



UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS I
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
CURSO DE GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

**EFEITOS DA INOCULAÇÃO DE FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES NA
PRODUÇÃO DE MUDAS DE SABIÁ**

RAISA NÓBREGA DE ARAÚJO

Campina Grande – PB

Mai de 2016

RAISA NÓBREGA DE ARAÚJO

**EFEITOS DA INOCULAÇÃO DE FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES NA
PRODUÇÃO DE MUDAS DE SABIÁ**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Estadual da Paraíba, Campus I,
como requisito obrigatório para a conclusão do
curso de Bacharel em Ciências Biológicas.

Orientador: Prof. Dr. Simão Lindoso de Souza

Campina Grande – PB

Mai de 2016

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano da dissertação.

A659e Araújo, Raisia Nóbrega de.
Efeitos da inoculação de fungos micorrízicos arbusculares na produção de mudas de sabiá [manuscrito] / Raisia Nóbrega de Araújo. - 2016.
23 p. : il. color.

Digitado.
Monografia (Graduação em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, 2016.
"Orientação: Prof. Dr. Simão Lindoso de Souza, Departamento de Ciências Biológicas".

1. Fungos. 2. Fungos micorrízicos arbusculares. 3. Micorriza arbuscular. 4. Mudas de sabiá. I. Título.
21. ed. CDD 579.5

RAISA NÓBREGA DE ARAÚJO

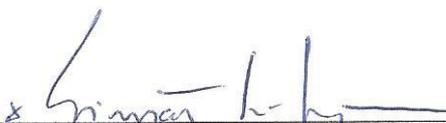
**EFEITOS DA INOCULAÇÃO DE FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES NA
PRODUÇÃO DE MUDAS DE SABIÁ**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Estadual da Paraíba, Campus I,
como requisito obrigatório para a conclusão do
curso de Bacharel em Ciências Biológicas.

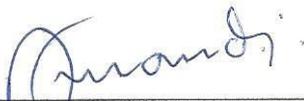
Área de concentração: Microbiologia Agrícola.

Aprovada em: 25/05/2016.

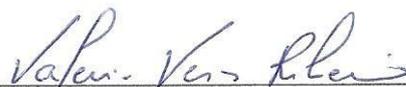
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Simão Lindoso de Souza
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)
Orientador



Prof. Dr. Pedro Dantas Fernandes
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)
Examinador



Prof. Dra. Valéria Veras Ribeiro
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)
Examinadora

AGRADECIMENTOS

Ao professor Simão Lindoso de Souza pelas leituras sugeridas ao longo dessa orientação, pelos ensinamentos, apoio e dedicação.

A minha mãe pela dedicação e apoio aos meus estudos e, a minha prima Mariúcha Nóbrega, pela preocupação, carinho e apoio aos meus estudos.

Aos colegas de projeto (Juan Alves, Vitória Araújo, Rayanne) que participaram das atividades desenvolvidas e foram de grande importância para a conclusão destas e, aos meus amigos de curso (Rayane Souza, Rayane Diniz, Ellynes Amancio, Marcos Júnior), que conviveram comigo durante o curso e estavam presentes nos mais diversos momentos da minha vida acadêmica e pessoal, pelas risadas, momentos de desespero e pela paciência e, ao meu melhor amigo e namorado Eberton Veras, por sua amizade, carinho, apoio e paciência.

Agradeço a todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização desse trabalho. Muito obrigada.

EFEITOS DA INOCULAÇÃO DE FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE SABIÁ

Raisa Nóbrega de Araújo¹

RESUMO - As mudas associadas aos fungos micorrízicos arbusculares (FMA) apresentam mudanças nutricionais e metabólicas que são refletidas de forma favorável no seu crescimento e tolerância a diversos ambientes. O objetivo central deste trabalho constitui avaliar parâmetros biométricos e fisiológicos na produção de mudas de sabiá em resposta à inoculação de FMA. Para isso foram produzidas mudas de sabiá inoculadas com FMA e sem inoculação. Avaliações de parâmetros biométricos e fisiológicos das mudas foram conduzidas por medidas diretas. Foi observado que as mudas micorrizadas apresentaram valores superiores ao das mudas não inoculadas, para os parâmetros biométricos (altura, comprimento, diâmetro do colo do caule, número de folhas, massa de matéria fresca da parte radicular) e, com relação as avaliações fisiológicas, constatou-se que as plantas micorrizadas regularam de forma mais eficiente a abertura e fechamento dos estômatos, resultando em maior eficiência do uso da água por apresentar menor taxa de transpiração.

Palavras-Chave: Micorriza Arbuscular; Biometria; Sabiá.

1. INTRODUÇÃO

A associação entre as raízes das plantas e determinados fungos do solo ocorre dentre a maioria das espécies vegetais superiores. Essa associação, de caráter mutualístico, é denominada micorriza, do grego, “mico” que significa fungo e “riza” raízes. Existem dois grupos principais de micorrizas, as ectomicorrizas e as endomicorrizas (SOUZA et al., 2006). As ectomicorrizas são associações com fungos que envolvem, mas não penetram as células vivas das raízes (SOUZA et al., 2006), caracterizando-se pela formação de um manto de hifas ao redor da raiz associada, por uma rede de hifas que se distribui internamente pelo córtex, denominada Rede de Hartig e, pelo micélio externo que se propaga pelo solo (ESPOSITO; AZEVEDO, 2010). Já as endomicorrizas são associações entre raízes de plantas e fungos micorrízicos arbusculares (FMAs).

Os FMAs pertencem ao filo Glomeromycota (SCHÜSSLER et al., 2001) e são simbiontes obrigatórios, sendo a simbiose estabelecida com as raízes de plantas denominada micorriza arbuscular (MA). Essa associação é caracterizada pela formação de micélio externo

¹ Aluno de Graduação em Ciências Biológicas na Universidade Estadual da Paraíba – Campus I.
Email: raisadearaujo@hotmail.com

e interno (ESPOSITO; AZEVEDO, 2010) com o desenvolvimento de arbúsculos, estruturas fúngicas formadas no interior das células corticais das raízes (HARRISON, 1999). A maioria ou quase todas as trocas entre fungos e plantas ocorre nos arbúsculos. A hifa se estende para o solo por vários centímetros, aumentando significativamente a quantidade absorvida de fosfato e outros nutrientes essenciais (RAVEN et al., 1996).

Além do benefício nutricional, as plantas micorrizadas também suportam melhor situações de estresse, como por exemplo, estresse hídrico (AUGÉ, 2004), salino (MAIA; YANO-MELO, 2005), presença de metais pesados no solo (KLAUBERG-FILHO et al., 2005), herbivoria (GEHING; BENNETT, 2009) e ataque de fitopatógenos (MAIA et al., 2006).

O FMA, quando em associação com o vegetal, utiliza substâncias sintetizadas pela planta, proporcionando, em contrapartida, aumento na absorção e acumulação de nutrientes iônicos do solo, em razão da sua alta taxa metabólica e da distribuição estratégica de suas hifas nas camadas do solo. Isto, geralmente, implica no aumento do vigor da planta e maior tolerância a diversos estresses ambientais (DURAZZINI, 2008).

Para o estabelecimento das MAs é preciso ocorrer íntima interação entre os simbioses, desenvolvendo em ambos, alterações bioquímicas e fisiológicas, resultando em alta compatibilidade funcional. Isso favorece o crescimento e o desenvolvimento das plantas pelo aumento do volume de solo explorado pelo sistema radicular, resultando em melhor capacidade de absorção de água e elementos minerais do solo, principalmente o P (DURAZZINI, 2008). Esta associação simbiótica além de proporcionar benefícios às plantas (HARRISON, 1999) principalmente em condições de solos de baixa fertilidade (SILVA-JUNIOR; CARDOSO, 2006), também beneficia os solos. O aumento da absorção de nutrientes do solo por meio dos FMAs beneficia o crescimento das plantas aumentando, conseqüentemente, a tolerância das mesmas às secas (AQUINO; CASSIOLATO, 2002).

Essa simbiose permite às plantas uma melhor adaptação ao ecossistema, isso porque proporcionam melhor utilização e conservação dos nutrientes disponíveis no sistema solo-planta. Os principais benefícios dessa relação para as plantas são alterações metabólicas diversas, que surgem e se refletem positivamente sobre o desenvolvimento e nutrição da planta (COLOZZI-FILHO; NOGUEIRA, 2007).

De acordo com Mendes et al. (2013), uma associação benéfica é formada entre a espécie *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth e FMAs, o que gera um grande benefício para esta espécie vegetal. As hifas destes fungos são capazes de capturar diversos nutrientes minerais e orgânicos que são utilizados pelas plantas nos seus processos fisiológicos (STÜRMER et al.,

2009). Em solos de média a baixa fertilidade, os FMAs maximizam 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).

A espécie *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth. pertencente à família Leguminosae, subfamília Mimosoideae, é uma planta arbórea nativa do nordeste brasileiro, conhecida regionalmente como sabiá devido à semelhança da coloração da casca da árvore com a plumagem do pássaro do mesmo nome (MAIA, 2004; TAVARES et al., 2012). Essa leguminosa apresenta elevado valor energético e forrageiro, sendo cultivado com diversas finalidades, comumente é utilizada para produção de lenha, estacas e carvão (LORENZI, 2002; GOMES, 2004; RIZZINI, 1978), contudo, também proporciona efeitos benéficos para a melhoria da fertilidade do solo, tornando-se indicada para a revegetação de áreas degradadas e proteção do solo contra erosão (GOMES, 1997; MENDES, 1989; COSTA et al., 2004; FERREIRA et al., 2007). De acordo com Braga (1976), o sabiá é indispensável em qualquer programa de reflorestamento da região Nordeste do Brasil por ser uma planta nativa, encontrando-se mais adaptada às condições ecológicas da região.

Esse trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos biométricos e fisiológicos da inoculação de fungos micorrízicos arbusculares, tais como altura, comprimento, diâmetro do colo do caule, massa de matéria fresca e seca da parte aérea e das raízes, taxa de transpiração, fotossíntese, condutância estomática, dentre outros, na produção de mudas de sabiá.

2. METODOLOGIA

2.1. Coleta de amostras de solo

Foram realizadas coletas de amostras de solo em uma área de bosque no campus Bodocongó da UEPB, município de Campina Grande. Nestes pontos foram coletadas, com trado holandês, na profundidade de 20 cm, subamostras de solo rizosférico, em seguida foram homogeneizadas para compor uma amostra composta. As amostras foram acondicionadas em sacolas plásticas transparentes.

2.2. Extração de esporos de FMA

Após secagem, homogeneização e peneiramento das amostras de solo em peneira com malha de 2 mm, os esporos de FMA foram extraídos de 50 cm³ de solo, por peneiramento úmido (GERDEMANN; NICOLSON, 1963) e centrifugação em solução de sacarose 50% (JENKINS, 1964). Todas as etapas posteriores que necessitaram de extração de esporos de

solo ou substratos de produção de mudas para verificação da presença e quantificação de esporos de FMA, seguiram esta mesma metodologia.

2.3. Separação e contagem de esporos de FMA

Os esporos de FMA foram separados em morfotipos, que são espécimes com características morfológicas semelhantes, utilizando microscopia estereoscópica e placas de Petri. Em seguida foram avaliados por contagem direta os esporos de cada grupo de morfotipos, seguindo normas recomendadas pelo International Culture Collection of (Vesicular) Arbuscular Mychorrizal Fungi (INVAM).

2.4. Espécie vegetal utilizada

Para a produção de mudas foi selecionada a espécie nativa da região Nordeste conhecida popularmente como Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.). A razão desta escolha foi devido à importância desta espécie para reabilitação de áreas em degradação, além da grande utilidade como forrageira e produtora de lenha para estacas e carvão.

As sementes de *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth. foram adquiridas na ASPTA (Assessoria e Serviços a Projetos em Agricultura Alternativa) e tiveram sua dormência quebrada pela imersão em água a temperatura de 80 °C, por 1 segundo, sendo essa operação repetida trinta vezes (MENDES et al, 2013). Realizado esse procedimento, as sementes foram mantidas em câmaras úmidas até a germinação.

2.5. Inoculação das mudas com FMA

Para montagem do experimento foi utilizado substrato composto por uma mistura de solo formada por massame, solo vegetal, areia e esterco na proporção 2:1:1:1 (v/v), previamente esterilizada. Foi utilizado um volume de 3 L deste substrato por vaso de cultivo.

As plântulas de sabiá foram transplantadas para os vasos e, em seguida, inoculadas com FMA. Vinte e um vasos receberam inoculação e outros vinte e um não foram inoculados como forma de controle. Totalizando 42 parcelas amostrais, das quais 22 foram utilizadas nas avaliações biométricas. Para cada vaso foi transplantado uma plântula de sabiá.

A inoculação de cada plântula foi feita com um *pool* de 150 esporos de FMA dos morfotipos extraídos na área de bosque da UEPB, obedecendo a proporção quantitativa dos espécimes representantes de cada morfotipo. Esse *pool* de esporos foi colocado em contato direto com as raízes das plântulas de sabiá no momento do transplântio para facilitar o processo de inoculação das mesmas.

As atividades de produção de mudas de sabiá inoculadas e não inoculadas com FMA foram conduzidas na infraestrutura do Viveiro da UEPB, em parceria com o Programa Adote uma Árvore.

2.6. Medida dos parâmetros de crescimento das mudas

Em intervalos de 10 e 20 dias, após 30 dias do transplântio das plântulas para os vasos de cultivo, foram realizadas as medidas biométricas de altura, comprimento e número de folhas, diâmetro do colo do caule das mudas, além da determinação das massas de matéria fresca e seca da parte aérea e das raízes. As mudas foram colhidas para determinação das massas de matéria fresca e seca da parte aérea e das raízes no final do experimento.

2.6.1. Diâmetro do colo do caule

Em intervalos de 10 e 20 dias, após 40 dias do transplântio das plântulas para os vasos de cultivo, foram feitas avaliações do diâmetro do colo do caule das mudas, com auxílio de paquímetro.

2.6.2. Massa da matéria fresca e seca da parte aérea e das raízes

A determinação de matéria fresca foi feita em balança analítica, logo após a separação das raízes e da parte aérea. Para determinação da massa da matéria seca, as amostras vegetais de parte aérea e raízes foram secas em estufa com ventilação forçada a 80 °C por 72 horas ou até atingir massa constante.

2.7. Conteúdo de água e proporção raiz:parte aérea

O conteúdo de água é calculado a partir da diferença entre a massa da matéria seca e a massa da matéria fresca de raízes e parte aérea, sendo o resultado dividido pela massa da matéria seca.

Também foram calculadas as proporções raiz:parte aérea utilizando os dados de massa da matéria fresca e massa da matéria seca de raízes e de parte aérea. Esta avaliação é importante para observar o investimento em crescimento radicular feito pelo vegetal em função da colonização micorrízica.

2.8. Aspectos fisiológicos

As trocas gasosas das plantas foram avaliadas para registro da taxa fotossintética líquida (A) ($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$), taxa transpiratória (E) ($\mu\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$), condutância estomática (gs) ($\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$), concentração interna de CO_2 (Ci) ($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$) e a eficiência do

uso da água (EUA) (A/E) $[(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}) (\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1})^{-1}]$, sendo calculada, também, a eficiência intrínseca do uso da água (EiUA) $[(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}) (\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1})^{-1}]$ e a eficiência instantânea de carboxilação (EiC) $[(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}) (\mu\text{mol mol}^{-1})^{-1}]$, utilizando-se o analisador de gás infravermelho (IRGA) modelo LCpro+Sistem, com fonte de radiação artificial (cerca de $1200 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$). As medições foram feitas em folhas mais jovens de cada planta, no período da manhã.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

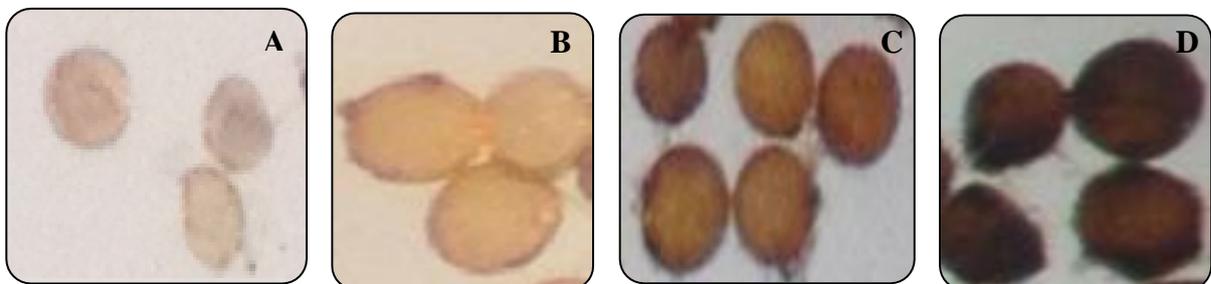
3.1. Separação e contagem dos esporos de FMA

A extração de esporos realizada para inoculação das mudas de sabiá resultou na verificação de quatro morfotipos principais, encontrados em maior quantidade, com características morfológicas apresentadas no quadro 1.

Quadro 1. Descrição de características morfológicas de esporos FMA extraídos de solo de bosque.

Morfotipos	Características gerais
Morfotipo 1	Transparentes, hialinos, arredondados, pequenos
Morfotipo 2	Amarelos, opacos, arredondados, médios
Morfotipo 3	Marrons claros, opacos, arredondados, pequenos
Morfotipo 4	Marrons escuros, opacos, arredondados, pequenos a médios

Figura 1. Fotos dos quatros principais morfotipos de esporos de FMA encontrados, A: morfotipo 1; B: morfotipo 2; C: morfotipo 3; D: morfotipo 4.



Fonte: Elaborada pela autora

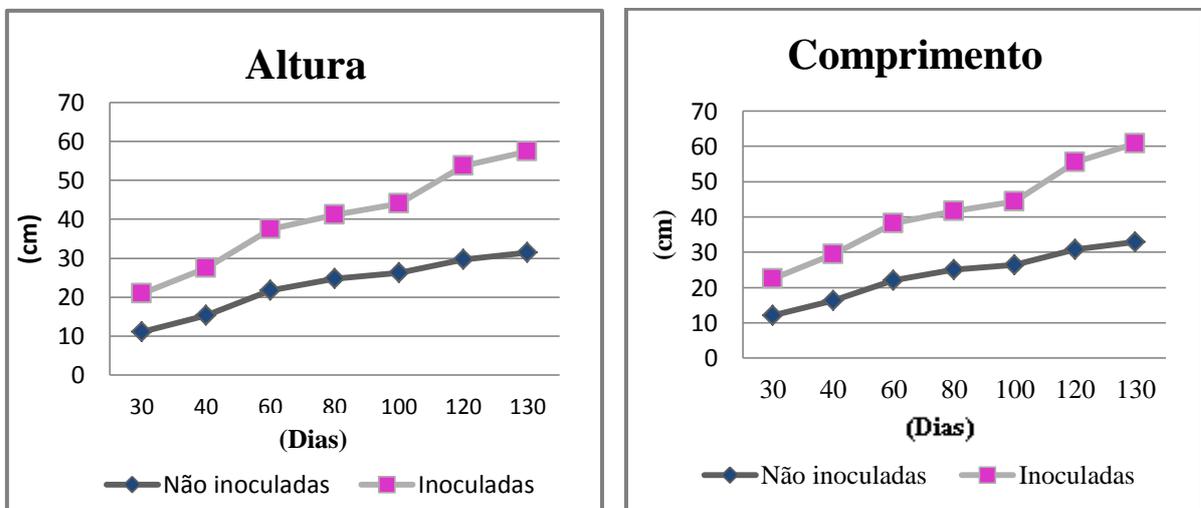
3.2. Medidas dos parâmetros de crescimento das mudas

Foram realizadas medições de parâmetros biométricos de mudas inoculadas e não inoculadas selecionadas aleatoriamente, sendo avaliada altura, comprimento e diâmetro, bem como o número de folhas destas plantas.

A evolução da altura e comprimento das mudas inoculadas e não inoculadas foi obtida a partir de sete medições realizadas com intervalos de dez dias entre o dia da primeira e segunda, e da sexta e sétima medição; e intervalos de vinte dias entre as outras medições feitas, podendo ser observadas na figura 2.

Houve um aumento progressivo da altura e comprimento em mudas inoculadas com FMA e não inoculadas. As plantas inoculadas com FMA apresentaram maiores valores de altura e comprimento quando comparadas às plantas não inoculadas. A média da altura de mudas inoculadas e não inoculadas foi de 22,88 cm e 17,44 cm, respectivamente, enquanto que a média do comprimento das mudas inoculadas foi de 23,67 cm e das mudas não inoculadas foi de 18,10 cm.

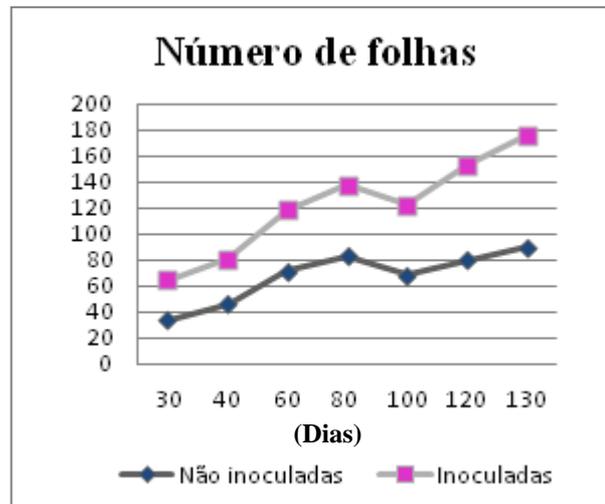
Figura 2. Crescimento em altura e comprimento medidas em centímetros das mudas de sabiá, inoculadas e não inoculadas com FMA.



Fonte: Elaborada pela autora

A figura 3 apresenta os resultados de médias do número de folhas das mudas cultivadas no experimento. Verifica-se a formação de maior número de folhas nas mudas inoculadas com FMA, havendo um grande aumento na fase inicial, até cerca de 80 dias, ocorrendo logo após uma tendência à estabilização na formação foliar. Esta estabilização é esperada uma vez que na fase inicial o vegetal necessita investir em órgãos fotossintetizantes para seu sustento autotrófico. Aliado a isto, a estabilização do número de folhas pode ser consequência do ataque de pragas, o que pode levar inclusive à diminuição nos valores deste parâmetro.

Figura 3. Crescimento do número de folhas das mudas de sabiá, inoculadas e não inoculadas com FMA.

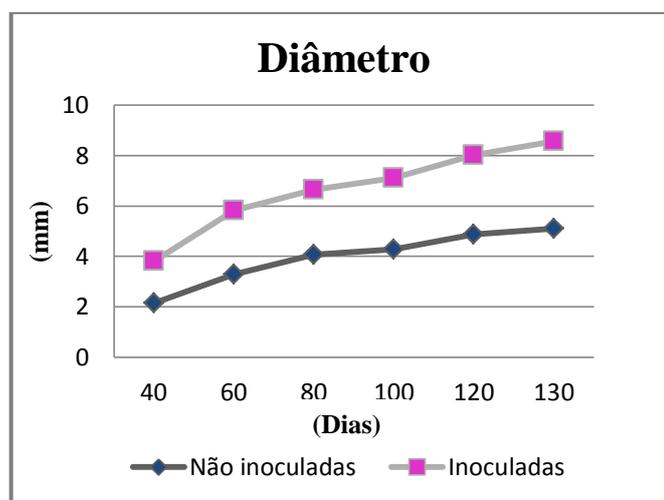


Fonte: Elaborada pela autora

Desenvolvimento maior foi apresentado pelas plantas inoculadas com FMA, a diferença entre as médias de número de folhas é visível na figura 3. A média final do número de folhas das mudas inoculadas foi de 67 folhas e as não inoculadas de 54 folhas.

O diâmetro do colo da planta também é um parâmetro importante na avaliação do desenvolvimento das mudas produzidas em viveiro (Figura 4).

Figura 4. Crescimento do diâmetro do colo das mudas de sabiá, inoculadas e não inoculadas com FMA.



Fonte: Elaborada pela autora

As mudas inoculadas avaliadas apresentaram médias de diâmetro superior às mudas não inoculadas. As mudas inoculadas avaliadas apresentaram média de 3,96 mm de diâmetro enquanto as mudas não inoculadas apresentaram média de 2,70 mm de diâmetro. Para este parâmetro observou-se que em todas as cinco repetições realizadas as plantas inoculadas

apresentam maiores médias, sugerindo que o estabelecimento e efetividade da simbiose podem ter sido precoce, e com isso havido benefícios ao desenvolvimento das mudas.

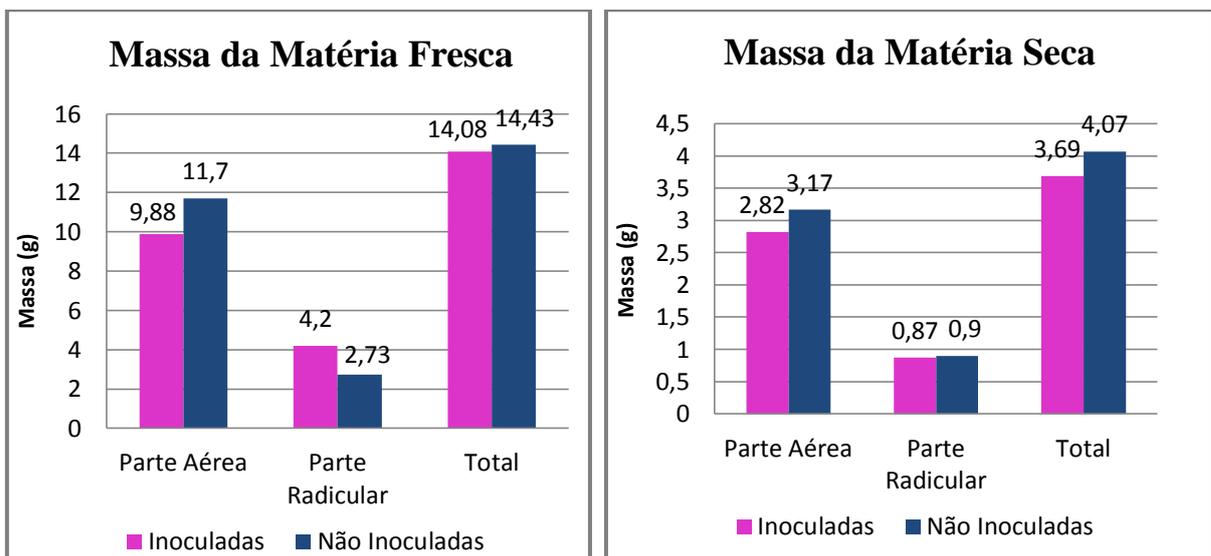
O benefício no crescimento das mudas de sabiá devido a presença de FMA pode ser vinculado ao fato de que a relação simbiótica micorrízica promove maior absorção de nutrientes, pelo desenvolvimento de estruturas internas nas raízes e de hifas extrarradiculares. A associação micorriza possui efeitos comprovados no crescimento de mudas da maioria das espécies arbustivas, arbóreas tropicais e frutíferas (BALOTA et al., 2011).

Oliveira e Alixandre (2013), em seu trabalho, observaram a influência da inoculação do FMA *Claroideoglomus etunicatum* e de níveis de fertilização fosfatada em substrato de subsuperfície de um Latossolo Amarelo nos parâmetros biométricos em mudas de sabiá. Como resultado foi constatado que a colonização micorrízica aumentou o crescimento das mudas em solo com baixos teores de fósforo, havendo maior eficiência micorrízica na ausência de fertilização fosfatada e, com a elevação dos níveis de P, maior crescimento das mudas de *M. caesalpiniaefolia* e diminuição na taxa de colonização radicular pelo FMA *C. etunicatum*.

Segundo Araújo (2012), a inoculação de mudas de sabiá com o FMA *Gigaspora margarita* Becker e Hall., promove significativo aumento inicial destas, uma produção de biomassa superior as mudas não micorrizadas e com relação a nutrição, maiores conteúdos dos macronutrientes na parte aérea.

A determinação da massa da matéria fresca e massa da matéria seca das mudas, raízes e parte aérea podem ser observadas na figura 5.

Figura 5: Massa da matéria fresca (MMF) e seca (MMS) de raízes, de parte aérea e de mudas inoculadas com FMA e não inoculadas.



Fonte: Elaborada pela autora

Os dados de massa de matéria fresca e seca das mudas possibilitam avaliar, além do crescimento vegetal, a quantidade de água retida pelas mudas cultivadas sob diferentes condições ambientais, o que foi realizado por meio da diferença entre a massa da matéria seca e a massa da matéria fresca, dividido pela massa da matéria seca, tanto para a parte aérea como para a radicular das mudas inoculadas e não inoculadas. Como resultado, obteve-se para as mudas inoculadas, as quantidades de água acumulada de 3,82 e 2,50 e para as mudas não inoculadas, 2,03 e 2,69; para parte radicular e aérea, respectivamente. Observa-se que as mudas inoculadas conseguiram obter e acumular maior quantidade de água através de suas raízes. Da mesma maneira, o fracionamento das mudas em parte aérea e raízes, possibilita investigar, através da proporção raiz/parte aérea o investimento vegetal no crescimento de raízes ou de parte aérea e, pode-se observar que as mudas inoculadas com FMA tiveram um maior investimento no crescimento de raízes, apresentando valor mais elevado para massa de matéria fresca da parte radicular em comparação com as mudas não inoculadas com FMA.

Observa-se em vários trabalhos o efeito benéfico dos FMAs no crescimento das plantas. Chu e Carvalho (2002) constataram que a inoculação com FMAs aumentou significativamente o crescimento das plantas de mangostoezeiros, superando as plantas não inoculadas, em todos os períodos de avaliação considerados, tanto em termos de altura como em diâmetro da copa e caule. Também foi analisado por Cavalcante et al. (2001) que o desenvolvimento do maracujazeiro amarelo foi beneficiado pela inoculação com FMA, enquanto as plantas não inoculadas restringiram a produção de folhas e a expansão foliar, havendo ainda maior crescimento de plantas micorrizadas.

Alguns trabalhos também têm demonstrado que a inoculação de FMAs no sistema de produção de mudas representa um grande potencial para o desenvolvimento de um cultivo racional e eficiente de mudas de boa qualidade de diversas fruteiras (SAMARÃO; MARTINS, 1999; SOARES; MARTINS, 2000; MARTINS et al., 2000) de raízes metabolicamente ativas, contudo, a grande limitação ainda é a produção em escala comercial de inóculo de FMAs (SCHIAVO; MARTINS, 2001).

3.3. Aspectos fisiológicos

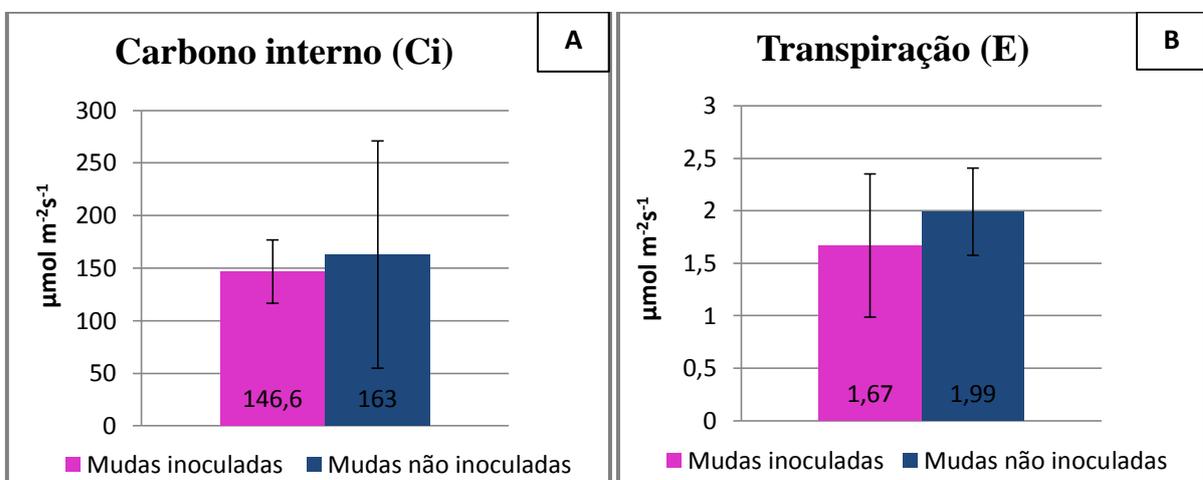
Foram avaliados aspectos fisiológicos de mudas de sabiá inoculadas e não inoculadas com FMA. As folhas das plantas inoculadas apresentaram, na leitura feita, menor quantidade

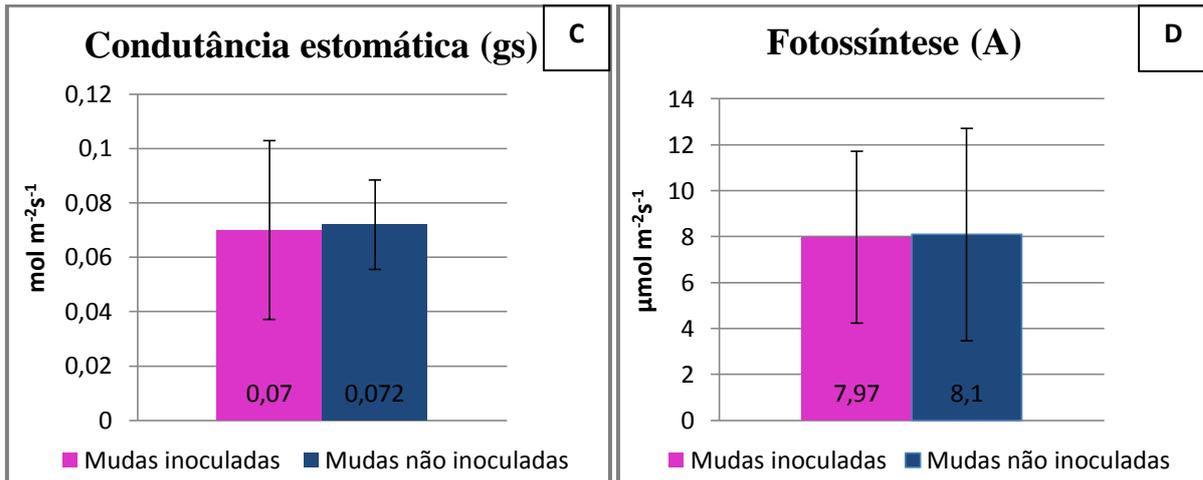
de carbono interno (Figura 6A), transpiração (Figura 6B), condutância estomática (Figura 6C) e fotossíntese (Figura 6D).

Vários mecanismos podem ajudar a planta a suportar a deficiência de água: as plantas podem se desenvolver e alcançar a fase de produção antes do período de seca; fechar os estômatos nas horas mais quentes do dia, ou movimentar as folhas para reduzir a insolação; aumentar a capacidade de absorção de água por aprofundamento do sistema radicular; sobreviver a grandes períodos de déficit hídrico mantendo a turgescência por ajuste osmótico (TURNER, 1979). O fechamento dos estômatos é a estratégia mais comumente utilizada pela planta para manter a turgescência durante as horas mais quentes do dia e para diminuir a taxa de transpiração (HSIAO, 1973). No entanto, esse mecanismo prejudica a atividade fotossintética devido ao impedimento da entrada de CO_2 , com conseqüente redução do crescimento da planta (BOYER, 1971; KRAMER, 1963).

Segundo Cavalcante et al. (2001) em seu trabalho com maracujazeiro amarelo, os resultados obtidos sugeriram que a associação fúngica atuou na regulação estomática proporcionando, para as plantas micorrizadas, menor fechamento estomático. As plantas micorrizadas apresentaram maior crescimento que as não associadas a FMA e desenvolveram maior Resistência difusiva quando sob estresse. Esses resultados indicam que houve maior fechamento dos estômatos, o que poderia resultar na redução da fotossíntese (CAVALCANTE et al., 2001).

Figura 6: Aspectos fisiológicos. A: Carbono interno (Ci); B: Transpiração (E); C: Condutância estomática (gs); D: Fotossíntese (A).





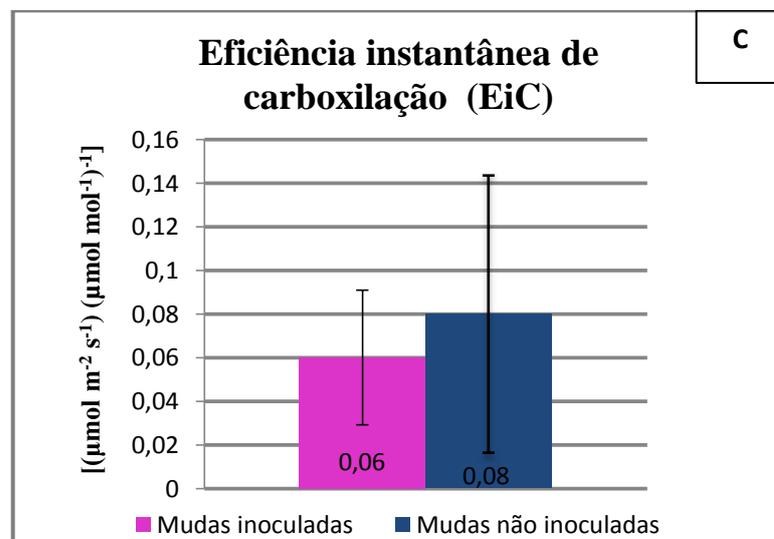
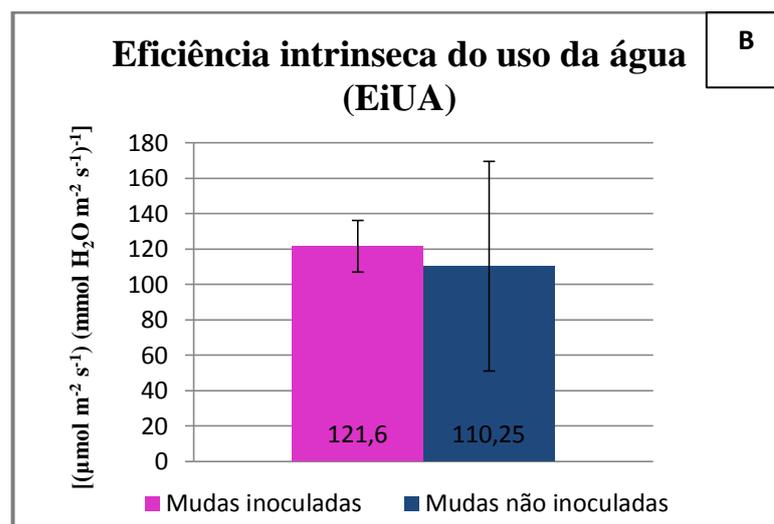
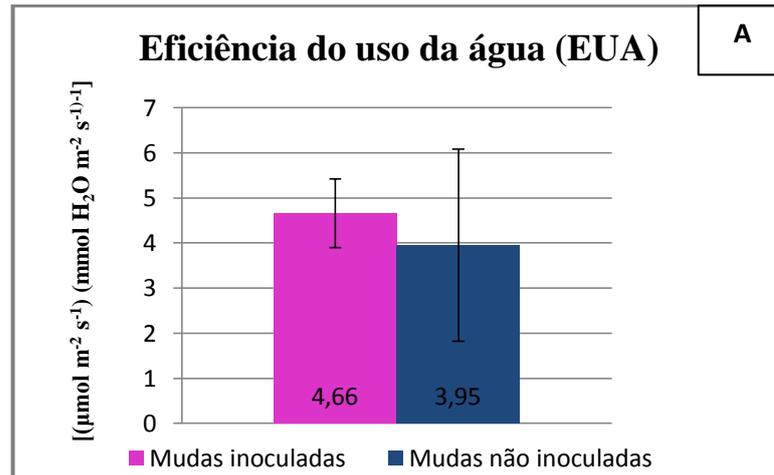
Fonte: Elaborada pela autora

Ainda que as médias apresentadas nos gráficos encontrarem-se semelhantes, nota-se que os valores médios obtidos através do desvio das médias podem diferir significativamente. Para conclusões mais concretas seria ideal a aplicação de análise estatística que aportasse melhor a discussão acerca dos resultados. Embora se tenha percebido esta necessidade, avaliou-se que a aplicação de análises estatísticas dependeriam de mais leituras concomitantes às medições biométricas.

De toda forma, estes resultados mostram que a inoculação das mudas com os FMAs proporcionam a estas controlar melhor a abertura e fechamento dos estômatos no sentido de evitar a transpiração de água e por outro lado, uma menor concentração de Carbono na câmara subestomática, o que por consequência diminui a taxa fotossintética.

Mudas inoculadas com FMAs apresentaram médias maiores para eficiência do uso da água, sendo esta de 4,66 (Figura 7A) e, 121,6 para eficiência intrínseca do uso da água (Figura 7B). A eficiência instantânea de carboxilação foi menor para mudas inoculadas (Figura 7C).

Figura 7: A. Eficiência do uso da água; B. Eficiência intrínseca do uso da água; C. Eficiência instantânea de carboxilação.



Fonte: Elaborada pela autora

Os dados aqui apresentados de eficiência do uso de água e da carboxilação estão diretamente relacionados com a abertura e fechamento dos estômatos. Por quanto mais tempo os estômatos ficam fechados, menor é a taxa de transpiração. Porém como consequência

inevitável, a taxa fotossintética diminui pela diminuição da fixação do Carbono interno. A eficiência da fixação do carbono, não indica necessariamente, menor taxa de fotossíntese, mas sim a forma que este é fixado determinado pelo tempo que o estômato está fechado.

4. CONCLUSÕES

As observações feitas até o momento indicam que parâmetros biométricos podem ser ferramentas úteis na avaliação do desenvolvimento de mudas, e ainda, que nas condições de condução dos experimentos, há indícios que a inoculação favoreceu o crescimento inicial das mudas de sabiá, tendo sido constatado maiores valores em todos os parâmetros biométricos avaliados para as mudas inoculadas com FMA, como também se pôde observar um maior investimento no crescimento radicular por parte destas.

Os parâmetros fisiológicos avaliados sugerem que as plantas micorrizadas foram mais eficientes com relação a regulação estomática, havendo menores taxas de condutância estomática e conseqüentemente a redução da fotossíntese e da transpiração, resultando em maior eficiência do uso da água. Para conclusões mais completas, faz-se necessário a realização de mais leituras dos aspectos analisados.

A concentração dos fungos micorrízicos arbusculares são recorrentes nos solos e nas raízes, logo, com a continuação nas pesquisas de presença ou ausência dos esporos dos fungos, poderemos posteriormente identificar quais vantagens teve a ação dos fungos nas plantas e vice-versa.

Os resultados que indicam menor massa de matéria fresca da parte aérea das mudas inoculadas pelos FMAs, e maior matéria fresca das raízes das mesmas mudas, dão indícios de comportamentos não esperados, mas que podem ser mais bem avaliados por outras experimentações e avaliações.

As medições dos parâmetros biométricos devem ser feitas concomitantes as medições fisiológicas para poder entender melhor o comportamento das mudas em função da inoculação com FMA.

EFFECTS OF INOCULATION OF ARBUSCULAR MYCORRHIZAL FUNGI IN SABIÁ SEEDLINGS PRODUCTION

ABSTRACT - Seedlings associated with arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) show nutritional and metabolic changes and are reflected favorably in their growth and tolerance to different environments. The main aim of this study was to evaluate biometric and physiological parameters in sabiá seedlings production in response to AMF inoculation. There were produced sabiá seedlings inoculated with AMF and without inoculation. Evaluations of biometric and physiological parameters of seedlings were conducted by direct measurements. It was observed that mycorrhizal plants had higher values than the non-inoculated seedlings for the biometric parameters (height, length, stem diameter, number of leaves, fresh weight of roots) and regarding the physiological, it was found that the mycorrhizal plants regulated more efficiently stomatal control, resulting in greater efficiency of water use by presenting lower transpiration rate.

Key-words: Arbuscular Mycorrhiza, Biometry, Seedlings.

REFERÊNCIAS

AQUINO, S. S; CASSIOLATO, A. M. R. Contribuição de fungos micorrízicos arbusculares autóctones no crescimento de *Guazuma ulmifolia* em solo de cerrado degradado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 12, p. 1819-1823, 2002.

ARAÚJO, R. S. L. **Fungos micorrizicos arbusculares e biofertilizantes no crescimento e nutrição da sabiá** (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.). 2012. 78 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Ciência Florestal, Recife, 2012.

AUGÉ, R. M. Arbuscular mycorrhizae and soil/ plant water relations. **Can. J. Soil sci.**, v. 84, p, 373-381, 2004.

BALOTA, E. L.; MACHINESKI, O.; STENZEL, N. M. C. Resposta da acerola à inoculação de fungos micorrízicos arbusculares em solo com diferentes níveis de fósforo. **Revista Bragantina**, v. 70, p. 166-175, 2011.

BOYER, J. S. G. Recovery of photosynthesis in sunflower after a period of low water potencial. **Plant Physiology**, v. 47, p. 816-820, 1971.

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

CAVALVANTE, U. M. T. et al. Respostas fisiológicas em mudas de maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis* Sims. F. *flavicarpa* Deg.) inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares e submetidas a estresse hídrico. **Acta botânica brasílica.**, Pernambuco, PE, v. 15, n. 3, p. 379-390, 2001.

CHU, E. Y.; CARVALHO, J. E. U. de. Efeito da inoculação com fungos micorrízicos arbusculares em mudas de mangostãozeiro, *Garcinia mangostana* L. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 17., 2002, Belém, PA. **Anais**. Belém: SBF, 2002. p.4.

COLOZZI-FILHO, A; NOGUEIRA, M. A. **Micorrizas Arbusculares em Plantas Tropicais: Café, Mandioca e Cana-de-açúcar**. Ed. A. Silveira e Sueli Freitas. Campinas: Instituto Agronômico, 2007.

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

DURAZZINI, A. M. S. **Fungos micorrízicos arbusculares em solos sob diferentes cultivos na fazenda experimental da Escola Agrotécnica Federal de Inconfidentes – MG**. 2008. 38 p. Monografia (Gestão Ambiental).

ESPOSITO, E.; AZEVEDO, J. L. de. **Fungos: uma introdução à biologia, bioquímica e biotecnologia**. 2 ed. Caxias do Sul: Educs, 2010, 638 p.

FERREIRA, R. L. C. et al. Deposição e acúmulo de matéria seca e nutrientes em serrapilheira em um bosque de sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth). **Revista árvore**, Viçosa- MG, v.31, n.1, p.7-12, 2007.

GEHRING, C.; BENNETT, A. Mycorrhizal fungal-plant-insect interactions: the importance of a community approach. **Environm. Entomol.**, v, 38, p. 93-102, 2009.

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

GOMES, M. V. M. **Efeitos da adubação nitrogenada e fontes de fósforos em mudas de sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth), submetido ao estresse hídrico**. 2004. 44 f.

Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Ciência Florestal, Recife, 2004.

GOMES, R. P. **Forragens fartas na seca**. Ed.4. São Paulo: Nobel, 1997, p.233.

HARRISON, M. Molecular and cellular aspects of the arbuscular mycorrhizal symbiosis. **Annual Review Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v.50, p.361-389, 1999.

HSIAO, T. C. Plant responses to water stress. **Annual Review of Plant Physiology**, v. 24, p. 519-570, 1973.

JENKINS, W. R. A rapid centrifugation technique for separating nematodes from soil. **Plant Disease Reporter**, v.48, p.692, 1964.

KLAUBERG FILHO, O. et al. Ecologia, função e potencial de aplicação de fungos micorrízicos arbusculares em condições de excesso de metais pesados. **Tópicos em Ciência do Solo**, Viçosa: UFV, v. 4, p. 85-144, 2005.

KRAMER, P. J. Water stress and plant growth. **Agronomy Journal**, v. 55, p. 31-35, 1963.

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

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

MAIA, L. C.; YANO-MELO, A. M.; KIMBROUGH, J. W. Species of ascomycetes forming ectomycorrhizae. **Mycotaxon**, v. 57, p. 371-390, 1996.

MAIA, L. C.; SILVEIRA, N. S. S.; CAVALCANTE, U. M. T. Interaction between arbuscular mycorrhizal fungi and root pathogens. In: RAI, M. K. (Org.). **Handbook of Microbial Biofertilizers**. The Haworth Press, Inc., New York, p. 325-352, 2006.

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

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

MENDES, M. M. C; CHAVES, L. F.C; NETO, T. P. P; SILVA, J. A. A; FIGUEIREDO, M. V. B. Crescimento e sobrevivência de mudas de sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.) inoculadas com microorganismos simbioses em condições de campo. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 23, n.2, p. 309-320, 2013.

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

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

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

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

SAMARÃO, S. S.; MARTINS, M. A. Influência de fungos micorrízicos arbusculares, associada à aplicação de rutina, no crescimento de mudas de goiabeira (*Psidium guajava* L.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.21, n.2, p.196-199, 1999.

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

SCHÜSSLER, A.; SCHWARZOTT, D.; WALKER, C. A new fungal phylum, the Glomeromycota: phylogeny and evolution. **Mycological Research**, New York, v.105, p.1413-1421, 2001.

SILVA-JUNIOR, J. P.; CARDOSO, E. J. B. N. Micorriza Arbuscular em cupuaçu e pupunha cultivados em sistema agroflorestal e em monocultivo na Amazônia Central. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.5, p. 819-825, 2006.

SOARES, A. C. F.; MARTINS, M. A. Influência de fungos micorrízicos arbusculares, associada à adição de compostos fenólicos, no crescimento de mudas de maracujazeiro-amarelo (*Passiflora edulis f. flavicarpus*). **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Campinas, v.24, n.4, p.731-740, 2000.

SOUZA, V. C. de. et al. Estudos sobre fungos micorrízicos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande – PB, v.10, n.3, p.612–618, 2006.

STÜRMER, S. L. et al. “Além das raízes”: o papel dos fungos micorrízicos. **Boletim Informativo da SBCS**, p. 30-32, 2009.

TAVARES, R. C. et al. Colonização micorrízica e nodulação radicular em mudas de sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.) sob diferentes níveis de salinidade. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza – CE, v. 43, n. 3, p. 409-416, 2012.

TURNER, N. C. Drought resistance and adaptation to water deficits in crop plants. In: H. Mussell & R.C. Staples (Eds.). **Stress Physiology in Crop Plants**. John Wiley & Sons, New York, p. 343-372, 1979.