise do experimento, aos nove meses (270 dias) de cultivo, o segundo melhor desempenho, tanto para altura como para diâmetro do colo.

Entretanto, de acordo com Pessoa et al. (1997), mesmo não ocorrendo especificidade entre FMA e plantas hospedeiras, vários trabalhos têm evidenciado que o *Glomus clarum* tem se destacado em relação a outros FMA nas mais diversas condições de substrato, ambiente e cultura. Esses autores verificaram que a introdução de *G. clarum*, isoladamente ou em conjunto com os fungos nativos, sobressaiu-se em comparação com os fungos nativos isoladamente, demonstrando a alta efetividade dessa espécie em proporcionar rendimentos de seu hospedeiro nas mais diversas condições de cultivo, merecendo maior destaque o estudo de manejo de população de FMA nativos e introduzidos como o *G. clarum*, principalmente em condições de campo e com experimentos de longa duração.

Sousa (2009), estudando a relação entre o uso da terra, diversidade e atividade de FMA na região semi-árida no Nordeste brasileiro, pôde inferir que o gênero *Glomus* pode ser mais adaptado às condições do semi-árido, verificando predominância de espécies deste gênero.

Resultados encontrados por Borba e Amorim (2007), ao avaliarem a colonização micorrízica visando subsidiar replantio em áreas degradadas na BA, mostraram uma dominância do gênero *Glomus*, sugerindo, de acordo com os autores, uma melhor adaptação ao pH do solo (4,5 – 4,8).

Pelos resultados encontrados no presente estudo, pode-se evidenciar um melhor desempenho do FMA *Gigaspora margarita* no crescimento da espécie Sabiá, promovendo nas condições em estudo (pH 6,16), uma melhor resposta em relação ao FMA *Glomus clarum*.

Relacionando-se ainda, o diâmetro do colo com a altura das plantas, observou-se que a inoculação conjunta *G. clarum* + *G. margarita* + BR3405, foi o tratamento proporcionou a melhor performance de crescimento, tendo as plantas deste tratamento obtido o melhor desempenho, registrando-se os maiores valores de crescimento às plantas de Sabiá ao término do experimento (nove meses de avaliação), apesar de, estatisticamente, não terem diferido de outros tratamentos.

As plantas de Sabiá, isentas de inoculações, apresentaram o segundo menor crescimento, tanto em altura como em diâmetro do colo, superando apenas as que receberam inoculação de *G. margarita* + *G. clarum*, cujas plantas obtiveram os menores valores de crescimento, tanto para altura como para diâmetro do colo, ao término do experimento, apesar de, estatisticamente, não terem diferido de outros tratamentos.

De acordo com Santos et al. (2008), a interação entre microrganismos é complexa e parece depender de uma série de fatores, que vai desde a compatibilidade entre os microssimbiontes como destes com o hospedeiro, ou ainda, da efetividade da estirpe, para cada condição ambiental imposta. Estes autores, estudando o efeito de micorriza e rizóbio no crescimento e nutrição em N e P de mudas de angico-vermelho, observaram o efeito da complexa relação simbiótica que existe entre os microrganismos, onde verificaram efeito negativo entre a interação de uma espécie de FMA (*Glomus etunicatum*) quando inoculado conjuntamente com rizóbio, de modo que a dupla inoculação (FMA + rizóbio) promoveu a redução da nodulação das mudas. Segundo estes autores, indicando inibição do rizóbio pelo FMA, provavelmente em decorrência da competição por fotossintatos provenientes da planta, ratificando a provável premissa de incompatibilidade entre os simbiontes.

Sala et al. (2007), em outro estudo sobre a interação entre fungos micorrízicos arbusculares e bactérias diazotróficas, observaram que as plantas associadas a *Glomus*, na presença de isolados bacterianos, não superaram os tratamentos em que as bactérias e os fungos foram inoculados isoladamente. Para esses autores, o melhor desempenho dos FMA, na ausência da bactéria diazotrófica, pode ser indicativo de um desbalanço nutricional/energético do hospedeiro, causado pela presença concomitante dos microrganismos endofíticos (FMA-bactéria diazotrófica).

Para as curvas de crescimento em diâmetro do colo das plantas de Sabiá, cultivadas sob diferentes tratamentos com microrganismos simbiotes, aplicou-se o teste de separação de médias de Scott-Knott, onde, de acordo com o resultado da análise de variância para diâmetro do colo de mudas aos 270 dias, após inoculação com fungos micorrízicos arbusculares (FMA) e bactéria fixadora de nitrogênio (BFN), constatou-se diferença significativa ( $P < 0,01$ ) entre os tratamentos testados (Tabela 1C).

Para diâmetro do colo, os tratamentos aplicados às plantas de Sabiá foram separados em dois grupos, nos quais os tratamentos eram estatisticamente semelhantes entre si, sendo o grupo 1 composto pelos tratamentos *Gigaspora margarita* e *Glomus clarum* + *Gigaspora margarita* + BR3405; e o grupo 2 foi composto pelos tratamentos Testemunha Absoluta, *Glomus clarum*, BR3405, BR3405 + *Gigaspora margarita*, BR3405 + *Glomus clarum* e *Gigaspora margarita* + *Glomus clarum* (Tabela 6).

**Tabela 6.** Diâmetro do colo de plantas de Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.), aos 270 dias após inoculação com fungos micorrízicos arbusculares e bactéria fixadora de nitrogênio, no Instituto Agrônomo de Pernambuco - IPA, em Caruaru - PE

Tratamentos	Diâmetro do Colo (mm)
Testemunha Absoluta	14,19444 b
<i>Gigaspora margarita</i>	16,02778 a
<i>Glomus clarum</i>	14,95833 b
BR3405	14,56944 b
BR3405 + <i>Gigaspora margarita</i>	14,95833 b
BR3405 + <i>Glomus clarum</i>	14,29167 b
<i>Glomus clarum</i> + <i>Gigaspora margarita</i>	13,47222 b
<i>Glomus clarum</i> + <i>Gigaspora margarita</i> + BR3405	16,21944 a

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Scott-Knott ( $P \geq 0,05$ ).

De acordo com o resultado da análise de variância da regressão, para crescimento em diâmetro do colo de plantas de Sabiá em relação ao tempo,

após inoculação com fungos micorrízicos arbusculares (FMA) e bactéria fixadora de nitrogênio (BFN), constatou-se efeito significativo ( $P < 0,01$ ) dos componentes da regressão (Tabela 2D), indicando que a equação está se ajustando aos dados de maneira altamente significativa.

Considerando os tratamentos do grupo 1 (*Gigaspora margarita* e *Glomus clarum* + *Gigaspora margarita* + BR3405) para estimativa de crescimento em diâmetro do colo de plantas de Sabiá, a equação de regressão obtida pelo modelo de Chapman-Richards foi:

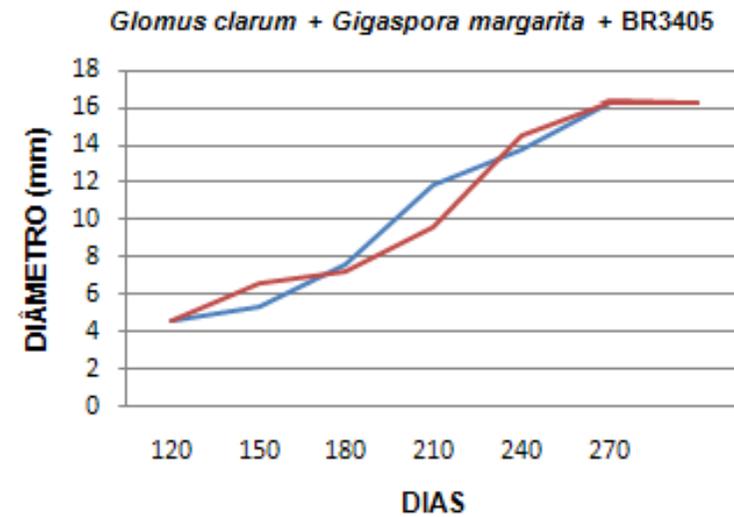
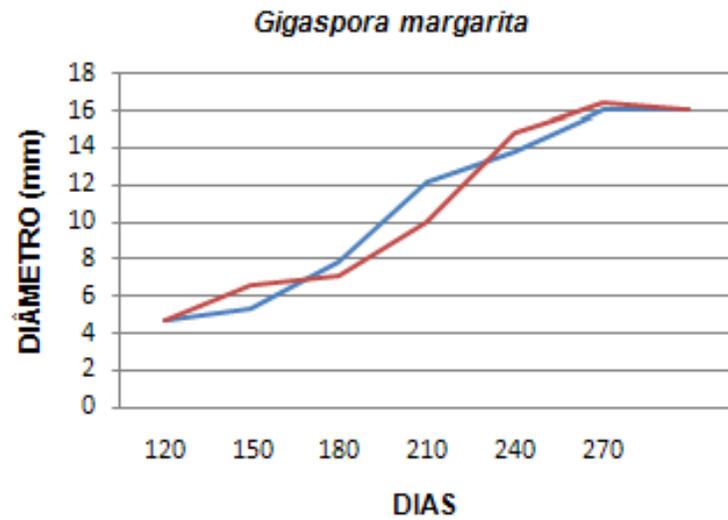
$$\hat{D}_f = D_i * \left( \frac{1 - e^{-0,0012 * t_f}}{1 - e^{-0,0012 * t_i}} \right)^{1,7212}$$

Com  $IA = 0,94$ , indicando que aproximadamente 94% das variações está sendo explicada pela equação.

Em relação aos tratamentos do grupo 2 (Testemunha Absoluta, *Glomus clarum*, BR3405, BR3405 + *Gigaspora margarita*, BR3405 + *Glomus clarum* e *Gigaspora margarita* + *Glomus clarum*), para estimativa de crescimento em diâmetro do colo de plantas Sabiá, a equação de regressão obtida pelo modelo de Chapman-Richards foi:

$$\hat{D}_f = D_i * \left( \frac{1 - e^{0,0012 * t_f}}{1 - e^{0,0012 * t_i}} \right)^{1,2851}$$

Com  $IA = 0,94$ , indicando que aproximadamente 94% das variações está sendo explicada pela equação.

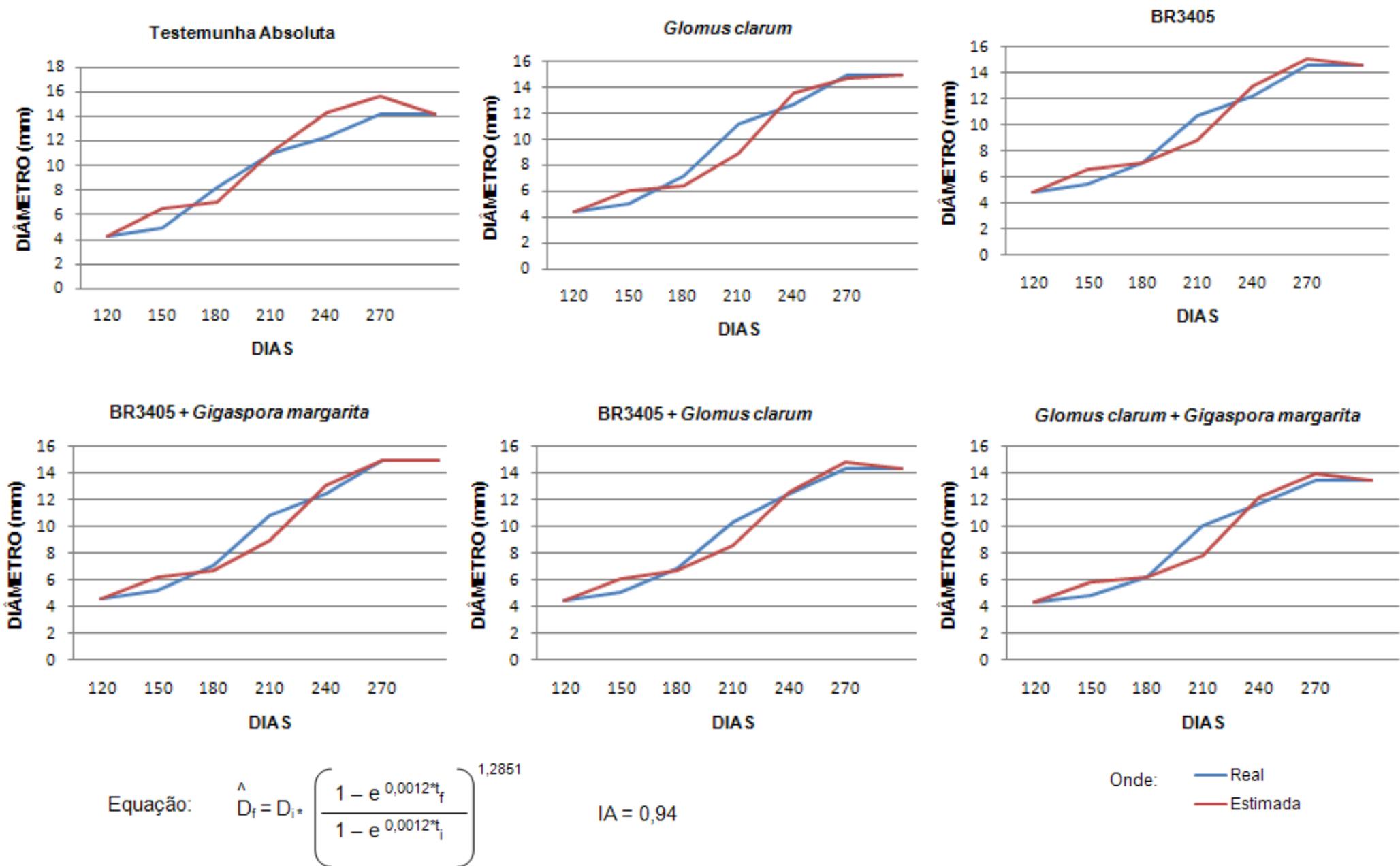


Equação:

$$\hat{D}_t = D_1 \cdot \left( \frac{1 - e^{-0,0012 \cdot t_f}}{1 - e^{-0,0012 \cdot t_1}} \right)^{1,7212} \quad \text{IA} = 0,94$$

Onde: — Real  
— Estimada

**Figura 7.** Crescimento em diâmetro do colo de plantas de Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.), cultivadas sob os tratamentos *Gigaspora margarita*; *Glomus clarum + Gigaspora margarita + BR3405* (Grupo 1), observada (Real) e estimada pela regressão, considerando o Modelo de Chapman-Richards.



**Figura 8.** Crescimento em diâmetro do colo de plantas de Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.), cultivadas sob os tratamentos Testemunha Absoluta; *Glomus clarum*; BR3405; BR3405 + *Gigaspora margarita*; BR3405 + *Glomus clarum*; *Glomus clarum* + *Gigaspora margarita* (Grupo 2), observada (Real) e estimada pela regressão, considerando o Modelo de Chapman-Richards.

#### **4.3 Conteúdo de N e P na parte aérea das plantas de Sabiá submetidas à inoculação com fungos micorrízicos arbusculares e bactéria fixadora de nitrogênio**

De acordo com o resultado da análise de variância, para os conteúdos de Nitrogênio e Fósforo na parte aérea de plantas de Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.) cultivadas em campo, aos 150 e 240 dias após inoculação com fungos micorrízicos arbusculares (FMA) e bactéria fixadora de nitrogênio (BFN), não se constatou diferença significativa entre os tratamentos testados (Tabela 1E).

Observa-se nas Tabelas 7 e 8, que aos 150 e 240 dias de cultivo, apesar de estatisticamente os valores obtidos não terem alcançado suficiência estatística para diferenciarem entre si pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ), ocorreu variação em relação aos conteúdos de nitrogênio e fósforo entre os diferentes tratamentos.

Observa-se na Tabela 7, aos 150 dias de cultivo, que as plantas de Sabiá inoculadas apenas com os isolados *Gigaspora margarita* e BR3405 foram as que apresentaram em sua parte aérea os maiores conteúdos de nitrogênio, tendo as plantas inoculadas com *G. margarita* sido apenas 1,08% superiores às inoculadas com BR3405.

A melhor resposta observada da simbiose *G. margarita* x Sabiá, em relação ao conteúdo de N, provavelmente se deve ao fornecimento de P às plantas, aumentando sua capacidade de associação com rizóbios nativos do solo no local de cultivo, tendo em vista que o plantio foi realizado no solo natural, correspondente às reais condições de cultivo para os agricultores, com os microrganismos nativos do solo interagindo com a planta e com os microrganismos inoculados.

De acordo com Souza et al. (2007), uma leguminosa poderá se beneficiar da fixação biológica de nitrogênio, em dado local, se populações nativas de rizóbios compatíveis estiverem presentes no solo.

Para Chu et al. (2004), a presença de microbiota indígena, incluindo os fungos micorrízicos existentes, pode influenciar o funcionamento da inoculação de espécies de FMA selecionadas. Portanto, é necessário conhecer os efeitos

da inoculação no solo natural para prever o grau de sucesso na prática de inoculação em condições de campo.

Para esta época de avaliação, as plantas que não receberam inoculações (Testemunha Absoluta) obtiveram o menor conteúdo de nitrogênio. O conteúdo de nitrogênio nas plantas inoculadas apenas com *G. margarita* foi 73,36% superior em relação ao conteúdo de N das plantas isentas de inoculação, contudo, apesar de possuírem alta variação em conteúdo de N, esta diferença não foi detectada estatisticamente.

**Tabela 7.** Conteúdo total acumulado de Nitrogênio na parte aérea das plantas de Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.) aos 150 e 240 dias após inoculação com fungos micorrízicos arbusculares e bactéria fixadora de nitrogênio

TRATAMENTOS	N – total acumulado (mg . g <sup>-1</sup> )	
	150 DIAS	240 DIAS
Testemunha Absoluta	31,70531	123,68200
<i>Gigaspora margarita</i>	54,96477	162,93030
<i>Glomus clarum</i>	40,48333	117,83680
BR3405	54,37822	150,18100
BR3405 + <i>Gigaspora margarita</i>	38,72619	112,41190
BR3405 + <i>Glomus clarum</i>	42,58333	128,80430
<i>Glomus clarum</i> + <i>Gigaspora margarita</i>	38,42577	95,49609
<i>Glomus clarum</i> + <i>Gigaspora margarita</i> + BR3405	37,36727	140,60300

Na segunda avaliação, aos 240 dias de cultivo, a inoculação com os isolados *G. margarita* e BR3405 permaneceram apresentando os melhores resultados, registrando-se como os tratamentos que proporcionaram as plantas de Sabiá os maiores conteúdos de nitrogênio para as duas épocas de avaliação (150 e 240 dias). O menor conteúdo de nitrogênio na parte aérea das plantas de Sabiá foi obtido para as plantas que receberam a inoculação de *Glomus clarum* + *Gigaspora margarita*, sendo 70,61% inferiores as plantas inoculadas apenas com *G. margarita*.

Observa-se, na Tabela 8, que aos 150 dias de cultivo, as plantas de Sabiá isentas de inoculações apresentaram o menor conteúdo de fósforo em sua parte aérea. O maior conteúdo de P foi registrado nas plantas que receberam a inoculação isolada de BR3405, tendo sido 150,91% superiores às plantas isentas de inoculações, porém, estatisticamente, essa diferença também não foi detectada.

**Tabela 8.** Conteúdo total acumulado de Fósforo na parte aérea das plantas de Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.) aos 150 e 240 dias após inoculação com fungos micorrízicos arbusculares e bactéria fixadora de nitrogênio

TRATAMENTOS	P – total acumulado (mg . g <sup>-1</sup> )	
	150 DIAS	240 DIAS
Testemunha Absoluta	0,73325	3,94641
<i>Gigaspora margarita</i>	1,44720	6,60851
<i>Glomus clarum</i>	1,32865	6,17706
BR3405	1,83978	5,78464
BR3405 + <i>Gigaspora margarita</i>	1,10975	4,63550
BR3405 + <i>Glomus clarum</i>	0,96288	2,52896
<i>Glomus clarum</i> + <i>Gigaspora margarita</i>	1,62688	1,34359
<i>Glomus clarum</i> + <i>Gigaspora margarita</i> + BR3405	1,59358	5,66985

Aos 240 dias de cultivo, a inoculação com o isolado *G. margarita* foi o tratamento que proporcionou os maiores valores de conteúdo de fósforo na parte aérea das plantas de Sabiá. Observou-se, ainda, que a inoculação com *Glomus clarum* + *Gigaspora margarita* foi o tratamento que proporcionou o menor conteúdo de fósforo na parte aérea, e as plantas inoculadas apenas com *G. margarita* apresentaram conteúdo 391,85% superior às inoculadas com *G. clarum* + *G. margarita*, sendo apesar disto, estatisticamente semelhantes entre si.

Tal fato pode explicar o que ocorreu para os parâmetros altura (Tabela 3) e diâmetro do colo (Tabela 5), que para esta época de avaliação (240 dias),

a inoculação com os dois fungos (*G. clarum* + *G. margarita*) foi também o tratamento que proporcionou a menor média de crescimento, sendo inferido, portanto, como o tratamento que proporcionou os menores valores às plantas de Sabiá para todas as variáveis avaliadas (altura, diâmetro do colo, conteúdos de nitrogênio e fósforo).

Esse fato comprova a hipótese que os dois fungos juntos tenham funcionado como um dreno de carboidratos do hospedeiro, e que devido à competição pelo estabelecimento da simbiose não conseguem fornecer ao mesmo tempo, nutrientes suficientes ao desenvolvimento da planta.

Para Miranda et al. (2008), é sabido que as plantas podem se beneficiar de forma diferenciada de diferentes combinações de espécies de fungos com a planta hospedeira, e que o conhecimento da interação entre as plantas cultivadas e os diferentes fungos micorrízicos é importante para o desenvolvimento de sistemas de manejo mais sustentáveis.

De acordo com Caproni et al. (2005), ao se utilizar uma mistura de inóculos de FMA, estes terão diferentes estratégias para competir com a microbiota indígena do solo, podendo trazer benefícios mais consistentes à planta hospedeira.

Faz-se necessário intensificar a seleção e inoculação conjunta de plantas, bactérias e fungos (SOUZA e SILVA, 1996). Assim, pelos resultados obtidos no presente estudo com a inoculação concomitante de dois FMA (*G. clarum* + *G. margarita*), reforça-se a importância de que mais estudos devam ser realizados para investigar as relações de intraespecificidade entre FMA, assim como possíveis graus de especificidade e/ou afinidade dos FMA com seu hospedeiro.

#### **4.4 Sobrevivência de plantas de Sabiá submetidas à inoculação com fungos micorrízicos arbusculares e bactéria fixadora de nitrogênio**

Decorridos 270 dias (9 meses) de cultivo da Sabiá, sendo 90 dias em casa de vegetação, mais 180 dias em campo, não foi detectada mortalidade das plantas cultivadas sob os diferentes tratamentos, obtendo-se uma sobrevivência de 100%.

De acordo com Souchie et al. (2005), a inoculação de microrganismos benéficos, como os fungos micorrízicos arbusculares e bactérias fixadoras de nitrogênio, pode beneficiar o desenvolvimento das mudas em viveiro, maximizando assim a capacidade de estabelecimento das mudas em campo.

Agregado a este fato, tem-se a própria característica ecológica da Sabiá. A rusticidade inerente à espécie contribui para maior resistência aos estresses de transplante e plantio no campo, com respostas diretas sob a sua sobrevivência em campo.

Silva (2000), ao estudar a sobrevivência da espécie da Sabiá em um solo em processo de erosão, simulada pela gradual remoção de lâminas do perfil e decréscimo nos teores de matéria orgânica, em incrementos de 5 cm a partir da superfície do solo, compondo camadas até 25-40 cm, obteve para esta espécie uma taxa de sobrevivência mínima de 70%.

Gama-Rodrigues et al. (2008) trabalharam com a Sabiá (*M. caesalpiniaefolia*) e Acácia (*Acacia auriculiformis*), inoculadas com estirpes selecionadas de bactérias fixadoras de N<sub>2</sub> atmosférico e fungos micorrízicos arbusculares, combinado de *Gigaspora margarita* e *Glomus clarum*. Estes autores avaliaram a sobrevivência das plantas 15 meses após o plantio e observaram que a Sabiá apresentou a maior taxa de sobrevivência, com 87%, e a acácia com 74% de sobrevivência.

Vale salientar, entretanto, que os critérios de classificação para taxas de sobrevivência são relativos, e variam de acordo com a situação em estudo.

Knowles e Parrotta (1995), citados por Moraes et al. (2006), em pesquisas com restauração de áreas degradadas por mineração na Amazônia, sugerem que espécies que apresentem taxa de sobrevivência a partir de 75% devem ser selecionadas para plantios.

Porém, Sampaio e Pinto (2007), estudando critérios para avaliação do desempenho de espécies nativas lenhosas em plantios de restauração no Cerrado, admitiram como base, valores de sobrevivência citados por Corrêa e Cardoso (1998), onde uma taxa acima de 60% seria considerada satisfatória.

Da mesma forma, Souza (2002), ao estudar o estabelecimento e crescimento inicial de espécies florestais em plantios de recuperação de Matas de Galeria, considerou como um dos critérios para selecionar as espécies, a sobrevivência, igual ou superior a 60%.

Duboc e Guerrini (2007), em pesquisa sobre o crescimento inicial e sobrevivência de espécies florestais de Mata de Galeria, no domínio Cerrado, em resposta à fertilização, consideraram para o seu estudo, como baixa sobrevivência valores iguais ou inferiores a 60%; como média sobrevivência os valores obtidos de 61 a 80%; e como alta taxa de sobrevivência, valores iguais ou superiores a 81%.

Schiavo e Martins (2002), ao produzirem mudas de leguminosa *Acacia mangium* WILLD, colonizadas com rizóbio e micorriza, e posteriormente plantadas em uma área degradada, observaram que as plantas de Acacia que receberam a dupla inoculação (micorriza + rizóbio), durante a fase de produção de mudas, apresentaram 100% de sobrevivência em campo, com variações de 81,40% para o tratamento controle (isento de inoculações), até 92,30% para inoculação apenas com fungo micorrízico arbuscular.

De um modo geral, a sobrevivência de mudas após a sua implantação é um fator que pode estar relacionado com alguns procedimentos durante a sua fase de produção. Dessa forma, espera-se que mudas produzidas com melhores condições morfofisiológicas, advindas dos benefícios que as bactérias fixadoras de nitrogênio e fungos micorrízicos arbusculares proporcionam, possuam melhores taxas de sobrevivência.

Resultados semelhantes ao presente estudo foram obtidos por Mendonça et al. (2008), ao trabalharem com mudas de Sabiá inoculadas com estirpe de rizóbio específico (BR3405). As plantas, produzidas em casa de vegetação por um período de três meses, foram plantadas em uma área degradada pela extração de argila no município de Campos dos Goytacazes – RJ, sem que houvesse nenhuma adubação de plantio. Estes autores obtiveram uma alta sobrevivência da espécie em todos os tratamentos avaliados, onde a

menor taxa de sobrevivência obtida foi de 95,8%, variando até 100% de sobrevivência.

A predominância de resultados de taxas de sobrevivência consideradas satisfatórias para a Sabiá, sugere a alta adaptabilidade que a espécie pode apresentar para sua utilização em programas de restauração de áreas degradadas, com conseqüente redução de custos de replantio de mudas mortas.

## 5. CONCLUSÕES

A espécie Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.) apresentou sobrevivência satisfatória, independente dos microrganismos inoculados e nativos.

A qualidade do ajuste permite inferir que o modelo de Chapman-Richards é adequado para descrever o crescimento em altura e diâmetro das plantas de Sabiá.

A inoculação conjunta de *Glomus clarum* + *Gigaspora margarita* + BR3405 demonstrou melhor performance simbiótica, proporcionando os maiores valores de crescimento, tanto em altura como em diâmetro do colo, para as plantas de Sabiá.

A inoculação com o isolado *G. margarita* promoveu valores de crescimento semelhantes à inoculação conjunta, tanto para altura como para diâmetro do colo, bem como melhores conteúdos de nutrientes (N e P) na parte aérea da planta, sendo, portanto o tratamento mais indicado para o cultivo da Sabiá nas condições em estudo.

A inoculação de *G. clarum* + *G. margarita* promoveu crescimento inferior às plantas de Sabiá em relação aos demais tratamentos, para as variáveis altura e diâmetro do colo, assim como nos conteúdos de N e P, portanto não recomendado para fins de produção.

As plantas isentas de inoculações apresentaram o segundo menor crescimento, tanto para altura como para diâmetro do colo, sugerindo o uso de fertilizante ou inoculação com simbioses.

Apesar de não ter sido constatada diferença estatística para os conteúdos de N e P na parte aérea da Sabiá, observou-se uma melhora substancial com o uso dos simbioses, com respostas de crescimento, inferindo redução no uso de fertilizantes.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, E.C.R.; SCOLFORO, J.R.S.; OLIVEIRA, A.D. de.; MELLO, J.M. de. KANEGAE JÚNIOR, H. Modelagem para prognose precoce do volume por classe diamétrica para *Eucalyptus grandis*. **Scientia Forestalis**, n. 61, p. 86-102, 2002.

ALMEIDA, A.F.; RAYMUNDO JÚNIOR, O. Crescimento de mudas de *Anadenanthera falcata*, em casa-de-vegetação, inoculadas com rizóbio e micorrizas. **Holos Environment**, v. 6, n. 1, p. 22-30, 2006.

ALVES, B.J.R.; SANTOS, J.C.F. dos.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R.M. Métodos de determinação do nitrogênio em solo e planta. In: HUNGRIA, M.; ARAÚJO, R.S. **Manual de métodos empregados em estudo de microbiologia agrícola**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994, p. 449-469. (EMBRAPA-CNPAF. Documentos, 46).

ANDRADE, D. de S.; HAMAKAWA, P.J. Estimativa do número de células viáveis de rizóbio em solo e em inoculantes por infecção em plantas. In: HUNGRIA, M.; ARAÚJO, R.S. (Eds.) **Manual de métodos empregados em estudos de microbiologia agrícola**. Brasília: Serviço de Produção de Informação, 1994. Cap.3, p. 63-94. Embrapa-CNPAF. Documentos, 46).

ARAÚJO, A.S.F.; BURITY, H.A.; LYRA, M. do. C.C.P. Influência de diferentes níveis de nitrogênio e fósforo em leucena inoculada com *Rhizobium* e fungo micorrízico arbuscular. **Revista Ecosystema**, v. 26, n.1, p. 35-38, 2001.

ARAÚJO, A.S.F. de.; CARVALHO, E.M. de. S. **Fixação biológica de nitrogênio em leguminosas**. Universidade Federal do Piauí: Centro de Ciências Agrárias, n. 11, p. 1-4, 2006. (Comunicado Técnico, 11).

ARAÚJO FILHO, J.A. de.; SOUSA, F.B. de.; SILVA, N.L. da.; BEZERRA, T.S. Avaliação de leguminosas arbóreas, para recuperação de solos e

repovoamento em áreas degradadas, Quixeramobim-CE. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 2, n. 2, p.1592-1595, 2007.

BARBERI, A.; CARNEIRO, M.A.C.; MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. Nodulação em leguminosas florestais em viveiros no sul de Minas Gerais. **Cerne**, v.4, n.1, p.145-153, 1998.

BERGER, R. **Crescimento e qualidade da madeira de um clone de *Eucalyptus saligna* SMITH sob o efeito do espaçamento e da fertilização**. 2000. 106 f. Dissertação (Mestrado em Manejo Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS.

BORBA, M.F.; AMORIM, S.M.C. de. Fungos micorrízicos arbusculares em sempre-vivas: subsídio para cultivo e replantio em áreas degradadas. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**. v. 7, n. 2, p. 20-27, 2007.

BRAGA, J.M.; DEFELIPO, B.V. Determinação espectrofotométrica de fósforo em extratos de solo e plantas. **Revista Ceres**, v. 21, p. 73-85, 1974.

BRAGA, R. **Plantas do Nordeste, especialmente do Ceará**. 3 ed. Mossoró: ESAM 1976, 540p.

BURITY, H.A.; LYRA, M. do C.C.P. de; SOUZA, E.S. de; MERGULHÃO, A.C. do E.S.; SILVA, M.L.R.B. da. Efetividade da inoculação com rizóbios e fungos micorrízicos arbusculares em mudas de sabiá submetidas a diferentes níveis de fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.4, p.801-807, 2000.

CALDEIRA, M.V.W.; SILVA, E.M.R. da.; FRANCO, A.A.; ZANON, M.L.B. Comportamento de mudas de leguminosas arbóreas inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares. **Ciência Florestal**, v.9, n.1, p. 135-142, 1999b.

CALDEIRA, M.V.W.; SILVA, E.M.R. da.; FRANCO, A.A.; ZANON, M.L.B. Efeito de fungos micorrízicos arbusculares no desenvolvimento de duas leguminosas arbóreas. **Ciência Florestal**, v.9, n.1, p. 63-70, 1999a.

CALDEIRA, M.V.W.; SILVA, E.M.R. da.; 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.

CAPRONI, A.L.; FRANCO, A.A.; BERBARA, R.L.L.; GRANHA, J.R.D. de. O.; MARINHO, N.F. Fungos micorrízicos arbusculares em estéril revegetado com *Acacia mangium*, após mineração de bauxita. **Revista Árvore**, v.29, n.3, p.373-381, 2005.

CARVALHO, P.E.R. **Sabiá *Mimosa caesalpinifolia***. Colombo: Embrapa Florestas, 2007. 10p. (Embrapa Florestas. Circular Técnica, 135).

CHADA, S. de. S.; CAMPELLO, E.F.C.; FARIA, S.M. de. Sucessão vegetal em uma encosta reflorestada com leguminosas arbóreas em Angra dos Reis, RJ. **Revista Árvore**, v. 28, n.6, p. 801-809, 2004.

CHU, E.Y.; YARED, J.A.G.; MAKI, H.J.I.O. Efeitos da inoculação micorrízica e da adubação fosfatada em mudas de *Vochysia maxima* Ducke. **Revista Árvore**, v.28, n.2, p.157-165, 2004.

COLOZZI-FILHO, A.; NOGUEIRA, M.A. Micorrizas Arbusculares em Plantas Tropicais: Café, Mandioca e Cana-de-açúcar. In: SILVEIRA, A.P.D. da.; FREITAS, S. dos. S. Microbiota do solo e qualidade ambiental. Campinas: Instituto Agrônômico, 2007. 312p.

DINIZ, V.M. **Absorção de fósforo e nitrogênio por espécies arbóreas da Caatinga nordestina inoculadas com fungos micorrízicos**. 2006. 33 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Campina Grande, Patos – PB.

DÖBEREINER, J. Fixação Biológica de Nitrogênio aplicada a agricultura. In: ASSIS, R.L. de; SOUTO, S.M.; DUQUE, F.F.; ALMEIDA, D.L. de.; MUELLER,

K.E.K. **II Curso sobre a biologia do solo na agricultura**. Seropédica: EMBRAPA-CNPBS. 1992, p. 6-7. (EMBRAPA-CNPBS.Documentos, 8).

DUBOC, N.; GUERRINI, I.A. Crescimento inicial e sobrevivência de espécies florestais de Matas de Galeria no domínio Cerrado em resposta à fertilização. **Revista Energia na Agricultura**, v. 22, n.1, p. 42-60, 2007.

EMBRAPA, **Catálogo de produtos e serviços**. Revegetação de voçorocas com leguminosas arbóreas inoculadas e micorrizadas. Disponível em:< [http://www.catalogosnt.cnptia.embrapa.br/catalogo20/catalogo\\_de\\_produtos\\_e\\_servicos/arvore/CONT000f9jskn9t02wx5eo0ovhzg9m31r6cy.html](http://www.catalogosnt.cnptia.embrapa.br/catalogo20/catalogo_de_produtos_e_servicos/arvore/CONT000f9jskn9t02wx5eo0ovhzg9m31r6cy.html)>. Acesso em: 15 out. 2009.

EMBRAPA Solos, Zoneamento Agroecológico do Estado de Pernambuco. CD-ROOM. EMBRAPA Solos, Secretaria de Produção Rural e Reforma Agrária. Recife, 2001 (Documentos no. 35).

ENCARNAÇÃO, C.R.F. da. **Observações meteorológicas e tipos climáticos das unidades e campos experimentais da Empresa IPA**. Recife: Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária – IPA, s.d. 1v.

FARIA, S.M. de.; MACHADO, R.L.; UCHÔAS, E. da. S. **Dependência de fungos micorrízicos arbusculares na seleção de estirpes de rizóbio para pau jacaré (*Piptadenia gonoacantha* (Mart.) Macbr), em substrato autoclavado**. Seropédica: Embrapa, 2005. 4 p. (Embrapa. Comunicado Técnico, 83).

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

FIGUEIREDO, M. do V.B.; BURITY, H.A.; MERGULHÃO, A.C.E.S.; ARAÚJO, W.M.; SALINAS, C.R.; SILVEIRA, J.A.G. Respusta a la inoculación de

*Bradyrhizobium* sp. em caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp.) utilizando diferentes substratos de cultivos alternativos. **Investigación Agrária**; Producción y Protección Vegetales, v.17, n.1, p.27-34, abril, 2002.

FIGUEIRÔA, J.M. de; PAREYN, F.G.C.; DRUMOND, M.; ARAÚJO, E. de L. Madeireiras. In: SAMPAIO, E.V.S.B.; PAREYN, F.G.C.; FIGUEIRÔA, J.M. de; SANTOS JÚNIOR, A.G. (Eds.). **Espécies da flora nordestina de importância econômica potencial**. Recife: Associação Plantas do Nordeste, 2005. p. 101–133.

FOCCHI, S.S.; SOGLIO, F.K.D.; CARRENHO, R.; SOUZA, P.V.D. de.; LOVATO, P.E. Fungos micorrízicos arbusculares em cultivos de citros sob manejo convencional e orgânico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n.5, p.469-476, 2004.

FONSECA, F. de. A. **Produção de mudas de *Acacia mangium* Wild. e *Mimosa artemisiana* Heringer & Paula, em diferentes recipientes, utilizando compostos de resíduos urbanos, para a recuperação de áreas degradadas**. 2005. 74 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ.

FRANCO, A.A.; CAMPELLO, E.F.C.; DIAS, L.E.; FARIA, S.M. de. **Uso de leguminosas associadas a microrganismos na revegetação de áreas de mineração de bauxita em Porto Trombetas-PA**. Itaguaí: EMBRAPA-CNPAB, 1996. 71p. (EMBRAPA-CNPAB. Documentos, 27).

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

GAMA-RODRIGUES, E.F. da.; GAMA-RODRIGUES, A.C. da.; PAULINO, G.M.; FRANCO, A.A. Atributos químicos e microbianos de solos sob diferentes

coberturas vegetais no norte do estado do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 1521-1530, 2008.

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

GROSS, E.; CORDEIRO, L.; CAETANO, F.H. Nodulação e micorrização em *Anadenanthera peregrina* VAR. *falcata* em solo de cerrado autoclavado e não autoclavado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, p. 95-101, 2004.

HOMMA, S.K. **Efeito do manejo alternativo sobre a descompactação do solo, fungos micorrízicos arbusculares nativos e produção em pomar convencional de Tangor 'Murcott'**. 2005. 101 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Agroecossistemas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP.

HUNGRIA, M.; CAMPO, J.R.; MENDES, L.C. **Fixação biológica do nitrogênio na cultura da soja**. Londrina: Embrapa soja, 2001. 48p. (Embrapa soja. Circular Técnica, 35).

JENKINS, W.R. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. **Plant Disease Report**, v.48, p.692, 1964.

JESUS, E. da. C.; SCHIAVO, J.A.; FARIA, S.M. de. Dependência de micorrizas para a nodulação de leguminosas arbóreas tropicais. **Revista Árvore**, v.29, n. 4, p. 545-552, 2005.

KAHINDI, J.H.P.; WOOMER, P.; GEORGE, T.; MOREIRA, F.M.S.; KARANJA, N.K.; GILLER, K.E. Agricultural intensification, soil biodiversity and ecosystem function in the tropics: the role of nitrogen-fixing bacteria. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v.6, n.1, p.55-76, 1997.

LASTE, K.C.D.; GONÇALVES, F.S.; FARIA, S.M. de. **Estirpes de rizóbio eficientes na fixação biológica de nitrogênio para leguminosas com potencial de uso na recuperação de áreas mineradas.** Seropédica: Embrapa, 2008. 8p. (Embrapa. Comunicado Técnico, 115).

LIMA, I.C.A.R. de.; LIRA, M. de. A.; MELLO, A.C.L. de.; SANTOS, M.V.F. dos.; FREITAS, E.V. de.; FERREIRA, R.L.C. Avaliação de sabiazeiro (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.) quanto a acúleos e preferência por bovinos. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 3, n. 3, p. 289-294, 2008.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**, v. 1, 4. ed. Nova Odessa, SP: Editora Plantarum, 2002. 368p.

MAESTRI, R.; SANQUETTA, C.R.; ARCE, J.E. Modelagem do crescimento de povoamentos de *Eucalyptus grandis* através de processos de difusão. **Floresta**, v. 33, n. 2, p. 169-182, 2003.

MAIA, G.N. **Caatinga: árvores e arbustos e suas utilidades.** São Paulo: D&Z. 2004. 413p.

MELLO, A.H. de.; ANTONIOLLI, Z.I.; KAMINSKI, J.; SOUZA, E.L.; OLIVEIRA, V.L. Fungos arbusculares e ectomicorrízicos em áreas de eucalipto e de campo nativo em solo arenoso. **Ciência Florestal**, v. 16, n. 3, p. 293-301, 2006.

MENDES, B.R.; CALEGARIO, N.; VOLPATO, C.E.S.; MELLO, A.A.de. Desenvolvimento de modelos de crescimento de árvores individuais fundamentado em equações diferenciais. **Cerne**, v. 12, n. 3, p. 254-263, 2006.

MENDONÇA, A.V.R.; CARNEIRO, J.G. de A.; GUERRA, D.B.; COUTINHO, M.P.; SOUZA, J.S. Atributos edáficos de cavas de extração de argila após cultivos puros e consorciados de *Eucalyptus* spp. e *Mimosa caesalpiniaefolia* BENTH. (Sabiá) e quantificação da poda de Sabiá. **Floresta**, v. 38, n. 3, p. 431-443, 2008.

MERGULHÃO, A.C.E.S.; SILVA, M.L.R.B.; BURITY, H.A.; STAMFORD, N.P. Influência da dupla inoculação rizóbio e Fungos Micorrizas-Arbusculares em plantas de Sabiá sob solos de diferentes texturas. **Revista Ecosystema**, v. 26, n.1, p.42-47, 2001.

MIRANDA, E.M. de.; SAGGIN JÚNIOR, O.J.; SILVA, E.M.R. da. Seleção de fungos micorrízicos arbusculares para o amendoim forrageiro consorciado com braquiária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 9, p. 1185-1191, 2008.

MORAES, L,F,D, de.; ASSUMPÇÃO, J,M.; LUCHIARI, C.; PEREIRA, T.S. Plantio de espécies arbóreas nativas para a restauração ecológica na reserva biológica de Poço das Antas, Rio de Janeiro, Brasil. **Rodriguésia**, v. 57, n. 3, p. 477-489. 2006.

MOULIN, L.; CHEN, W-M.; BÉNA, G.; DREYFUS, B.; BOIVIN-MASSON, C. Rhizobia: the family is expanding. In: FINAN, T.; O'BRIAN, M.; LAYZELL, D.; VESSEY, K.; NEWTON, W. **Nitrogen Fixation: Global Perspectives**. Eds. CAB International. p.61-65, 2002.

NEVES, M.C.P; RUMJANEK, N.G. Ecologia das bactérias diazotróficas nos solos tropicais. In: MELO, I.S. de; AZEVEDO, J.L. de. (Eds.). **Ecologia microbiana**. JAGUARIÚNA: EMBRAPA-CNPMA, 1998. p. 15–60.

NOBRE, A.P. **Respostas de mudas de *Gliricidia sepium* à aplicação de nitrogênio e fósforo**. 2008. 56 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Campina Grande, Patos – PB.

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**, v.24, p.329-338, 2000.

NOVAIS, C.B. de; SIQUEIRA, J.O. Aplicação de formononetina na colonização e esporulação de fungos micorrízicos em braquiária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, n.5, p.496-502, 2009.

OLIVEIRA, A.A.R.; TRINDADE, A.V. **Resumos e debates: micorrizas na agricultura.** Embrapa, 2000. Disponível em: <<http://www23.sede.embrapa.br:8080/aplic/rumos.nsf/b1bbbc852ee1057183256800005ca0ab/e3c77421113091a903256c2b0047ed54?OpenDocument>>. Acesso em: 12 ago. 2009.

OSAKI, F. **Distribuição espacial de microrganismos e fertilidade em solos de dois ecossistemas florestais: floresta ombrófila mista e povoamento florestal com *Pinus taeda* L. em Tijucas do Sul-PR.** 2008, 281 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, PR.

PEIXOTO, R.S.; ROSADO, A.S. Monitoramento de impactos sobre a diversidade microbiana em solos agrícolas. In: FIGUEIRÊDO, M. do. V.B.; BURITY, H.A.; STAMFORFD, N.P.; SANTOS, C.E. de. R. e. S. **Microrganismos e agrobiodiversidade: o novo desafio para agricultura.** Guaíba: Agrolivros. 2008. p.507-526.

PESSOA, A.C. dos. S.; ANTONIOLII, Z.I.; DELLA-JUSTINA, M.E.; FIGUEIREDO, L.G.B. Fungos micorrízicos nativos e *Glomus clarun* no rendimento de trevo vesiculoso cultivado em condições naturais e modificadas pela calagem e aplicação de fósforo. **Ciência Rural**, v. 27, n. 1, p. 61-66, 1997.

PORTUGAL, E.P.; QUITÉRIO, G.C.M.; HONÓRIO, S.L. Seleção de Fungos Micorrízicos Arbusculares para Estévia, *Stevia Rebaudiana* (bert.) Bertoni. **Multiciência**, v. 7, 20p. 2006.

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

RIVAS, R.; VELAZQUEZ, E.; WILLEMS, A.; VIZCAINO, N.; SUBBA-RAO, N. S.; MATEOS, P. F.; GILLIS, M.; DAZZO, F. B.; MARTINEZ-MOLINA, E. A new species of *Devosia* that forms a unique nitrogen-fixing root-nodule symbiosis

with the aquatic legume *Neptunia natans* (L.f.) Druce. *Applied and Environmental Microbiology*, v.68, p.5217-5222, 2002.

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

RODRIGUES, L.A.; BARROSO, D.G.; MARTINS, M.A.; MENDONÇA, A.V.R. Revegetação de áreas degradadas pela extração de argila no Norte do Estado do Rio de Janeiro. **Perspectivas**, v.5, n.10, p.88-105, 2006.

SALA, V.M.R.; FREITAS, S. dos. S.; SILVEIRA, A.P.D. da. Interação entre fungos micorrízicos arbusculares e bactérias diazotróficas em trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.11, p.1593-1600, 2007.

SAMPAIO, J.C.; PINTO, J.R.R. Critérios para avaliação do desempenho de espécies nativas lenhosas em plantios de restauração no Cerrado. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, supl. 1, p. 504-506, jul. 2007.

SANQUETTA, C.R.; WEBER, S.H.; FORMAGINI, F.; BARBEIRO, L.S.; VIEIRA, G. Equações individuais e determinação de classes de crescimento para *nectandra grandiflora* Nees a partir de dados de análise de tronco. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.11, n.1, p.001-008, Jan./Feb. 2010.

SANTOS, C.E. de. R. e. S.; FREITAS, A.D.S. de.; VIEIRA, I.M. de. M.B.; COLAÇO, W. Fixação simbiótica do N<sub>2</sub> em leguminosas tropicais. In: FIGUEIRÊDO, M. do. V.B.; BURITY, H.A.; STAMFORFD, N.P.; SANTOS, C.E.de.R.e.S. **Microrganismos e agrobiodiversidade: o novo desafio para agricultura**. Guaíba: Agrolivros. 2008. p.17-41 .

SANTOS, D.R. dos.; COSTA, M. da. C.S.; MIRANDA, J.R.P. de.; SANTOS, R.V. dos. Micorriza e rizóbio no crescimento e nutrição em N e P de mudas de angico-vermelho. **Revista Caatinga**, v.21, n.1, p.76-82, 2008.

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**, v. 32, n. 1, p. 171-178, 2010.

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

SCHIAVO, J. A.; MARTINS. Revegetação de área degradada pela extração de argila no município de Campos dos Goytacazes com *Acacia mangium* Willd, colonizada com rizóbio e micorriza. In: V simpósio Nacional sobre Recuperação de áreas degradadas, Belo Horizonte. MG. Água e Biodiversidade., 2002. p. 448-450.

SCHÜBLER, A. **Glomeromycota taxonomy**. Disponível em:<<http://www.lrz-muenchen.de/~schuessler/amphylo/>>. Acesso em: 14 out. 2009.

SILVA, J.A. da. **Estimativa de crescimento em altura de Leucena [*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit.] por meio do Modelo ARIMA**. 2008. 60 f. Dissertação (Mestrado em Biometria e Estatística Aplicada) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE.

SILVA, J.A.A. da. **Dynamics of stand structure in fertilized slash pine plantations**. 1986. 133 f. Tese (Doutorado em Biometria e Manejo Florestal) - Universidade da Georgia, Estados Unidos.

SILVA, J.R.C. Sobrevivência e crescimento de mudas de Sabiá em podzólico vermelho-amarelo sob erosão simulada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.5, p.1055-1061, 2000.

SILVA, M.B.R.; VIÉGAS, R.A.; DANTAS NETO, J.; FARIAS, S.A.R. Estresse salino em plantas da espécie florestal sabiá. **Caminhos de Geografia**, v. 10, n. 30, p. 120-127, 2009.

SILVEIRA, A.P.D. da. Ecologia de fungos micorrízicos arbusculares. In: MELO, I.S. de; AZEVEDO, J.L. de. (Eds.). **Ecologia microbiana**. JAGUARIÚNA: EMBRAPA-CNPMA, 1998. p. 61–86.

SIQUEIRA, J.O. Micorrizas e Micorrizologia. In: SIQUEIRA, J.O. **Avanços em Fundamentos e Aplicação de Micorrizas**. . Lavras: Universidade Federal de Lavras, 1996. p. 1-4.

SIQUEIRA, J.O.; FRANCO, A.A. **Biotecnologia do solo: fundamentos e perspectivas**; ciências agrárias nos trópicos brasileiros. Brasília, DF:MEC-ESAL-FAEPE-ABEAS, 1988. 235p.

SOUCHIE, E.L.; CAMPELLO, E.F.C.; SAGGIN-JÚNIOR, O.J.; SILVA, E.M.R. da. Mudanças de espécies arbóreas inoculadas com bactérias solubilizadoras de fosfato e fungos micorrízicos arbusculares. **Floresta**, v. 35, n. 2, p. 329-334, 2005.

SOUSA, C. da. S. **Diversidade e atividade de fungos micorrízicos arbusculares em agroecossistemas do semi-árido paraibano**. 2009. 136 f. Tese (Doutorado em Tecnologias Energéticas e Nucleares) - Universidade Federal de Pernambuco, PE.

SOUSA, J.V. de. **Desenvolvimento inicial de leguminosas arbóreas nativas em várzea sob diferentes condições de drenagem na regeneração de matas ciliares**. 2008. 89 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) – Instituto Agrônomo, Campinas, SP.

SOUZA, C.C. de. **Estabelecimento e crescimento inicial de espécies florestais em plantios de recuperação de Matas de Galeria no Distrito**

**Federal.** 2002. 103 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade de Brasília, DF.

SOUZA, F.A. de.; SILVA, E.M.R. da. Micorrizas arbusculares na revegetação de áreas degradadas. In: SIQUEIRA, J.O. (Ed.). **Avanços em fundamentos e aplicação de micorrizas.** Lavras: Universidade Federal de Lavras, 1996. p. 255-290.

SOUZA, L.A.G. de.; BEZERRA NETO, E.; SANTOS, C.E. de. R.S.; STAMFORD, N.P. Desenvolvimento e nodulação natural de leguminosas arbóreas em solos de Pernambuco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.2, p.207-217, 2007.

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

STAMFORD, N.P.; ORTEGA, A.D.; TEMPRANO, F.; SANTOS, D.R. Effects of phosphorus fertilization and inoculation of *Bradyrhizobium* and mycorrhizal fungi on growth of *Mimosa caesalpiniaefolia* in an acid soil. **Soil Biology & Biochemistry**, Elmsford, v. 29, n. 5, p. 959-964, 1997.

STAMFORD, N.P.; SILVA, R.A. da. 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.

STÜRMER, S.L.; CARDOSO, E.J.B.N.; SOUZA, F.A. de.; KASUYA, M.C.M. "Além das raízes": o papel dos fungos micorrízicos. **Boletim Informativo da SBCS**, p. 30-32, jan.-abr. 2009.

SY, A.; GIRAUD, E.; JOURAND, P.; GARCIA, N.; WILLEMS, A.; LAJUDIE, P.; PRIN, Y.; NEYRA, M.; GILLIS, M.; BOVIN-MASSON, C.; DREYFUS, B. Methylophilic *Methylobacterium* bacteria nodulate and fix nitrogen in symbiosis with legumes. *Journal of Bacteriology*, v.183, p.214-220, 2001.

TERRA, M.F.; MUNIZ, J.A.; MENDES, P.N.; SAVIAN, T.V. Ajuste de modelos não-lineares aos dados de crescimento de frutos da tamareira-anã (*Phoenix roebelenii* O'BRIEN). In: 53ª Reunião Anual da Região Brasileira da Sociedade Internacional de Biometria, 2008, Lavras. 53ª Reunião Anual da Região Brasileira da Sociedade Internacional de Biometria, v. 53, 2008.

TOLEDO, B.F.B. de.; MARCONDES, J.; LEMOS, E.G. de. M. Caracterização de rizóbios indicados para produção de inoculantes por meio de sequenciamento parcial do *16S rRNA*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, n.4, p.384-391, 2009.

TONINI, H. **Crescimento em altura de *Pinus elliottii* ENGELM., em três unidades de mapeamento de solo, nas regiões da serra do sudeste e litoral, no estado do Rio Grande do Sul**. 2000. 113 f. Dissertação (Mestrado em Manejo Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS.

URCHEI, M.A.; RODRIGUES, J.D.; STONE, L.F. Análise de crescimento de duas cultivares de feijoeiro sob irrigação, em plantio direto e preparo convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.3, p.497-506, 2000.

VAN BERKUM, P.; EARDLY, B.D. The aquatic budding bacterium *Blastobacter denitrificans* is a nitrogen-fixing symbiont of *Aeschynomene indica*. **Applied and Environmental Microbiology**, v.68, p.1132-1136, 2002.

VINCENT, J.M. **A manual for the practical study of the root-nodule bacteria**. London: International Biological Programme, 1970. 164p. (IBP. Handbook, 15).

# ANEXOS

## ANEXO A

Tabela 1A – Resumo da análise de variância para dados de altura de mudas de Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.) cultivadas em casa de vegetação, aos 30, 60 e 90 dias após inoculação com fungos micorrízicos arbusculares e bactéria fixadora de nitrogênio

<b>FONTE DE VARIÇÃO</b>	<b>GRAUS DE LIBERDADE</b>	<b>SOMA DE QUADRADO</b>	<b>QUADRADO MÉDIO</b>	<b>F</b>
<b>30 DIAS</b>				
Tratamentos	7	359,325521	51,332217	8,67**
Resíduo	280	1658,604167	5,923586	
Total	287	2017,929688		
<b>60 DIAS</b>				
Tratamentos	7	910,500000	130,071429	5,31**
Resíduo	280	6853,652778	24,477331	
Total	287	7764,152778		
<b>90 DIAS</b>				
Tratamentos	7	1745,29167	249,32738	5,31**
Resíduo	280	13135,70833	46,91324	
Total	287	14881,00000		

\*\* Significativo a 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ )

Tabela 2A – Resumo da análise de variância para dados de altura de plantas de Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.) cultivadas em campo, aos 120,150, 180, 210, 240 e 270 dias após inoculação com fungos micorrízicos arbusculares e bactéria fixadora de nitrogênio

<b>FONTE DE VARIÇÃO</b>	<b>GRAUS DE LIBERDADE</b>	<b>SOMA DE QUADRADO</b>	<b>QUADRADO MÉDIO</b>	<b>F</b>
<b>120 DIAS</b>				
Tratamentos	7	1715,48358	245,06908	5,14**
Resíduo	280	13338,73472	47,63834	
Total	287	15054,21830		
<b>150 DIAS</b>				
Tratamentos	7	1573,52247	224,78892	3,99**
Resíduo	280	15762,95417	56,29626	
Total	287	17336,47663		
<b>180 DIAS</b>				
Tratamentos	7	2725,92274	389,41753	4,58**
Resíduo	280	23826,57639	85,09492	
Total	287	26552,49913		
<b>210 DIAS</b>				
Tratamentos	7	6749,06944	964,15278	3,86**
Resíduo	280	69937,25000	249,77589	
Total	287	76686,31944		
<b>240 DIAS</b>				
Tratamentos	7	8752,3056	1250,3294	3,63**
Resíduo	280	96361,3056	344,1475	
Total	287	105113,6111		
<b>270 DIAS</b>				
Tratamentos	7	13498,9410	1928,4201	4,52**
Resíduo	280	119357,0556	426,2752	
Total	287	132855,9965		

\*\* Significativo a 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ )

## ANEXO B

Tabela 1B – Resumo da análise de variância para dados de diâmetro do colo de plantas de Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.) cultivadas em campo, aos 120, 150, 180, 210, 240 e 270 dias após inoculação com fungos micorrízicos arbusculares e bactéria fixadora de nitrogênio

<b>FONTE DE VARIÇÃO</b>	<b>GRAUS DE LIBERDADE</b>	<b>SOMA DE QUADRADO</b>	<b>QUADRADO MÉDIO</b>	<b>F</b>
<b>120 DIAS</b>				
Tratamentos	7	9,0555556	1,2936508	1,98 ns
Resíduo	280	182,7222222	0,6525794	
Total	287	191,7777778		
<b>150 DIAS</b>				
Tratamentos	7	13,7282986	1,9611855	3,00**
Resíduo	280	183,1875000	0,6542411	
Total	287	196,9157986		
<b>180 DIAS</b>				
Tratamentos	7	99,1111111	14,158730	1,39 ns
Resíduo	280	2846,541667	10,166220	
Total	287	2945,652778		
<b>210 DIAS</b>				
Tratamentos	7	129,802083	18,543155	3,77**
Resíduo	280	1375,527778	4,912599	
Total	287	1505,329861		
<b>240 DIAS</b>				
Tratamentos	7	140,194444	20,027778	3,25**
Resíduo	280	1726,625000	6,166518	
Total	287	1866,819444		
<b>270 DIAS</b>				
Tratamentos	7	216,108576	30,872654	3,81**
Resíduo	280	2266,298611	8,093924	
Total	287	2482,407188		

\*\* Significativo a 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ ); ns não significativo ( $p \geq .05$ )

ANEXO C

Tabela 1C – Resumo da análise de variância para dados de altura e diâmetro do colo de plantas de Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.) aos 270 dias de cultivo após inoculação com fungos micorrízicos arbusculares e bactéria fixadora de nitrogênio

<b>Altura</b>				
<b>FONTE DE VARIAÇÃO</b>	<b>GRAUS DE LIBERDADE</b>	<b>SOMA DE QUADRADO</b>	<b>QUADRADO MÉDIO</b>	<b>F</b>
Tratamentos	7	13498,94097	1928,42014	4,5239 **
Resíduo	280	119357,05556	426,27520	
Total	287	132855,99653		

<b>Diâmetro</b>				
<b>FONTE DE VARIAÇÃO</b>	<b>GRAUS DE LIBERDADE</b>	<b>SOMA DE QUADRADO</b>	<b>QUADRADO MÉDIO</b>	<b>F</b>
Tratamentos	7	216,10858	30,87265	3,8143 **
Resíduo	280	2266,29861	8,09392	
Total	287	2482,40719		

\*\* Significativo a 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ )

ANEXO D

Tabela 1D – Resumo da análise de variância da regressão para crescimento em altura das plantas de Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.) cultivadas sob os tratamentos *Gigaspora margarita*, BR3405 e *Glomus clarum* + *Gigaspora margarita* + BR3405 (Grupo 1), e para os tratamentos Testemunha Absoluta, *Glomus clarum*, BR3405 + *Gigaspora margarita*, BR3405 + *Glomus clarum*, *Glomus clarum* + *Gigaspora margarita* (Grupo 2), em relação ao tempo, de acordo com o Modelo de Chapman-Richards

Grupo 1				
FONTE DE VARIÇÃO	GRAUS DE LIBERDADE	SOMA DE QUADRADO	QUADRADO MÉDIO	F
Regressão	2	9251,57	4625,78	253,33 **
Resíduo	27	493,15	18,26	
Total	29	9744,72		
Grupo 2				
FONTE DE VARIÇÃO	GRAUS DE LIBERDADE	SOMA DE QUADRADO	QUADRADO MÉDIO	F
Regressão	2	9266,29	4633,15	621,89 **
Resíduo	47	350,06	7,45	
Total	49	9616,35		

\*\* Significativo a 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ )

Tabela 2D - Resumo da análise de variância da regressão para crescimento em diâmetro do colo das plantas de Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.) cultivadas sob os tratamentos *Gigaspora margarita* e *Glomus clarum* + *Gigaspora margarita* + BR3405 (Grupo 1), e para os tratamentos Testemunha absoluta, *Glomus clarum*, BR3405, BR3405 + *Gigaspora margarita*, BR3405 + *Glomus clarum*, *Glomus clarum* + *Gigaspora margarita* (Grupo 2), em relação ao tempo, de acordo com o Modelo de Chapman-Richards

Grupo 1				
FONTE DE VARIAÇÃO	GRAUS DE LIBERDADE	SOMA DE QUADRADO	QUADRADO MÉDIO	F
Regressão	2	273,1947	136,597	94,79 **
Resíduo	11	15,8514	1,4410	
Total	13	289,0461		

Grupo 2				
FONTE DE VARIAÇÃO	GRAUS DE LIBERDADE	SOMA DE QUADRADO	QUADRADO MÉDIO	F
Regressão	2	613,4945	306,747	336,86 **
Resíduo	39	35,5128	0,9106	
Total	41	649,0073		

\*\* Significativo a 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ )

## ANEXO E

Tabela 1E – Resumo da análise de variância para dados de conteúdo de Nitrogênio e Fósforo na parte aérea da Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.) cultivadas em campo, aos 150 e 240 dias após inoculação com fungos micorrízicos arbusculares e bactéria fixadora de nitrogênio

<b>Nitrogênio</b>				
FONTE DE VARIÇÃO	GRAUS DE LIBERDADE	SOMA DE QUADRADO	QUADRADO MÉDIO	F
<b>150 DIAS</b>				
Tratamentos	7	1896,05781	270,86540	0,3629 ns
Resíduo	24	17914,29066	746,42878	
Total	31	19810,34847		
<b>240 DIAS</b>				
Tratamentos	7	13140,57963	1877,22566	1,1720 ns
Resíduo	24	38441,41159	1601,72548	
Total	31	51581,99121		
<b>Fósforo</b>				
<b>150 DIAS</b>				
Tratamentos	7	3,88246	0,55464	0,5872 ns
Resíduo	24	22,66764	0,94448	
Total	31	26,55010		
<b>240 DIAS</b>				
Tratamentos	7	97,55862	13,93695	1,1922 ns
Resíduo	24	280,56401	11,69017	
Total	31	378,12263		

ns não significativo (p >= .05)