

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DO SOLO**

**EFEITO DA INOCULAÇÃO COM FUNGO MICORRÍZICO ARBUSCULAR E
DA ADUBAÇÃO ORGÂNICA NO DESENVOLVIMENTO DE MUDAS DE
SABIÁ (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.), SOB ESTRESSE SALINO**

RODRIGO DE CASTRO TAVARES

**FORTALEZA – CEARÁ
2007**

Efeito da inoculação com Fungo Micorrízico Arbuscular e da Adubação Orgânica no Desenvolvimento de Mudas de Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.), sob Estresse Salino

RODRIGO DE CASTRO TAVARES

FEVEREIRO - 2007
FORTALEZA – CEARÁ
BRASIL

Efeito da Inoculação com Fungo Micorrízico Arbuscular e da Adubação Orgânica no Desenvolvimento de Mudas de Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.), sob Estresse Salino

RODRIGO DE CASTRO TAVARES

Dissertação submetida à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração em Solos e Nutrição de Plantas, da Universidade Federal do Ceará, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre.

FEVEREIRO - 2007
FORTALEZA - CEARÁ
BRASIL

T231e Tavares, Rodrigo de Castro

Efeito da inoculação com fungo micorrízico arbuscular e da adubação orgânica no desenvolvimento de mudas de Sabiá (*Mimosa Caesalpiniaefolia* Benth.), sob estresse salino / Rodrigo de Castro Tavares

82 f., il. color., enc.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007.

Área de Concentração: Solos e Nutrição de Plantas

Orientador: Prof. Dr. Paulo Furtado Mendes Filho

1. *Mimosa caesalpiniaefolia* 2. Fungo Micorrízico Arbuscular 3. Adubação Orgânica 4. Estresse Salino

I. Mendes Filho, Paulo Furtado (orient.) II. Universidade Federal do Ceará – Pós-Graduação em Agronomia III. Título

CDD 583.321

Esta dissertação foi submetida como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Agronomia, Área de Concentração em Solos e Nutrição de Plantas, outorgado pela Universidade Federal do Ceará.

Rodrigo de Castro Tavares

Dissertação aprovada em: 26/02/2007

Prof. Paulo Furtado Mendes Filho – Dr.
(Orientador)

Prof. Claudivan Feitosa de Lacerda – Dr.
(Examinador)

Prof^a. Vânia Felipe Freire Gomes – Dr.
(Examinadora)

Dr. Francisco Valderez Augusto Guimarães
(Examinador)

Aos meus pais: José Tavares da Silva e Mary de Castro Tavares que tudo fizeram para o adiantamento moral e intelectual dos seus filhos; aos meus irmãos: Celina e Leandro; aos meus amigos: Fátima, Edvaldo, Ana, Chrsystian, João Batista, Boca, Jean, Joenilson, Vá e Binha; aos meus tios: José Filho, Antônio, Joaquim Augusto, Dircivany, Rosemeire e Valmir pelos ensinamentos de justiça, honestidade e honradez, sendo princípios que sempre tomaram como base; A Joedna pelo companheirismo de todos os momentos, todo meu amor e todo meu afeto.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A **Deus**, pela vida, saúde, força, coragem e por mais uma etapa de minha vida vencida;

À **Universidade Federal do Ceará** e, em especial, ao Departamento de Ciência do Solo, por tornar possível a nossa qualificação profissional;

A **Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)**, pela concessão da bolsa de estudo;

Ao professor **Paulo Furtado Mendes Filho**, pela orientação, compreensão, amizade construída;

Ao professor **Téogenes Senna de Oliveira**, pela força e incentivo durante o curso e pela sincera amizade construída;

A professora **Vânia Felipe Freire Gomes**, pela amizade e por aceitar está na minha banca examinadora, dando sugestões para melhorar a dissertação;

Ao **Francisco Valderez Augusto Guimarães**, o qual se fez presente com suas sugestões valiosas e pela amizade;

Ao professor **Claudivan Feitosa de Lacerda**, pela co-orientação, compreensão e amizade construída;

Aos professores **Fernando F. Ferreyra Hernandez e Raimundo Nonato de Assis Junior** pelos ensinamentos preciosos na ciência do solo e além de tudo pela sincera amizade;

Aos **professores Francisco Ocian Bastos Mota, Ricardo Espídola Romero, Thiago Osório, Aline Marques, Ismail Soares e Boanerges Freire de Aquino** com os quais convivi, pelos inesquecíveis ensinamentos transmitidos;

Aos **servidores técnico-administrativos do Departamento de Ciência do Solo/UFC e da FUNCEME**, pela amizade e ajuda no laboratório, **Georgia, Aldo Cirino, Edilson, Fátima, Penha, Antonio José, Franzé, Tavares e Ademir**.

A minha mãe, **Mary de Castro Tavares** e ao meu pai, **José Tavares da Silva**, por depositarem seus sonhos em mim e o melhor de tudo, estarem comigo nesse momento com saúde, compartilhando a alegria de vê concretizado um esforço mútuo. Aos amigos do Curso de Pós-Graduação em Agronomia – Solos e Nutrição de Plantas/UFC (2005), pela convivência e respeito que nos tornou mais que meros colegas: **Antonio Maia Neto, João Paulo Cajazeira, Maria Tereza, Antonio José, Gislane, Thales, Jaime, Alessa, Gleidson, Helon, Wilber, Regis e Junior**. Fica a torcida para que todos

nós possamos mostrar os esforços intelectuais buscados durante o mestrado. Desejo a todos uma vida cheia de grandes realizações.

Às turmas do curso de mestrado em Agronomia - Solos e Nutrição de Plantas (2005 e 2006)/UFC, pela amizade e convivência.

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

ÍNDICE

LISTA DE FIGURAS.....	viii
LISTA DE TABELAS.....	xi
LISTA DE ANEXOS.....	xiii
RESUMO.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1 O Sabiá.....	3
2.1.1. Aspectos Gerais.....	3
2.2. Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMA).....	4
2.3. Solos Afetados por Sais.....	7
2.4. Resposta das Plantas à Presença dos Sais.....	8
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	12
3.1. Local do Experimento, Solo, Material Vegetal e Semeadura.....	12
3.2. Instalação e Condução do experimento.....	14
3.3. Análises de Crescimento.....	15
3.4. Determinação dos Elementos Minerais na Planta.....	15
3.5. Determinações Microbiológicas.....	16
3.5.1. Colonização Micorrízica (CM).....	16
3.5.2. Dependência Micorrízica (DM).....	17
3.5.3. Respiração Basal do Solo (RBS).....	17
3.6. pH do Solo.....	17
3.7. Análises Estatísticas.....	17
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	18
4.1 Efeitos da salinidade e da adubação orgânica nas variáveis microbiológicas e no pH do solo após o cultivo.....	18
4.2 Efeito da salinidade e da adubação orgânica no crescimento das plantas.....	27
4.3 Efeito da salinidade e da adubação orgânica nos teores de nutrientes da planta.....	34
5. CONCLUSÕES.....	49
6. BIBLIOGRAFIA.....	50

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Efeitos das interações entre estresse salino e fungos micorrízicos (A), estresse salino e matéria orgânica (B) e fungos micorrízicos e matéria orgânica (C), sobre a matéria seca dos nódulos em raízes de sabiá (médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste t, $P < 0,05$; ns, * e ** não significativo a 5%, significativos a 5 e 1%, respectivamente).20
- Figura 2. Efeitos das interações entre estresse salino e fungos micorrízicos (A), estresse salino e matéria orgânica (B) e fungos micorrízicos e matéria orgânica (C), sobre a colonização micorrízica das raízes do sabiá (médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste t, $P < 0,05$; ns, * e ** não significativo a 5%, significativos a 5 e 1%, respectivamente).22
- Figura 3. Efeitos das interações entre estresse salino e fungos micorrízicos (A), estresse salino e matéria orgânica (B) e fungos micorrízicos e matéria orgânica (C), sobre o pH do solo após o cultivo em plantas de sabiá (médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste t, $P < 0,05$; ns, * e ** não significativo a 5%, significativos a 5 e 1%)24
- Figura 4. Respiração basal acumulada após 10 dias de ensaio, em solo cultivado com plantas de sabiá.25
- Figura 5. Dependência micorrízica das plantas de sabiá que não receberam adubação orgânica (DM1) e dependência micorrízica das plantas de sabiá adubadas (DM2) em diferentes níveis de salinidade (ns, * e ** não significativo a 5%, significativos a 5 e 1%, respectivamente).26
- Figura 6. Efeitos das interações entre estresse salino e fungos micorrízicos (A), estresse salino e matéria orgânica (B) e fungos micorrízicos e matéria orgânica (C), para a matéria seca das raízes (A_1 , B_1 e C_1), do caule (A_2 , B_2 e C_2) e das folhas (A_3 , B_3 e C_3) em plantas de sabiá (médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste t, $P < 0,05$; ns, * e ** não significativo a 5%, significativos a 5 e 1%, respectivamente).29
- Figura 7. Efeito das interações entre estresse salino e fungos micorrízicos (A), estresse salino e matéria orgânica (B) e fungos micorrízicos e matéria orgânica (C), para a altura aos 15 DATS (A_1 , B_1 e C_1), aos 25 DATS (A_2 , B_2 e C_2) e aos 35 dias DATS (A_3 , B_3 e C_3), em plantas de sabiá (médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste t, $P < 0,05$; ns, * e ** não significativo a 5%, significativos a 5 e 1%, respectivamente).32
- Figura 8. Efeitos das interações entre estresse salino e fungos micorrízicos (A), estresse salino e matéria orgânica (B) e fungos micorrízicos e matéria orgânica (C), sobre a relação raiz/parte aérea, em plantas de sabiá (médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste t, $P < 0,05$; ns, * e ** não significativo a 5%, significativos a 5 e 1%, respectivamente).33

Figura 9. Efeito das interações entre estresse salino e fungos micorrízicos (A), estresse salino e matéria orgânica (B) e fungos micorrízicos e matéria orgânica (C), para os teores de nitrogênio na raiz (A ₁ , B ₁ e C ₁), no caule (A ₂ , B ₂ e C ₂) e nas folhas (A ₃ , B ₃ e C ₃), em sabiá (médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste t, P < 0,05; ^{ns} , * e ** não significativo a 5%, significativos a 5 e 1%, respectivamente).....	37
Figura 10. Efeitos das interações entre estresse salino e fungos micorrízicos (A), estresse salino e matéria orgânica (B) e fungos micorrízicos e matéria orgânica (C), para os teores de fósforo na raiz (A ₁ , B ₁ e C ₁), no caule (A ₂ , B ₂ e C ₂) e nas folhas (A ₃ , B ₃ e C ₃), em sabiá (médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste t, P < 0,05; ^{ns} , * e ** não significativo a 5%, significativos a 5 e 1% respectivamente).....	38
Figura 11. Efeitos das interações entre estresse salino e fungos micorrízicos (A), estresse salino e matéria orgânica (B) e fungos micorrízicos e matéria orgânica (C), para os teores de potássio na raiz (A ₁ , B ₁ e C ₁), no caule (A ₂ , B ₂ e C ₂) e nas folhas (A ₃ , B ₃ e C ₃), em sabiá (médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste t, P < 0,05; ^{ns} , * e ** não significativo a 5%, significativos a 5 e 1%, respectivamente).....	39
Figura 12. Efeito das interações entre estresse salino e fungos micorrízicos (A), estresse salino e matéria orgânica (B) e fungos micorrízicos e matéria orgânica (C), para os teores de cálcio na raiz (A ₁ , B ₁ e C ₁), no caule (A ₂ , B ₂ e C ₂) e nas folhas (A ₃ , B ₃ e C ₃), em plantas de sabiá (médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste t, P < 0,05; ^{ns} , * e ** não significativo a 5%, significativos a 5 e 1%, respectivamente).....	42
Figura 13. Efeito das interações entre estresse salino e fungos micorrízicos (A), estresse salino e matéria orgânica (B) e fungos micorrízicos e matéria orgânica (C), para os teores de magnésio na raiz (A ₁ , B ₁ e C ₁), no caule (A ₂ , B ₂ e C ₂) e nas folhas (A ₃ , B ₃ e C ₃), em plantas de sabiá (médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste t, P < 0,05; ^{ns} , * e ** não significativo a 5%, significativos a 5 e 1%, respectivamente).....	43
Figura 14. Efeito das interações entre estresse salino e fungos micorrízicos (A), estresse salino e matéria orgânica (B) e fungos micorrízicos e matéria orgânica (C), para os teores de sódio na raiz (A ₁ , B ₁ e C ₁), no caule (A ₂ , B ₂ e C ₂) e nas folhas (A ₃ , B ₃ e C ₃), em plantas de sabiá (médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste t, P < 0,05; ^{ns} , * e ** não significativo a 5%, significativos a 5 e 1%, respectivamente).....	46
Figura 15. Efeito das interações entre estresse salino e fungos micorrízicos (A), estresse salino e matéria orgânica (B) e fungos micorrízicos e matéria orgânica (C), para os teores de cloro na raiz (A ₁ , B ₁ e C ₁), no caule (A ₂ , B ₂ e C ₂) e nas folhas (A ₃ , B ₃ e C ₃), em plantas de sabiá (médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste t, P < 0,05; ^{ns} , * e ** não significativo a 5%, significativos a 5 e 1%, respectivamente).....	47

Figura 16. Efeitos das interações entre estresse salino e fungos micorrízicos (A), estresse salino e matéria orgânica (B) e fungos micorrízicos e matéria orgânica (C), para a relação Na^+/K , em plantas de sabiá (médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste t, $P < 0,05$; ^{ns}, * e ** não significativo a 5%, significativos a 5 e 1%, respectivamente).48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Propriedades físico e químicas da camada de 0-20 cm de um Argilossolo Amarelo	13
Tabela 2. Análise química do composto orgânico	15
Tabela 3. Análise química da água da Companhia de Abastecimento de Água e Esgoto do Estado do Ceará (CAGECE).....	15

LISTA DE ANEXOS

- Anexo 1. Análise de variância referente a matéria seca das raízes (MSR), matéria seca dos nódulos (MSN), colonização micorrízica (CM), pH do solo, nitrogênio da raiz (N_r), fósforo da raiz (P_r), potássio da raiz (K_r^+), cálcio da raiz (Ca^{2+}_r), magnésio da raiz (Mg^{2+}_r), sódio da raiz (Na^+_r) e cloro da raiz (Cl^-_r) na *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.....64
- Anexo 2. Análise de variância referente a matéria seca do caule (PSC), nitrogênio do caule (N_c), fósforo do caule (P_c), potássio do caule (K^+_c), cálcio do caule (Ca^{2+}_c), magnésio do caule (Mg^{2+}_c), sódio do caule (Na^+_c) e cloro do caule (Cl^-_c) na *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.....65
- Anexo 3. Análise de variância referente a matéria seca das folhas (MSF), altura das plantas aos 15 dias, após o início do tratamento salino (15 DATS), altura das plantas aos 25 dias, após o início do tratamento salino (25 DATS), altura das plantas aos 35, após o início do tratamento salino (35 DATS), relação raiz/parte aérea (R/PA) na *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.....66
- Anexo 4. Análise de variância referente ao nitrogênio das folhas (N_f), fósforo das folhas (P_f), potássio das folhas (K^+_f), cálcio das folhas (Ca^{2+}_f), magnésio das folhas (Mg^{2+}_f), sódio das folhas (Na^+_f), cloro das folhas (Cl^-_f) e na relação sódio/potássio (Na^+/K^+) na *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.....67

RESUMO

A salinização dos solos tem se constituído um problema sério para a agricultura, principalmente nas regiões áridas e semi-áridas em todo o mundo. O excesso de sais no solo afeta tanto as áreas irrigadas como as não irrigadas, limitando, portanto o crescimento e a produtividade das culturas. O presente trabalho teve por objetivo avaliar os efeitos da inoculação com fungo micorrízico arbuscular e da adubação orgânica no desenvolvimento do sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth), sob estresse salino. Portanto, foi instalado um experimento em casa de vegetação do Departamento de Ciências do Solo da Universidade Federal do Ceará, no Campus do Pici em Fortaleza. O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial, 2 (presença e ausência de fungos micorrízicos arbusculares) X 2 (presença e ausência de composto orgânico) X 5 níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (0,7, 1,2, 2,2, 3,2 e 4,2 dS m⁻¹), com 4 repetições. Ao final de 60 dias após a germinação das plantas foi coletado o experimento, onde determinou-se os fatores de crescimento, as variáveis microbiológicas, o pH do solo após o cultivo, os teores minerais (N, P, K, Ca, Mg, Na, Cl) e as relações Raiz/Parte Aérea (R/PA) e Sódio/Potássio (Na/K). A salinidade promoveu maior redução na produção de matéria seca das plantas não micorrizadas e não adubadas. A inoculação com fungo micorrízico arbuscular aumentou a produção de matéria seca das plantas de sabiá. As plantas adubadas com matéria orgânica apresentaram maior desenvolvimento, quando comparadas com as plantas não adubadas. As plantas micorrizadas apresentaram maiores conteúdos de nutrientes, quando comparadas com as plantas não micorrizadas.

Palavras chave: *Mimosa caesalpiniaefolia*, fungo micorrízico arbuscular, adubação orgânica, estresse salino.

ABSTRACT

Salt affected soils management is an important subject to be studied, especially when irrigated arid and semi-arid regions are considered, as soil salt excess may limit growth and plant productivity. The objective of this dissertation was to evaluate the effect of mycorrhizal arbuscular fungi (AMF) inoculation on growth of sabiá plants (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.), cultivated under salt stress in the presence or absence of organic compost. Thus, an experiment was conducted under green-house conditions to evaluate the potential of inoculated and fertilized plant establishment submitted to salt stress, in a complete randomized factorial design 2 (inoculated or non-inoculated plants) X 2 (fertilized or non-fertilized with organic compost) X 5 levels of irrigation water electrical conductivity (0.7, 1.2, 2.2, 3.2 and 4.2 dS m⁻¹), with 4 replications. After 60 days from germination, plants were harvested and then analyzed to evaluate growth factors, microbiological variables, soil pH, shoot-root and sodium/potassium ratios and mineral nutrient content (N, P, Ca, Mg, Na and Cl). Salinity decreased growth and plant biomass of non-mycorrhizal fertilized plants. Inoculation with AMF increased plant dry matter production when compared with non-inoculated plants under salt stress. When compared with non-fertilized plants, organic compost fertilization increased plant growth, Nutrient contents were always much higher in inoculated plants and in organic compost fertilized plants.

Keywords: *Mimosa caesalpiniaefolia*, arbuscular mycorrhizal fungi, organic compost, salt stress.

1. INTRODUÇÃO

A ocorrência de solos com elevada concentração de sais é um problema mundial, pois afeta boa parte das áreas agricultáveis do planeta. Segundo a FAO (2000), as regiões áridas e semi-áridas são os locais de maior ocorrência de solos afetados por sais, devido à baixa precipitação pluviométrica, a alta taxa de evaporação e, sobretudo, à irrigação incompatível com as características físicas, químicas e mineralógicas do solo.

Estimativas de Gupta & Abrol (1990) baseadas no Mapa de Solos do Mundo elaborado pela FAO/UNESCO revelam que cerca de 397 milhões de hectares de solos são afetados pela salinidade e 434 milhões são afetados pela sodicidade.

O total da área irrigada do planeta está em torno de 230 milhões de hectares, dos quais 45 milhões de hectares (em torno de 19,5 %) se encontram salinizados. No Brasil, a região do semi-árido nordestino contribui para o maior percentual de solos afetados por sais, principalmente nos perímetros irrigados. As condições climáticas e a atuação antrópica são fatores que contribuem para maximização deste cenário (Gheyi, 2000).

No semi-árido brasileiro, devido às condições ambientais que proporcionam o aumento da salinidade nas águas de poços subterrâneos, açudes de pequeno e médio porte e lagoas, caracteriza-se outro ponto crítico para utilização destes recursos hídricos (Wright, 1981; Holanda & Amorim, 1997). Portanto, a salinidade em águas de rios e riachos pode ser um problema, dependendo do tipo de solo e da qualidade de água das barragens (Holanda & Amorim, 1997; Seckler et al., 1998).

O aumento da concentração de sais solúveis na zona radicular proporciona uma redução do potencial osmótico do solo causando diminuição na disponibilidade de água para as plantas, afetando o rendimento das culturas e, algumas vezes, levando ao comprometimento agrícola da área (Gheyi, 2000).

O manejo ou a reabilitação dos solos afetados por sais pelos métodos convencionais constitui-se em um problema para agricultura, pois estes métodos são caros, demandam tempo e podem não surtir o efeito esperado. Entre as técnicas que podem ser adotadas na mitigação do acúmulo de sais no solo, o manejo dos microrganismos edáficos apresenta-se como mais uma ferramenta a ser utilizada. Há algum tempo a importância dos microrganismos nos diversos processos do solo é conhecida, mesmo em condições adversas de temperatura, pH e ambientes com alta concentração salina. De acordo com Cordovilla et al. (1995), existem evidências do aumento da tolerância ao estresse salino em plantas micorrizadas. A associação simbiótica de espécies vegetais superiores com fungos micorrízicos pode contribuir para o crescimento e sobrevivência das plantas através da redução de estresses associados à nutrição, relação umidade/aeração, estrutura do solo, pH, teor de sais, presença de metais tóxicos e fatores bióticos.

O estudo sobre microrganismos tolerantes a ambientes adversos é, sobretudo, uma questão estratégica no cenário mundial, pois abre uma gama de possibilidades em todas as áreas da ciência, especialmente na agricultura sob condições que afetam o desenvolvimento das plantas. Neste sentido, a pesquisa envolvendo a associação micorrízica em solo salino tem demonstrado bons resultados (Cantrell & Linderman, 2001; Yano-Melo et al., 2003a; Giri et al., 2003), apesar dos estudos nessa área ainda serem incipientes.

O sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.) apresenta-se, neste contexto, como uma espécie de grande potencialidade para programas de revegetação, principalmente na região Nordeste, onde a espécie é nativa. A associação do sabiá com bactérias do gênero *Bradyrhizobium* e fungos micorrízicos arbusculares reforçam a hipótese da utilização desta espécie em solos afetados por sais.

Dentro do exposto, o presente trabalho teve por objetivo estudar os efeitos da inoculação com fungo micorrízico arbuscular e da adubação orgânica no desenvolvimento do sabiá cultivado sob condições de estresse salino.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 O Sabiá

2.1.1. Aspectos Gerais

O sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.) é uma planta heliófita da família Leguminosae e subfamília Mimosaceae, sendo conhecida regionalmente como sabiá devido à semelhança da coloração da casca da árvore com a plumagem do pássaro do mesmo nome (Maia, 2004). É uma planta nativa da caatinga do Ceará com ocorrência preferencial em solos profundos, tanto em formações primárias quanto secundárias (Lorenzi, 2000). O sabiá é encontrado em outras regiões do Nordeste do Brasil, especialmente em regiões semi-áridas, com precipitações variando de 600 a 1000 mm anuais. Todavia, ocorre também em áreas mais secas, onde as temperaturas médias estão entre 20 e 28° C. Neste caso, apresenta uma forma mais arbustiva com tronco bastante ramificado (Ribask et al., 2003).

Segundo Alves et al. (2004), a propagação dessa espécie é via sementes, no entanto estas apresentam dormência e, por ocasião da dispersão natural, ocorrem grandes perdas devido à disseminação dos craspédios, designados por pequenos segmentos unisseminados, os quais formam a vagem (fruto). A emergência desta espécie ocorre entre 5-20 dias e a taxa de germinação é geralmente de 50 %. O desenvolvimento das mudas é bastante rápido, as quais se encontram aptas para o plantio no local definitivo em menos de quatro meses (Maia, 2004).

O sabiá é considerada uma das mais importantes leguminosas arbóreas, pois apresenta elevada resistência à seca e rápido crescimento (Almeida et al., 1986). Sua madeira é apropriada para a fabricação de estacas, mourões, postes, lenha e carvão. Constitui-se em um alimento de alto valor protéico para o gado, principalmente durante o período de seca no semi-árido brasileiro (Lorenzi, 2000). A espécie também é utilizada como quebra-vento ou cerca-viva. Na região Sudeste do Brasil, é comum a sua utilização para cercar sítios, fazendas, indústrias, loteamentos e áreas de mineração. Nesta última, tem a função de minimizar alguns impactos gerados pela atividade, tais como o impacto visual e a poeira. As cercas-vivas oferecem proteção, impossibilitando a visualização do empreendimento e a entrada de pessoas estranhas e animais, além do aspecto paisagístico (Ribask et al., 2003).

Contudo, as plantas de sabiá associam-se a fungos micorrízicos arbusculares e à bactérias fixadoras de nitrogênio, que por sua vez melhoram o seu desenvolvimento. Em adição, Burity et al. (2000) concluíram que em mudas de sabiá a inoculação com rizóbio e fungo micorrízico arbuscular aumentaram a nodulação, área foliar e a atividade da nitrogenase, em relação às plantas somente inoculadas com rizóbio. Ainda, Stamford & Silva (2000), observaram que estirpes de rizóbio selecionadas para solos ácidos foram efetivas no acúmulo de nitrogênio total e promoveram aumento no crescimento de mudas de sabiá em solo do semi-árido de Pernambuco, de maneira que se tornou dispensável o uso do calcário na correção do solo. Portanto, mudas de sabiá duplamente inoculadas devem, ser utilizadas em programas de reflorestamento na região Nordeste, principalmente em áreas semi-áridas.

2.2. Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMA)

A micorriza arbuscular é a associação íntima entre as raízes da maioria das plantas superiores e fungos da ordem Glomales. A ordem Glomales é formada por cinco famílias: Glomaceae, formada pelo gênero *Glomus*; Acauloporaceae, com os gêneros *Acaulospora* e *Entrophospora*; Gigasporaceae, com os gêneros *Gigaspora* e *Scutellospora*; Archaeosporaceae, com o gênero *Archaeospora*; e Paraglomaceae, com o gênero *Paraglomus* (Invam, 2006; Moreira & Siqueira, 2002; Morton & Benny, 1990; Morton & Redecker, 2001). A denominação arbuscular decorre da formação de estruturas fúngicas chamadas de arbúsculos, que se formam no interior do córtex radicular. Estas estruturas altamente dicotômicas constituem o sítio de troca entre o fungo e a planta (Smiht & Read, 1997).

Os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) são biotróficos obrigatórios, ou seja, apenas crescem vegetativamente e esporulam na presença de raízes vivas, o que limita a sua utilização em larga escala na agricultura, pela inexistência de inoculante aceito comercialmente com um padrão oficial para seu controle de qualidade. A simbiose micorrízica destaca-se como uma regra e não a exceção na natureza. Os fungos micorrízicos são muito diversificados, sendo as micorrizas arbusculares o tipo predominante nas espécies vegetais e de maior importância nos ecossistemas tropicais (Alexander et al., 1992).

As espécies de plantas exibem diferentes susceptibilidades à colonização, apresentando variações inter e intra-específicas. Mesmo dentro de famílias tipicamente micorrizáveis, existem espécies que resistem à colonização. As micorrizas, em geral, não são específicas ou apresentam pouca especificidade, quando comparadas com outras relações entre planta e microrganismo. Assim, o fungo isolado de determinada espécie de planta pode colonizar qualquer outra susceptível às micorrizas. Portanto, são consideradas universais (Moreira & Siqueira, 2002).

As leguminosas arbóreas são espécies que normalmente estão associadas com fungos micorrízicos, sendo estes capazes de contribuir para expandir a área de captação do P, Mo, Zn e outros nutrientes de baixa mobilidade no solo, absorvidos principalmente por contato com as raízes. A inoculação conjunta de rizóbio com micorrizas arbusculares pode acelerar o crescimento das plantas (Mosse, 1976), promover um aumento na nodulação e fixação de nitrogênio, principalmente em solos de baixa fertilidade (Costa et al., 1990).

Os FMA têm uma ampla distribuição no planeta, ocorrendo praticamente em todos os ambientes. A presença destes fungos em ambiente salino é frequentemente relatada por diversos autores, que procuram observar e entender as interações estabelecidas com seus hospedeiros nesta condição adversa. De acordo com Yano-Melo et al. (2003a), em estudo realizado em áreas salinizadas no sub-médio vale do Rio São Francisco (Brasil), os FMA apresentaram ampla distribuição e uma grande variabilidade de espécies.

A matéria orgânica do solo, neste contexto, tem sido um fator importante no desenvolvimento dos microrganismos do solo, incluindo os fungos micorrízicos arbusculares. Este efeito benéfico dos compostos orgânicos do solo sobre micorrizas arbusculares pode ser devido à liberação de quantidades pequenas de compostos biologicamente ativos durante a decomposição das partículas orgânicas pela microbiota

saprófita do solo e também por modificações nas propriedades físico-químicas do solo (Gryndler et al., 2005).

Mendes Filho (2004), Frias et al. (1996), Linderman & Daves (2001), Gaur & Adholeya (2002) e Atimanav & Adholeya (2002), pesquisando a colonização micorrízica arbuscular na presença de matéria orgânica, encontraram aumentos significativos na produção de matéria seca da parte aérea das plantas, motivados pela interação.

Um outro aspecto importante a considerar sobre os benefícios da atividade dos fungos micorrízicos é o fato dos mesmos produzirem uma glicoproteína denominada glomalina, a qual está relacionada à agregação de partículas e ao conseqüente estoque de carbono no solo (Rillig et al., 2002). Rillig et al. (2003) sugerem que a quantificação dessa substância no solo pode constituir um importante indicador de mudanças ocorridas no uso do solo.

Entretanto, muitas práticas correntes de recuperação de áreas degradadas ignoram a dinâmica da interação fungo micorrízico arbuscular-comunidade vegetal (Pfleger et al., 1994). De acordo Ruiz-Lozano et al. (1996), a associação micorrízica promoveu uma melhor eficiência fotossintética e no uso da água em plantas sob condições de salinidade. Em circunstâncias adversas de estresse salino ou hídrico, a simbiose micorrízica é um componente importante para o desenvolvimento das plantas. Alguns trabalhos observaram um efeito benéfico no crescimento de espécies como grama (Allen & Cunningham 1983), cebola (Hirrell, 1981) e alface (Ruiz-Lozano et al., 1996) associadas a fungos micorrízicos arbusculares e submetidas ao estresse por sais. Giri et al. (2003) encontraram aumentos significativos na matéria seca das raízes e no crescimento da *Acacia auriculiformis* Benth. associada a micorrizas sob estresse salino, sendo esta resposta dependente da espécie de FMA utilizada. Isto confirma que as micorrizas arbusculares, além de reduzirem os efeitos deletérios da salinidade na planta, promoveram uma maior absorção de nutrientes.

Segundo Cantrell & Linderman (2001), em condições salinas, as plantas associadas aos FMA apresentam uma maior resistência devido aos possíveis processos metabólicos mediados por alguns nutrientes, principalmente o fósforo, e ainda pela compartimentalização do sódio nos tecidos da planta e da hifa fúngica. Baseado em resultados descritos por Rabie (2005), as micorrizas arbusculares são primordiais no manejo de ambientes salinos, pois em trabalho realizado pelo autor, mudas de *Vigna radiata* cultivadas sob condições salinas apresentaram um aumento significativo na

quantidade de matéria seca produzida, altura, conteúdo de clorofila, açúcares e proteínas.

2.3. Solos Afetados por Sais

O desenvolvimento de uma agricultura sustentável é, hoje, uma necessidade estratégica para qualquer programa que venha atender às necessidades alimentícias da população crescente, pois conforme previsões do Banco Mundial, ONU, FAO e outras organizações internacionais, estima-se que no ano 2025 a população mundial alcançará a marca de 8,5 bilhões de habitantes. Durante os últimos 40 anos, a área irrigada do mundo tem apresentado em média um aumento de 2,7 % ao ano. Havendo a confirmação dessas previsões, somente para atender às necessidades básicas de alimentação da população mundial, a área utilizada para plantio de arroz e trigo em países desenvolvidos deverá passar do nível atual de 50 % para 85 % até o ano de 2025 (World Bank/UNDP, 1990).

Os solos afetados por sais representam uma das maiores ameaças para a agricultura em escala global. Segundo dados do relatório da FAO (2000), o excesso de sais limita severamente a produção agrícola, principalmente nas regiões áridas e semi-áridas, onde 25 % da área irrigada encontra-se salinizada. Gupta & Abrol (1990), utilizando-se do “Mapa de Solos do Mundo”, da FAO/UNESCO, estimaram que os solos afetados por sais ocupam uma superfície de 9.500.000 Km² distribuídos, principalmente, na Austrália, Ásia, América do Sul e África.

A salinidade e a sodicidade, de forma geral, se resume no acúmulo de sais solúveis e na percentagem de sódio trocável (PST) no solo, respectivamente (Gheyi, 2000). A origem da salinidade tem duas vertentes: uma que está associada à causas naturais (salinização primária) e a outra à atividade humana (salinização secundária ou antrópica). As transformações químicas das rochas (intemperismo químico), especialmente aquelas sobre os minerais primários, os sais de fósseis remanescentes de ambientes marinhos e lacustres são os principais fatores responsáveis pela salinização primária (Ayes & Westcot, 1999). A água de má qualidade, associada ao manejo inadequado da irrigação e a um sistema de drenagem deficiente, estão diretamente relacionados à salinização secundária (Gheyi, 2000).

A identificação e a classificação dos solos afetados por sais foi proposta pelo laboratório de salinidade dos Estados Unidos (Richards, 1954), sendo baseado no pH da pasta de saturação (pHps), na condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes) e

na percentagem de sódio trocável. Os solos salinos são caracterizados por apresentarem uma CE superior a $4,0 \text{ dS m}^{-1}$ e sua recuperação pode ser feita através da lixiviação dos sais. Por outro lado, os solos sódicos apresentam PST superior a 15 % e sua melhoria poderá ocorrer com a aplicação de condicionadores (Bernardo, 2006).

No Brasil, os solos afetados por sais ocorrem principalmente nos perímetros irrigados da região Nordeste, onde o acúmulo de sais é resultado da utilização inadequada água de má qualidade, do uso incorreto dos sistemas de irrigação e drenagem e da aplicação indiscriminada de insumos (Fagéria & Gheyi, 1997; Ayers & Westcot, 1999). De acordo com o relatório técnico do DNOCS (1991), apesar de não existir levantamentos detalhados dos perímetros irrigados no Nordeste, nos estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco e Bahia, em média, 12 % da superfície agrícola útil está salinizada e 7,6 % encontra-se imprópria para produção agrícola.

2.4. Resposta das Plantas à Presença dos Sais

O conhecimento adquirido sobre o crescimento e a sobrevivência das plantas em ambiente salino é de fundamental importância para a seleção de espécies e para a compreensão dos mecanismos utilizados para a tolerância ao estresse por sais (Ramoliya & Pandey, 2004).

Em áreas com problema de salinização as plantas não expressam todo o seu potencial produtivo, contudo algumas culturas são tolerantes e produzem rendimentos consideráveis, em níveis elevados de salinidade, o que não ocorre com a maioria, pois são sensíveis a níveis relativamente baixos de salinidade. A diferença de comportamento entre as culturas se deve à maior capacidade de adaptação osmótica de certas espécies, o que lhes permite absorver, mesmo em condições de salinidade, uma maior quantidade de água. Portanto, a capacidade de adaptação é muito útil e permite a seleção de culturas mais tolerantes e capazes de produzir rendimentos economicamente aceitáveis, quando não se pode manter a salinidade do solo ao nível de tolerância das plantas que se cultiva (Ayers & Westcot, 1999).

Sendo assim, alguns trabalhos têm sido realizados com ênfase na fisiologia da resistência das plantas à salinidade (Silva et al., 1992). Um dos métodos mais utilizados como parâmetro da tolerância das plantas aos sais é a observação da porcentagem de germinação das sementes em substrato salino. A redução da germinação de determinado genótipo, quando comparada ao controle, serve como um indicador da tolerância da

espécie à salinidade. Neste método, o caráter em questão é um indicador da tolerância das plantas aos sais em estádios subseqüentes do crescimento e desenvolvimento (Strogonov, 1964 citado por Silva et al., 1992). As plantas com baixa tolerância à salinidade nos vários estádios de seu desenvolvimento, incluindo a germinação, são denominadas glicófilas, e as mais tolerantes, halófilas (Mayer & Poljakoff-Mayber, 1989). A tolerância ao estresse salino varia entre as espécies, sendo que as espécies nativas de ambientes salinos são altamente tolerantes, pois são espécies adaptadas e evoluídas que, em alguns casos, apresentam crescimento ótimo a níveis mais elevados de salinidade.

Ao contrário das halófilas, as espécies sensíveis (glicófilas) não dispõem de características ou alterações morfo-fisiológicas específicas à tolerância de sais, ou seja, seus processos metabólicos são afetados negativamente com o aumento da salinidade do solo. Segundo Maas & Hoffman (1977), entre as culturas mais sensíveis à salinidade encontra-se principalmente as hortaliças e algumas árvores frutíferas, como a laranjeira e o abacateiro, enquanto que entre as mais tolerantes encontra-se o algodão e a cevada.

O desenvolvimento das plantas sob estresse salino ou hídrico leva as mesmas a apresentarem mecanismos de ajustamento osmótico e, conseqüentemente, de acúmulo de solutos orgânicos. Os solutos orgânicos, também chamados de solutos compatíveis (ou osmólitos compatíveis), acumulam-se no citoplasma, não interferindo nas funções enzimáticas, a fim de manter o equilíbrio do potencial hídrico dentro da célula. Os solutos compatíveis acumulados compreendem os álcoois de açúcar, a glicina, betaína (Taiz & Zaiger, 2004), a prolina (Kuznetsov & Shevyakova, 1997), a putrescina (Basu & Gosh, 1991; Câmara et al., 1998) e os carboidratos solúveis (Garcia et al., 1997).

Com a finalidade de verificar a relação entre os solutos orgânicos e o estresse salino ou hídrico, alguns trabalhos têm encontrado uma correlação positiva entre a acumulação de prolina e a tolerância ao estresse salino, tanto em experimentos realizados com cultivo *in vitro* com cultura de tecido (Jain et al., 1991; Câmara et al., 1998), como naqueles que se utilizou a planta inteira (Storey et al., 1993). Entretanto, alguns autores defendem a idéia de que o acúmulo de prolina pode também ser interpretado como sintoma de danos causados na planta pelo estresse (Hasegawa et al., 1986; Das et al., 1990). Portanto, Bellinger et al. (1991), afirmam que o acúmulo de prolina na célula sob estresse não pode ser interpretado com um indicador de resistência e sim de tolerância adquirida, visto que diversos experimentos demonstram que células,

calos e somaclones selecionados como tolerantes ao estresse apresentam maiores teores de prolina do que células de espécies não adaptados.

Os carboidratos solúveis, neste contexto, têm um papel de destaque, pois em trabalhos realizados sobre o efeito dos estresses salino e hídrico têm sido freqüentemente relatado o acúmulo de carboidratos solúveis. Kerepesi & Galiba (2000), em estudos realizados com quatro genótipos de trigo sobre estresses hídrico e salino, verificaram que o acúmulo de carboidratos foi maior nas espécies mais tolerantes. Alterações nos teores de carboidratos podem ser de grande importância para a adaptação das plantas expostas à salinidade, devido à sua relação direta com alguns processos fisiológicos, como a fotossíntese, a translocação e a respiração (Kerepesi & Galiba, 2000). Os carboidratos solúveis podem contribuir com mais de 50% para o potencial osmótico das glicófitas (Cram, 1976), e são considerados os principais osmólitos em muitas plantas submetidas aos estresses hídrico e salino (Greenway & Munns, 1980; Kerepesi & Galiba, 2000; Parida et al., 2002; Silva et al., 2003). Conforme Guimarães (2005), os solutos que mais contribuíram para o ajustamento osmótico na parte aérea de plantas de feijão-de-corda, sob estresse salino, foram os carboidratos solúveis, o cloreto e o potássio.

O efeito antagônico entre os diversos íons existentes em ambientes salinos é usualmente seguido pelas deficiências nutricionais (Ullah et al., 1993). Portanto, as relações iônicas podem determinar a toxidez relativa de vários íons, cujo estudo pode revelar discernimento entre antagonismos iônicos que não estejam evidentes, quando apenas concentrações absolutas são consideradas (Cramer et al., 1994).

Os tipos de íons e suas interações nos ambientes salinos são importantes para a compreensão dos seus efeitos deletérios sobre o desenvolvimento das culturas. A salinidade afeta a nutrição mineral das plantas de várias maneiras, podendo causar redução na disponibilidade, na absorção e no transporte dos nutrientes (Grattan & Grieve, 1994). Quando a concentração ou a atividade do nutriente excede a faixa ótima de disponibilidade, o crescimento da planta pode ser inibido devido à toxidez ou a deficiência nutricional (Grattan & Grieve, 1999). A sensibilidade das plantas à salinidade é controlada pela absorção, translocação e exclusão dos íons Na^+ e Cl^- . As plantas tolerantes absorvem esses íons rapidamente e os distribuem de forma uniforme nas diferentes partes da planta (Greenway & Muns, 1980).

A toxidez de determinado íon pode variar de espécie para espécie, ou ainda com a variedade e a idade da planta (Maas, 1986). Algumas culturas podem apresentar

toxidez por cloro com um conteúdo de 0,5 a 1 %, neste caso, causando danos foliares, porém outros vegetais, como é o caso da batatinha, podem acumular cloro em até 5 % do seu peso sem apresentar danos foliares.

Diversos íons estão envolvidos no processo de salinização dos solos, destacando-se: cloreto, sulfato, carbonato, sódio, cálcio, magnésio e, mais raramente, nitrato e potássio. As concentrações de Na^+ e/ou Cl^- em ambiente salino frequentemente excedem a concentração da maioria dos macronutrientes e micronutrientes. Conseqüentemente, as concentrações elevadas de Na^+ e Cl^- reduzem a absorção de Ca^{2+} , K^+ , Mg^{2+} , e NO_3^- . Desta forma, provoca distúrbios nutricionais e redução no desenvolvimento das plantas (Grattan & Grieve, 1999). Fernandes et al. (2002) estudaram o acúmulo de macronutrientes e Na^+ na pupunheira e também constataram uma redução na absorção de K^+ quando se adicionou Na^+ na solução nutritiva e atribuíram esse efeito ao antagonismo existente entre esses cátions. Miranda et al. (2002) observaram que o NaCl , além de inibir a translocação do Ca^{2+} na planta, pode reduzir sua disponibilidade na solução, devido à precipitação com o Cl^- .

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Local do Experimento, Solo, Material Vegetal e Semeadura

O experimento foi conduzido em casa-de-vegetação pertencente ao Departamento de Ciências do Solo da Universidade Federal do Ceará (UFC), em Fortaleza, Ceará, Brasil, no período de julho a setembro de 2006. Segundo a classificação de Köppen, a referida região apresenta um clima do tipo Aw' e se localiza numa altitude de 20 m acima do nível do mar, apresentando as seguintes coordenadas geográficas: latitude de 3° 44' S e longitude 38° 33' W. A temperatura média no interior da casa de vegetação foi de $31^{\circ}\text{C} \pm 3,3^{\circ}\text{C}$, durante o período do dia.

O solo utilizado no experimento (Tabela 1) foi coletado a uma profundidade de 20 cm, no Campus Universitário do Pici, sendo esse solo classificado como Argissolo Amarelo (Embrapa, 2006). As análises físicas, químicas e microbiológicas foram realizadas nos Laboratórios de Química, Fertilidade e Microbiologia do Solo do Departamento de Ciências do Solo do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará.

A espécie vegetal utilizada foi o sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.), por ser nativa da região semi-árida, nodulífera e micotrófica. Antes da instalação do experimento, as sementes foram selecionadas quanto ao tamanho e forma. Em seguida foram submetidas a um processo de quebra de dormência por imersão em ácido sulfúrico comercial por dez minutos. Decorrido o período da imersão as sementes foram lavadas várias vezes em água destilada para eliminar o resíduo de ácido. Após a lavagem, foram semeadas quatro sementes por vaso. Aos 21 dias após a germinação, foi realizado o desbaste, deixando-se duas plantas por vaso no estande final.

Tabela 1. Propriedades físicas e químicas da camada de 0-20 cm de um Argissolo Amarelo

----- Propriedades Físicas -----															
Granulométrica (g kg ⁻¹)			Classificação textural	Grau de floculação (g 100g ⁻¹)	Densidade (g cm ⁻³)			Umidade (g 100g ⁻¹)		pH água	CE dS m ⁻¹				
Areia	Silte	Argila			Global	Partícula	0,033 MPa	1,5 MPa	Água útil						
830	80	90	Areia franca	75	1,48	2,61	5,87	3,65	2,22	6,0	0,29				
----- Complexo Sortivo (cmol _c kg ⁻¹) -----											----- g kg ⁻¹ -----				
Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	H+Al ³⁺	Al ³⁺	S	T	V (%)	m (%)	PST	C	N	M O	P (mg kg ⁻¹)	
1,95	0,70	0,03	0,10	1,08	0,08	2,70	3,80	71	3,0	1,0	7,08	0,72	12,21	8,0	

3.2. Instalação e Condução do experimento

Foram utilizados vasos perfurados com capacidade para 1,5 kg de solo que, após desbaste, constituíram as parcelas experimentais.

O solo foi seco ao ar, destorroado, tamisado em peneira de 2 mm de diâmetro e autoclavado por 2 horas, a uma pressão de 1 atm e a uma temperatura constante de 121°C, com a finalidade de eliminar os organismos presentes. Foi realizada uma adubação com composto orgânico padronizado (Tabela 2) e aplicado na dosagem equivalente a uma adubação de 30 toneladas por hectare, seguindo a definição de cada tratamento.

A inoculação com fungos micorrízicos arbusculares foi realizada antes do plantio das sementes, quando o inóculo foi adicionado no terço médio superior do vaso, sendo o mesmo constituído de 30 g de solo contendo cerca de 82 esporos/g de inóculo e raízes colonizadas com hifas de FMA. O número de esporos por grama de inóculo foi determinado através da extração e do peneiramento úmido (Gerdemann & Nicholson, 1963). As espécies utilizadas foram *Glomus clarum*, *Gomus intraradices* e *Glomus AZ112*, sendo as duas primeiras espécies obtidas do banco do inóculo do Setor de Microbiologia do Solo do Departamento de Ciências do Solo da UFC e a terceira do Setor de Microbiologia da Embrapa Cerrado. Nas parcelas que não receberam adubação orgânica e inoculação micorrízica foram adicionados 5 mL do filtrado do composto orgânico e 5 mL do filtrado do inóculo, com a finalidade de se uniformizar a microbiota associada para todos os tratamentos. Ainda nesta etapa, foi realizada uma inoculação com estirpes de rizóbio comerciais selecionadas para a *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth., obtidas da Embrapa Microbiologia com sede no Estado do Rio de Janeiro, de modo que todas as parcelas ao serem inoculadas, tiveram o suprimento de nitrogênio para as plantas viabilizado por via da fixação simbiótica do N₂.

Os níveis de salinidade do solo foram induzidos através da irrigação das parcelas com água de diferentes condutividades elétricas (CE). Os níveis de salinidade de 0,7; 1,2; 2,2; 3,2 e 4,2 dS m⁻¹ foram obtidos a partir da água de abastecimento urbano (Tabela 3), com a adição de NaCl, CaCl₂.2H₂O e MgCl₂, na proporção de 7:2:1, obedecendo-se à relação entre a CEa e concentração (mmol_c L⁻¹ = CE x 10), extraída de Rhoades et al. (1992). A quantidade de água aplicada foi determinada de forma que o solo se mantivesse próximo à capacidade campo, com uma lâmina de lixiviação de

20%, de acordo com Ayers & Westcot (1999). A aplicação da água de irrigação com os diferentes níveis de salinidade ocorreu aos 25 dias após o plantio das sementes.

O experimento obedeceu a um delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial, 2 (inoculação ou não com FMA) X 2 (adubação ou não com composto orgânico) X 5 níveis de condutividade elétrica da água de irrigação, com 4 repetições.

Tabela 2. Análise química do composto orgânico

Umidade (%)	-----g kg ⁻¹ -----					C/N	pH CaCl ₂
	C	N	P Total	K ⁺	Na ⁺		
33	180	6,0	13,2	3,0	0,74	35:1	7,7

Tabela 3. Análise química da água da Companhia de Abastecimento de Água e Esgoto do Estado do Ceará (CAGECE)

Cátions (mmol _c L ⁻¹)				Ânions (mmol _c L ⁻¹)				pH	CE (dS m ⁻¹)	RAS	Classificação
Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻				
1,1	1,6	3,3	0,2	4,8	-	1,3	0,1	8,1	0,7	2,9	C ₂ S ₁

3.3. Análises de Crescimento

A altura das plantas foi determinada tomando a medida do nível do solo até a última gema apical, sendo realizada aos 15, 25, 35 dias após o início do tratamento salino. Aos 60 dias após a instalação do experimento foi realizada a coleta, ocasião em que as plantas foram separadas em raiz, caule, folhas e nódulos radiculares. O material coletado foi pesado separadamente (raiz, caule, folhas e nódulos radiculares) e depois colocado para secar em estufa com circulação forçada de ar a 60°C por 72 h, para a obtenção da matéria seca (MS). O material seco (raiz, caule e folhas), após ser finamente moído, foi utilizado para determinação dos elementos minerais.

3.4. Determinação dos Elementos Minerais na Planta

Os elementos Na, K, Ca, Mg, P, foram determinados conforme Malavolta et al. (1997). O extrato foi obtido através da digestão de 0,5 g do material vegetal seco, em 6 mL da mistura de ácido nítrico (HNO₃) + ácido perclórico (HClO₄) na proporção 2:1 (v/v), deixando-se o material em repouso nos tubos de digestão durante uma noite. Decorrido o repouso, os tubos foram colocados no bloco digestor e aquecidos gradativamente até 120°C e permanecendo nessa temperatura até o total

desaparecimento dos vapores castanhos. Após a eliminação dos vapores castanhos, elevou-se a temperatura para 250°C, mantendo-a constante até o aparecimento de vapores brancos e o extrato apresentar-se incolor. Após atingir a temperatura ambiente, o homogenato foi transferido para balão volumétrico, sendo o volume completado para 50 mL com água destilada. Os extratos foram usados para determinação dos elementos minerais. Os teores de Na e K foram determinados por fotometria de chama e os de P por colorimetria (Malavolta et al., 1989). Os teores de Ca e Mg foram determinados por espectrometria de absorção atômica.

Os teores de cloro foram determinados em extratos aquosos, a partir da titulação do cloreto (Cl⁻) com nitrato de prata (AgNO₃), segundo Malavolta et al. (1997). O extrato foi obtido de 100 mg do material vegetal moído e homogeneizado e colocado em erlenmeyer com 25 mL de água deionizada, sendo a mistura deixada sob agitação constante por 10 min. Em seguida, o extrato foi filtrado em papel de filtro e, a 10 mL do filtrado, adicionou-se 1,0 mL do indicador cromato de potássio a 5 % (m/v), procedendo-se a titulação com AgNO₃. O ponto final da titulação foi determinado pelo surgimento de uma coloração marrom-pálida.

O nitrogênio total foi determinado segundo a metodologia descrita por Malavolta et al. (1997). Portanto, 100 mg do material vegetal seco em estufa foram colocados em tubos de digestão contendo 2 mL de ácido sulfúrico concentrado mais a mistura catalisadora. A digestão procedeu-se com a elevação da temperatura da mistura digestora gradualmente até 350°C. Após o término da mineralização foram adicionados aproximadamente 20 mL de água destilada, 0,3 mL de fenolfetaleína a 3% e 10 mL de NaOH a 30 %. Nesta etapa os tubos foram submetido à microdestilação, sendo a fase líquida recuperada em *erlenmeyer* contendo 5 mL de ácido bórico a 0,02 N. A quantidade de nitrogênio foi determinada pelo volume gasto de H₂SO₄ a 0,02 M na titulação das amostras.

3.5. Determinações Microbiológicas

3.5.1. Colonização Micorrízica (CM)

A determinação da colonização micorrízica foi realizada através do clareamento das raízes pelo aquecimento em solução de KOH a 10%, descrito por Phillips & Hayman, (1970). Em seguida, realizou-se a acidificação das raízes com ácido acético a 5 %, corando-as, em seguida com tinta de caneta a 5% (Vierheilig et al., 1998). A

quantificação foi realizada pela observação da presença de estruturas fúngicas na região do córtex radicular, de acordo com Giovanetti & Mosse (1980).

3.5.2. Dependência Micorrízica (DM)

A dependência micorrízica (DM) foi estimada pela diferença percentual na produção de matéria seca da parte aérea entre as plantas inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares e as plantas não inoculadas ($D_{\text{dependência Micorrízica}} = \{\text{matéria seca da planta micorrizada} - \text{matéria seca da planta não micorrizada}\} / \{\text{matéria seca da planta micorrizada}\} \times 100$), de acordo com metodologia descrita por Plenchette et al. (1983) e Moreira-Souza & Cardoso (2002).

3.5.3. Respiração Basal do Solo (RBS)

A respiração basal do solo foi estimada após 8 dias de pré-incubação, onde as amostras de solo foram mantidas a uma umidade de 60% da capacidade de campo. Amostras de 100 g de solo foram transferidas para frascos vedados e incubadas por 10 dias. O CO_2 produzido pela respiração do solo foi capturado por uma solução de NaOH 0,5 mol/L, procedendo-se a titulação com HCl 0,25 mol/L, tendo como indicador a fenolftaleína a 1%. Foram mantidos frascos-controles ou branco que não continham amostra de solo.

A quantidade de CO_2 liberado foi calculada pela diferença entre volume gasto de HCl na titulação do branco e o volume gasto de HCl na titulação das amostras, sendo o resultado expresso em $\text{mg C-CO}_2 100 \text{ g}^{-1}$ (Alef, 1995).

3.6. pH do Solo

O potencial eletroquímico do solo foi determinado por meio de um potenciômetro combinado imerso em suspensão solo segundo Embrapa (1997). Foram adicionados 10 cm^3 de solo, 25 mL de CaCl_2 0,001 mol L^{-1} em um copo plástico, onde se agitou com um bastão de vidro por alguns minutos. Em seguida a amostra foi deixada em repouso por 1 hora. Decorrido o período de repouso, a amostra foi agitada novamente e realizada a leitura do pH.

3.7. Análises Estatísticas

Os dados foram submetidos ao sistema computacional SAS (SAS, 1988), onde foi realizada as análises de variância e regressão, seguidas da comparação das médias pelo teste t-student, a 5% de probabilidade.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A significância estatística dos dados obtidos e submetidos à análise estatística, considerando o efeito dos fatores e tratamentos ($P < 0,05$), estão apresentados nos Anexos 1, 2, 3, 4.

4.1 Efeitos da salinidade e da adubação orgânica nas variáveis microbiológicas e no pH do solo após o cultivo

As plantas micorrizadas, em média, apresentaram um aumento na produção de matéria seca dos nódulos de 63 %, em comparação às plantas não micorrizadas, quando avaliou-se a interação entre os fungos micorrízicos e os níveis de salinidade. O aumento da concentração de sais na água de irrigação não promoveu diferença estatística significativa na produção de matéria seca dos nódulos para as plantas com e sem micorrizas (Figura 1A). Os resultados encontrados para a nodulação do sabiá estão de acordo com Carvalho & Stamford (1999) que, avaliando a fixação biológica do nitrogênio em leucena (*Leucaena leucocephala*) em solo da região semi-árida brasileira submetida à salinidade, concluíram que os níveis de salinidade crescente afetaram negativamente a formação e o desenvolvimento dos nódulos (número e matéria seca dos nódulos radiculares). Em adição, Tejera et al. (2004), estudando o efeito do estresse salino na nodulação de plantas de feijão (*Phaseolus vulgaris*), observaram uma redução na fixação de nitrogênio, na atividade enzimática, além de um acúmulo de solutos orgânicos nos nódulos. Resultados semelhantes foram observados por Bolanos et al. (2006), que estudando a atividade da nitrogenase em *Pisum sativum* cv. Lincoln, evidenciaram que a produção de matéria seca dos nódulos decresceu com aumento da salinidade, sendo a nodulação radicular completamente inibida a 75 mM de NaCl.

Bolanos et al. (1993) afirmam que as leguminosas sob estresse salino reduzem a formação dos bacteróides, causando uma menor diferenciação das células do córtex radicular, e conseqüentemente diminuindo a formação dos nódulos. Comparando as plantas adubadas com composto orgânico e as plantas não adubadas para os níveis de salinidade, observou-se para as plantas adubadas que a produção de matéria seca dos nódulos radiculares foi afetada negativamente pela da salinidade, enquanto nas plantas não adubadas não houve diferença estatística significativa (Figura 1B).

Na interação adubação orgânica e inoculação micorrízica (Figura 1C) não ocorreu aumento na produção de nódulos nas plantas micorrizadas. Portanto, a inoculação com FMA promoveu o mesmo efeito na produção de nódulos radiculares em mudas de sabiá que a adubação com o composto orgânico. Nas plantas não micorrizadas, a adubação orgânica aumentou significativamente em 93 % a produção de matéria seca dos nódulos em relação às plantas não adubadas.

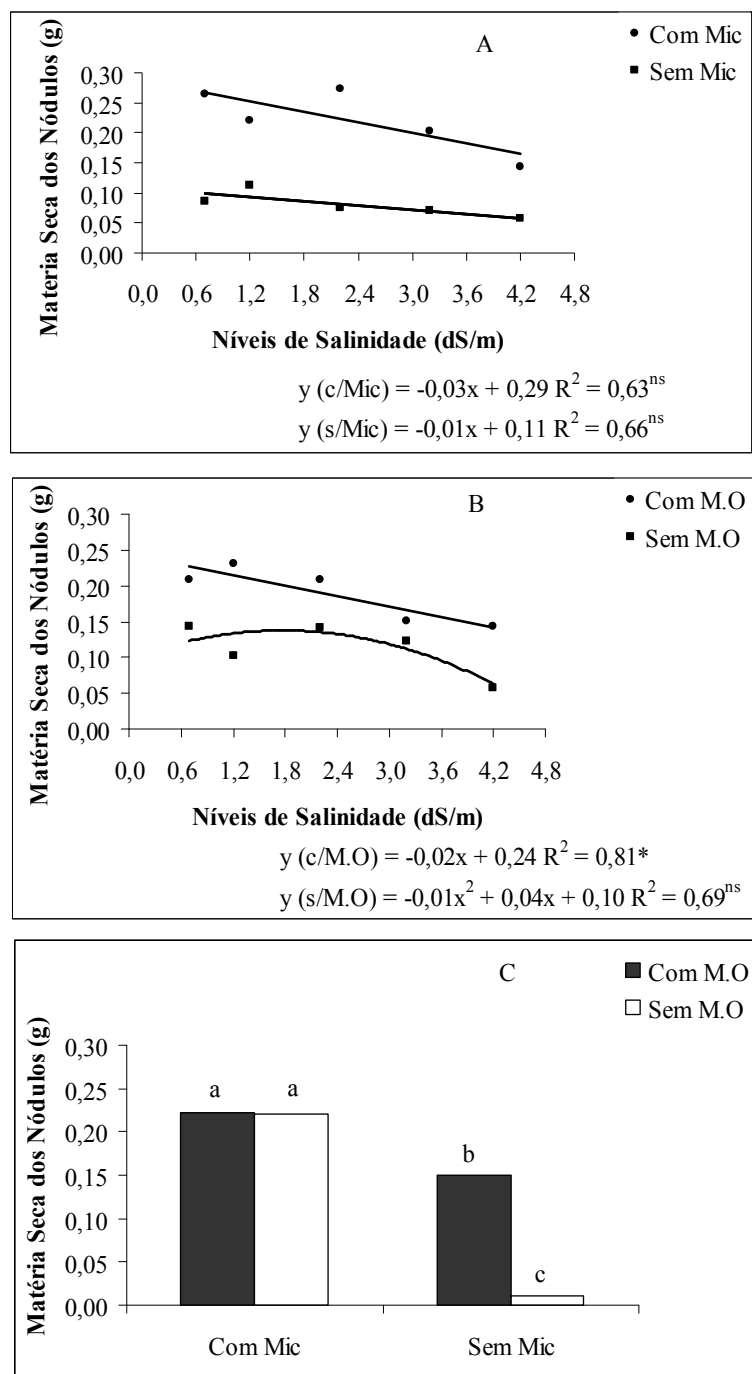


Figura 1. Efeitos das interações entre estresse salino e fungos micorrízicos (A), estresse salino e matéria orgânica (B) e fungos micorrízicos e matéria orgânica (C), sobre a matéria seca dos nódulos em raízes de sabiá (médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste t, $P < 0,05$; ns, * e ** não significativo a 5%, significativos a 5 e 1%, respectivamente).

Os resultados da colonização micorrízica (CM) indicaram a presença de estruturas características dos fungos micorrízicos arbusculares em todos os níveis de salinidade nas plantas inoculadas. Ressalte-se que nas plantas não inoculadas com FMA, a percentagem de colonização foi zero, fato esperado visto que o solo era estéril.

O aumento de salinidade proporcionou redução na CM das plantas avaliadas (Figura 2A). Os resultados encontrados neste trabalho para a CM estão de acordo com Carvalho et al. (2003), que também verificaram redução na colonização dos fungos micorrízicos arbusculares em *Aster tripolium* L. submetida a diferentes concentrações salinas. Observaram, ainda, que os FMA isolados de aéreas de mangue apresentaram maior percentagem de CM, em relação às espécies isoladas de áreas não salinizadas.

Asghari et al. (2005), avaliando a resposta da *Atriplex nummularia* inoculada com FMA, verificaram que ocorreu um decréscimo na colonização com o aumento da salinidade e que as plantas em seu ambiente natural apresentavam uma colonização micorrízica de 30 %, enquanto que as mesma plantas em casa de vegetação apresentaram de 1% a 2% de colonização. Segundo os autores, a diferença na colonização nestes dois ambientes foi atribuída a alguns fatores e interações que atuam sobre os FMA e seu hospedeiro em condição de campo. Conforme Wang et al. (2004), a ocorrência de espécies de planta colonizadas com FMA, ou mesmo de esporos de FMA foi bastante reduzida quando avaliou-se alguns solos salino sódicos. Munns et al. (1995), McMillen et al. (1998), citados por Ashari (2005), concluíram que a redução da atividade dos FMA pode estar associada à menor capacidade do fungo em aumentar a sua rede micelial, limitando sua extensão e sua infectividade ou ainda devido à redução do suprimento de carboidratos para o fungo por parte da planta, quando a mesma se encontra sob estresse salino.

As plantas inoculadas adubadas e não adubadas não apresentaram diferença estatística significativa com o aumento dos níveis de salinidade. Entretanto, as plantas inoculadas e não adubadas, em média, apresentaram níveis de CM 14 % maior do que as plantas inoculadas e adubadas (Figura 2B).

Neste trabalho, a adubação orgânica em interação com os FMA (Figura 2C) para as condições experimentais avaliadas não alterou a intensidade da colonização dos fungos micorrízicos arbusculares. Desta forma, a contribuição da matéria orgânica ainda não está totalmente elucidada devido à inconsistência dos resultados encontrados (Gosling et al. 2006).

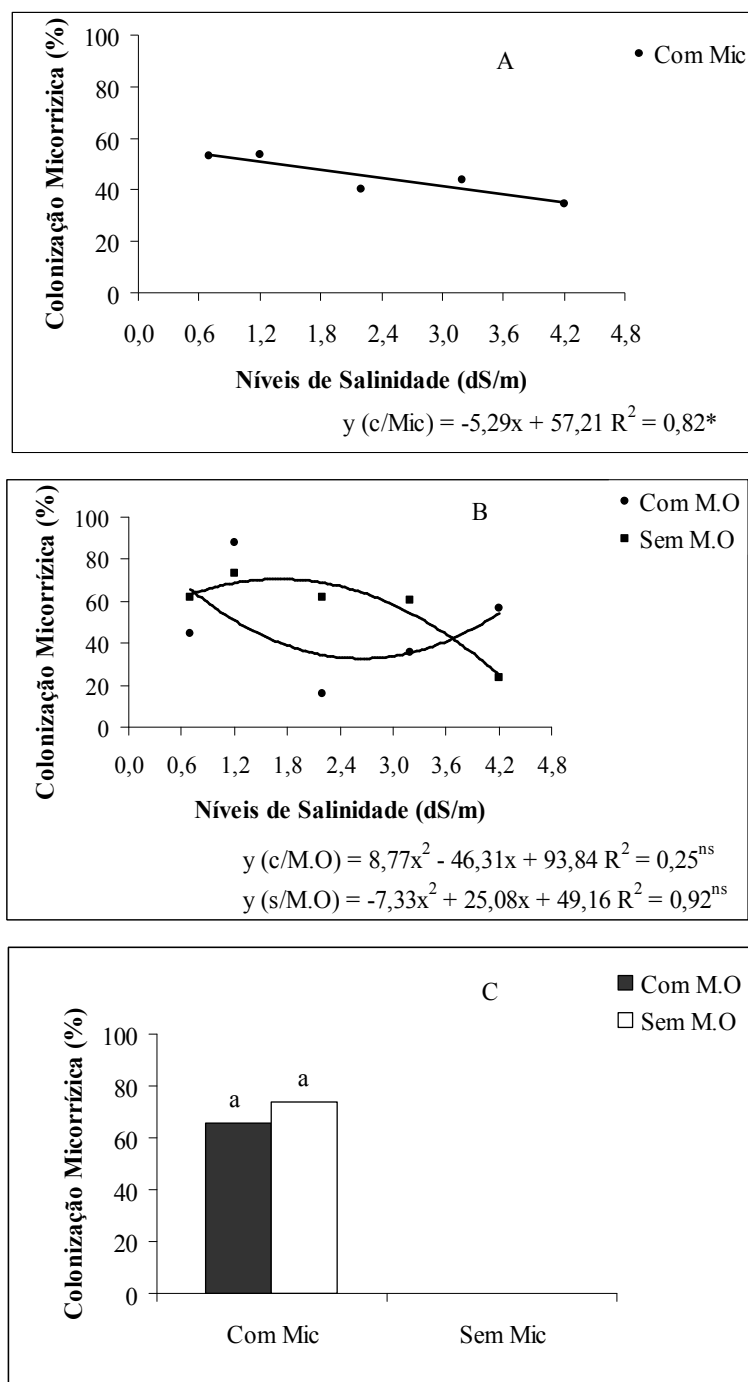


Figura 2. Efeitos das interações entre estresse salino e fungos micorrízicos (A), estresse salino e matéria orgânica (B) e fungos micorrízicos e matéria orgânica (C), sobre a colonização micorrízica das raízes do sabiá (médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste t, $P < 0,05$; ns , * e ** não significativo a 5%, significativos a 5 e 1%, respectivamente).

O solo cultivado com as plantas micorrizadas ao final do experimento, em média, apresentou o menor valor de pH em relação ao solo cultivado com as plantas não micorrizadas na interação entre a salinidade e os FMA (Figura 3A). Mendes Filho (2004), trabalhando com diversas espécies vegetais inoculadas com FMA em um rejeito da lavra de cassiterita, encontrou um menor valor de pH do solo após o cultivo das espécies inoculadas. Resultados semelhantes também foram encontrados por Xiao-Li et al. (1991), que avaliando a depressão de fósforo e o decréscimo do pH na interface raiz-solo e hifa-solo, verificaram que as raízes não colonizadas com o fungo micorrízico arbuscular acidificaram somente a região próxima às raízes (10 mm), enquanto que as raízes colonizadas com FMA acidificaram também a região em que as hifas estavam presentes. Portanto, a grande quantidade de hifas fúngicas produzidas pelos FMA possivelmente ocasionou o decréscimo do pH do solo no compartimento que continha as raízes colonizadas. Os autores sugerem que a maior redução do pH do solo deve-se a mais intensa exsudação de prótons H^+ pela atividade dos fungos. Por outro lado Bago & Azcón (1997), citado por Mendes Filho (2004), afirmam que a alteração do pH do solo na interface solo-hifa pode estar mais relacionado com a forma de nitrogênio disponível, sendo que a forma amoniacal (NH_4^+) promoveu uma acidificação e a forma nítrica (NO_2^-) uma alcalinização do solo.

O pH do solo após o cultivo das plantas não adubadas aumentou com a elevação da CEa, sendo que nas plantas adubadas não observou-se diferença estatística significativa entre os níveis de salinidade (Figura 3B).

A interação adubação orgânica e inoculação micorrízica (Figura 3C) não promoveu efeito estatístico significativo sobre o pH do solo, resultado semelhante ao encontrado por Mendes Filho, (2004). Podemos verificar ainda, nesta interação que o solo cultivado com as plantas inoculadas apresentou um menor valor de pH em relação ao solo cultivado com as plantas não inoculadas, reafirmando desta forma, que o fator responsável pela redução no pH do solo são os fungos micorrízicos arbusculares.

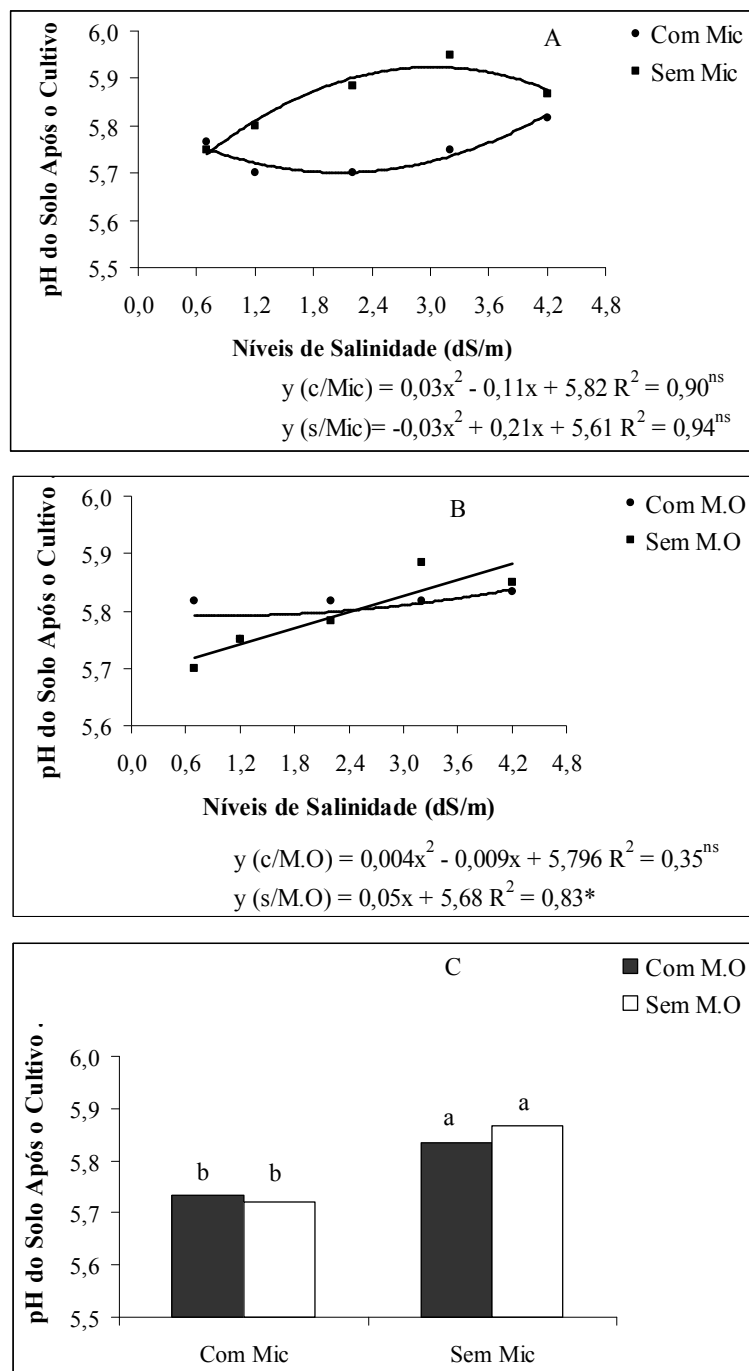


Figura 3. Efeitos das interações entre estresse salino e fungos micorrízicos (A), estresse salino e matéria orgânica (B) e fungos micorrízicos e matéria orgânica (C), sobre o pH do solo após o cultivo em plantas de sabiá (médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste t, $P < 0,05$; ^{ns}, * e ** não significativo a 5%, significativos a 5 e 1%) .

A respiração basal do solo é um dos principais métodos utilizados para a avaliação da atividade microbiana por ser relativamente rápido e de baixo custo, sendo um bom indicador para as alterações ocorridas no solo, avaliando com precisão o funcionamento do sistema produtivo.

Os dados de respirometria basal do solo após o cultivo do sabiá apresentaram a mesma tendência para todos os tratamentos, não sendo observada diferença na atividade microbiana do solo entre os níveis de salinidade (Figura 4). Avaliando-se os resultados da respiração basal do solo, podemos inferir que o tempo de condução do experimento foi relativamente curto para se observar variações na atividade microbiana do solo, uma vez que o solo era originalmente estéril. Pereira et al. (2004), avaliando a respiração basal do solo irrigado com rejeito salino e cultivado com *Atriplex nummularia*, observaram que o solo cultivado por três anos não apresentou diferença estatística significativa, em relação ao controle (área nativa).

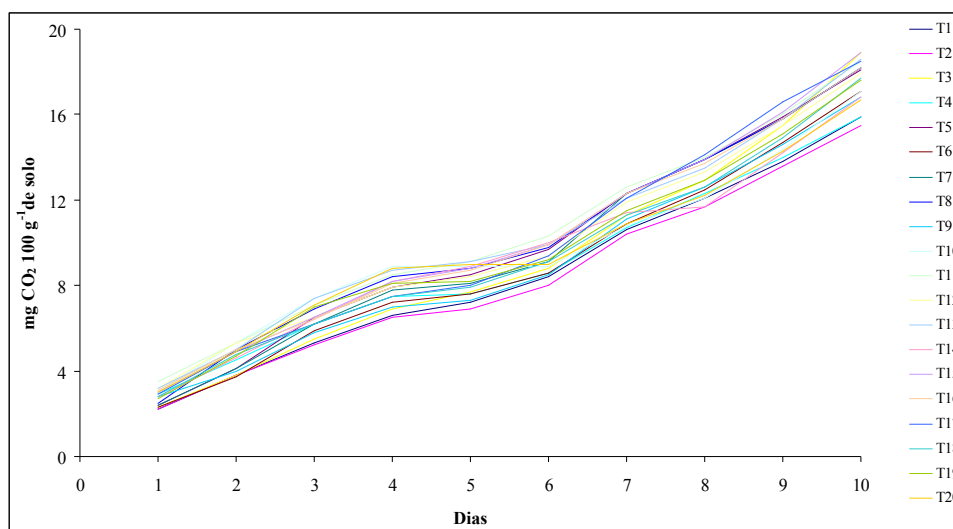


Figura 4. Respiração basal acumulada após 10 dias de ensaio, em solo cultivado com plantas de sabiá.

A dependência micorrízica (DM) é definida como o grau de dependência da planta da associação micorrízica para atingir seu crescimento ou produção máxima num determinado nível de fertilidade do solo.

Os valores de dependência micorrízica para as plantas de sabiá, em níveis crescentes de salinidade, foram considerados altos para a dependência micorrízica nas plantas não adubadas com composto orgânico (DM1) e baixos para a dependência micorrízica nas plantas adubadas com composto orgânico (DM2), segundo dados adaptados de Howeler et al. (1987) por Miranda & Miranda (2001).

Os valores de DM1, em média, foram superiores aos de DM2 para os níveis de salinidade avaliados. Entretanto para, a DM1, não verificou-se diferença estatística significativa entre os níveis de salinidade, enquanto que os valores da DM2 reduziram linearmente com aumento da salinidade. Os resultados para dependência micorrízica indicam que as plantas sob estresse salino, em um sistema pobre em nutrientes, são altamente dependentes dos fungos micorrízicos arbusculares (Figura 5).

Portanto, a resposta da planta aos FMA pode sofrer alterações, mas o seu potencial de resposta à colonização parece ser uma característica intrínseca, de herança genética (Janos, 1988), relacionado às características morfológicas, fisiológicas ou fenológicas do hospedeiro (Koide, 1991). Entretanto, Trindade et al. (2001) afirmam que o principal fator controlador da associação é o estado nutricional do vegetal.

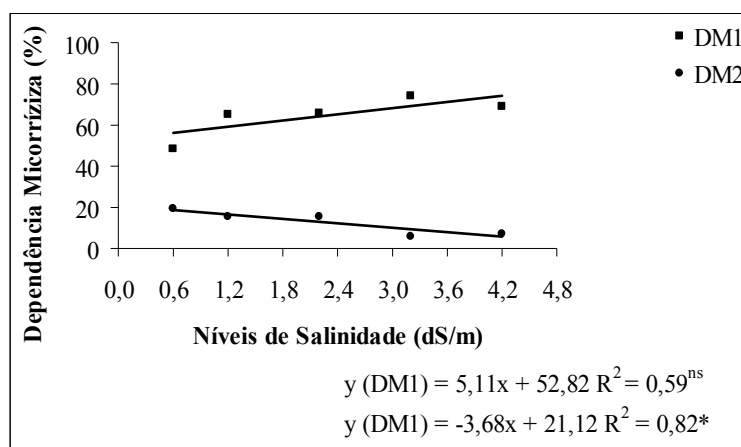


Figura 5. Dependência micorrízica das plantas de sabiá que não receberam adubação orgânica (DM1) e dependência micorrízica das plantas de sabiá adubadas (DM2) em diferentes níveis de salinidade (^{ns}, * e ** não significativo a 5%, significativos a 5 e 1%, respectivamente).

4.2 Efeito da salinidade e da adubação orgânica no crescimento das plantas

O aumento nos níveis de salinidade ocasionou diminuição na produção de matéria seca das raízes, do caule e das folhas. As plantas colonizadas com o fungo micorrízico arbuscular reduziram a produção de matéria seca das raízes, do caule e das folhas a partir do nível de salinidade de 1,1, 1,2 e 1,7 dS m⁻¹, respectivamente. A salinidade reduziu linearmente a produção de matéria seca das plantas não micorrizadas (Figura 6A₁, A₂ e A₃). Hatimi (1999) também encontrou redução da matéria seca das raízes e da parte aérea da *Acacia cynophylla* Lind. sob estresse salino, verificando, ainda, que as plantas micorrizadas foram mais eficientes na produção de matéria seca

Entretanto, as plantas micorrizadas apresentaram maior produção de matéria seca de raiz, caule e folhas, de 36, 35 e 40 %, respectivamente, quando comparadas com as plantas não micorrizadas.

Conforme Cantrell et al. (2001), plantas de alho micorrizadas aumentaram a produção de matéria seca em 88 % quando comparadas com plantas não micorrizadas em nível de salinidade de 12 dS m⁻¹. Em condições semelhantes de salinidade do solo, Ruiz-Lozano & Azcón (2000) observaram que as plantas inoculadas com FMA reduziram o seu crescimento em 21 %, enquanto as plantas não inoculadas reduziram em 47 %. Os autores associam a redução na produção de matéria seca ao desequilíbrio nutricional das plantas quando submetidas ao estresse salino. Observações similares foram encontradas em diversos estudos (Jarstfer et al., 1998; Al-Karaki, 2000; Yano Melo et al., 2002).

A salinidade da água de irrigação reduziu a produção de matéria seca das plantas adubadas e não adubadas, no entanto as plantas adubadas apresentaram maior produção de matéria seca. A matéria seca das raízes, do caule e das folhas foi maior nas plantas que receberam adubação orgânica em 32, 34 e 34 %, respectivamente (Figura 6B₁, B₂ e B₃).

A redução da produção de matéria seca das plantas submetidas ao estresse salino, na maioria das vezes, está associada à elevada concentração de íons Na⁺ e Cl⁻, que causam toxidez nas plantas, e a um desequilíbrio nutricional das plantas (Parida, et al., 2005)

As raízes das plantas micorrizadas na presença da adubação orgânica apresentaram, em média, um aumento de 10 % na matéria seca em relação às raízes das plantas não adubadas. Para as plantas não micorrizadas o aumento foi de 61 % da

matéria seca das raízes das plantas adubadas (Figura 6C₁). A produção de matéria seca do caule foi influenciada significativamente pela adubação orgânica, sendo que as plantas não inoculadas e adubadas aumentaram a produção de matéria seca em 64 % em relação às plantas não inoculadas e não adubadas (Figura 6C₂). A adubação orgânica promoveu efeito significativo sobre a produção de matéria seca das folhas. A matéria seca das folhas das plantas adubadas foi maior em 10 e 61 %, nas plantas micorrizadas e nas não micorrizadas, respectivamente. (Figura 6C₃).

Conforme Cavender et al. (2003), estudando o comportamento das plantas de sorgo (*Sorghum bicolor*), na presença e ausência de adubação orgânica, concluíram que as plantas micorrizadas apresentaram uma maior produção de matéria seca em relação às plantas não micorrizadas.

A inoculação micorrízica, isoladamente, aumentou em 65 % a produção de matéria seca das raízes, do caule e das folhas (Figura 6C₁, C₂ e C₃). Os resultados obtidos sugerem que os fungos micorrízicos arbusculares e a adubação orgânica são de fundamental importância no estabelecimento de mudas de sabia sob estresse salino.

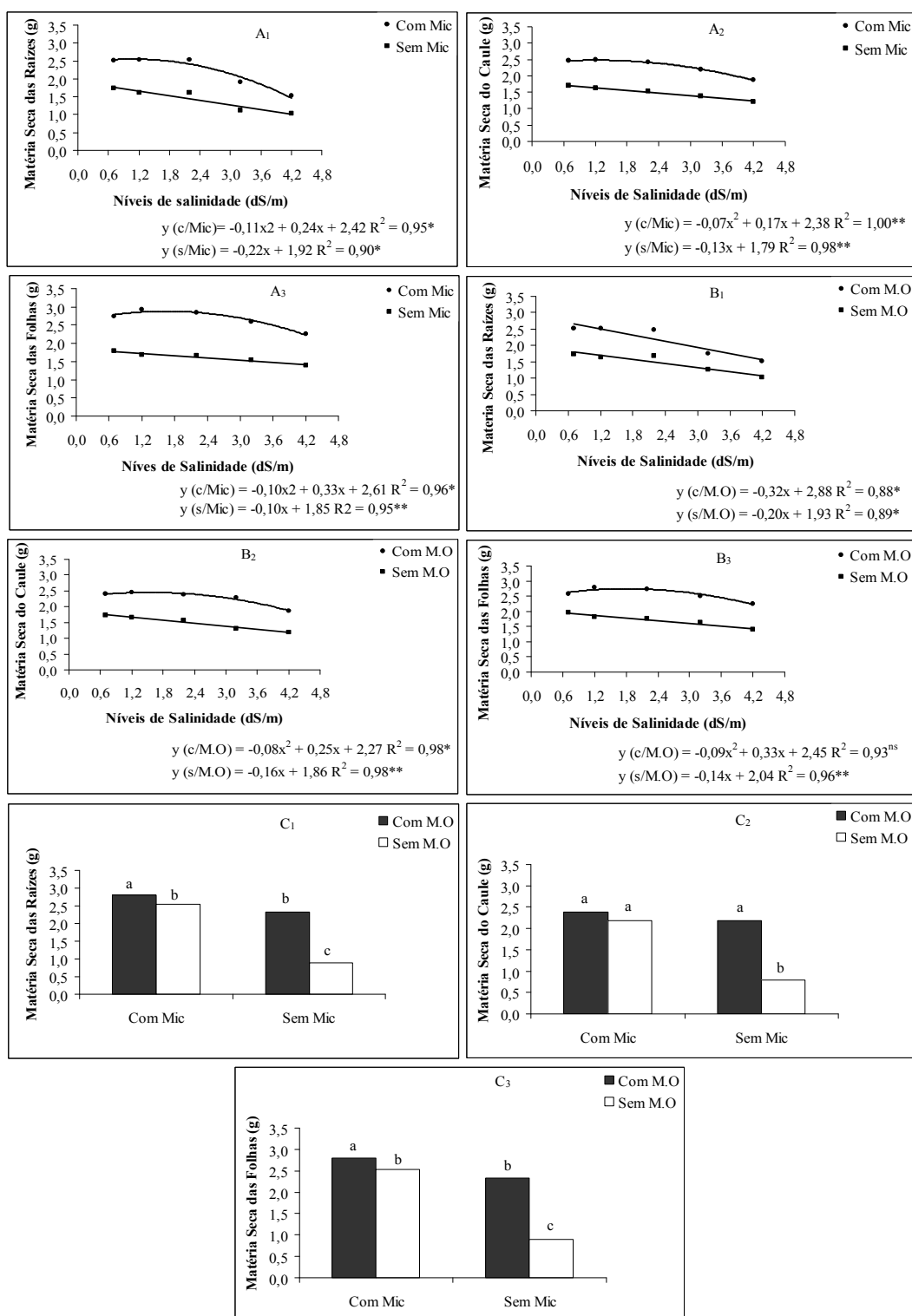


Figura 6. Efeitos das interações entre estresse salino e fungos micorrízicos (A), estresse salino e matéria orgânica (B) e fungos micorrízicos e matéria orgânica (C), para a matéria seca das raízes (A₁, B₁ e C₁), do caule (A₂, B₂ e C₂) e das folhas (A₃, B₃ e C₃) em plantas de sabiá (médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste t, P < 0,05; ns, * e ** não significativo a 5%, significativos a 5 e 1%, respectivamente).

A altura das plantas inoculadas e não inoculadas aos 15, 25 e 35 dias do início do tratamento salino (DATS) não apresentaram diferença estatística significativa com aumento dos níveis de salinidade (Figura 7A₁, A₂ e A₃). Entretanto, em média, a altura das plantas inoculadas aos 15, 25, 35 DATS inoculadas foi de 19, 15 e 13 %, respectivamente, maior do que a altura das plantas não inoculadas.

A altura das plantas adubadas e não adubadas aos 15, 25, 35 DATS não apresentaram diferença estatística significativa com o aumento dos níveis de salinidade (Figura 7B₁, B₂ e B₃). Embora a altura das plantas adubadas aos 15, 25, 35 DATS, foram em média, 16, 13, 10 %, respectivamente, maiores do que a altura das plantas não adubadas. Contudo, ao longo da condução do experimento observou-se que ocorreu uma redução no efeito da inoculação com FMA e da adubação orgânica a sobre a altura das plantas.

Quando comparou-se a interação entre a inoculação com fungos micorrízicos e a adubação orgânica, para a altura aos 15, 25, 35 DATS verificou-se que para as plantas micorrizadas não ocorreu diferença estatística significativa, sendo que dentre as plantas não micorrizadas, as plantas adubadas apresentaram maior altura das plantas em relação às não adubadas. As plantas não micorrizadas e adubadas apresentaram um aumento de 32, 26 e 25 % em relação às plantas não adubadas para a altura das plantas aos 15, 25 e 35 dias, respectivamente.

Comparando a eficiência dos fungos micorrízicos isoladamente, podemos observar que as plantas inoculadas cresceram em média 34, 27, 26 % para a altura aos 15, 25, 35 DATS, respectivamente, a mais do que as plantas que não receberam a inoculação. Verificou-se, ainda, que os FMA promovem o mesmo efeito em crescimento que a adubação orgânica nas plantas estudadas (Figura 7C₁, C₂ e C₃).

De um modo geral, alguns autores (Lacerda, 1995; Munns, 2002) afirmam que as plantas quando submetidas ao estresse salino apresentaram uma redução do seu crescimento vegetativo, sendo que fatores como a espécie ou a cultivar utilizada, o estágio de desenvolvimento da planta, os níveis e a forma de aplicação dos sais no ambiente radicular, o tempo e a intensidade do estresse, bem como as condições ambientais nas quais as plantas são cultivadas, podem determinar o maiores ou menores efeitos sobre o desenvolvimento das plantas (Yeo, 1999).

A relação raiz/parte aérea (R/PA) é uma correlação que expressa o fato de que o crescimento radicular pode influenciar o da parte aérea e vice-versa (Goss, 1973 citado por Guimarães, 2005). As plantas micorrizadas apresentaram uma maior redução da

relação R/PA, quando comparadas com as plantas não micorrizadas. A relação raiz/parte aérea (R/PA) das plantas micorrizadas reduziu com o aumento dos níveis de salinidade. A redução da relação R/PA das plantas micorrizadas ocorreu devido ao maior decréscimo da produção de matéria seca das raízes em relação à matéria seca da parte aérea. As plantas não micorrizadas para a relação R/PA, não apresentaram diferença estatística significativa entre os níveis de salinidade (Figura 8A). Este fato contrasta com o que afirmam Greenway & Munns (1980), que afirmaram que o crescimento das raízes é menos afetado pela salinidade que o crescimento da parte aérea. Por outro lado, Moya et al. (1999), observaram que a redução do sistema radicular das plantas pode representar um mecanismo de tolerância ao estresse salino e contribuir para a menor absorção de íons tóxicos na parte aérea.

As plantas adubadas com composto orgânico reduziram a relação R/PA linearmente com aumento da salinidade, enquanto que nas plantas não adubadas não ocorreu diferença estatística significativa entre os níveis de salinidade (Figura 8B). Na interação adubação orgânica e inoculação com FMA não ocorreu diferença estatística significativa para a relação R/PA (Figura 8C).

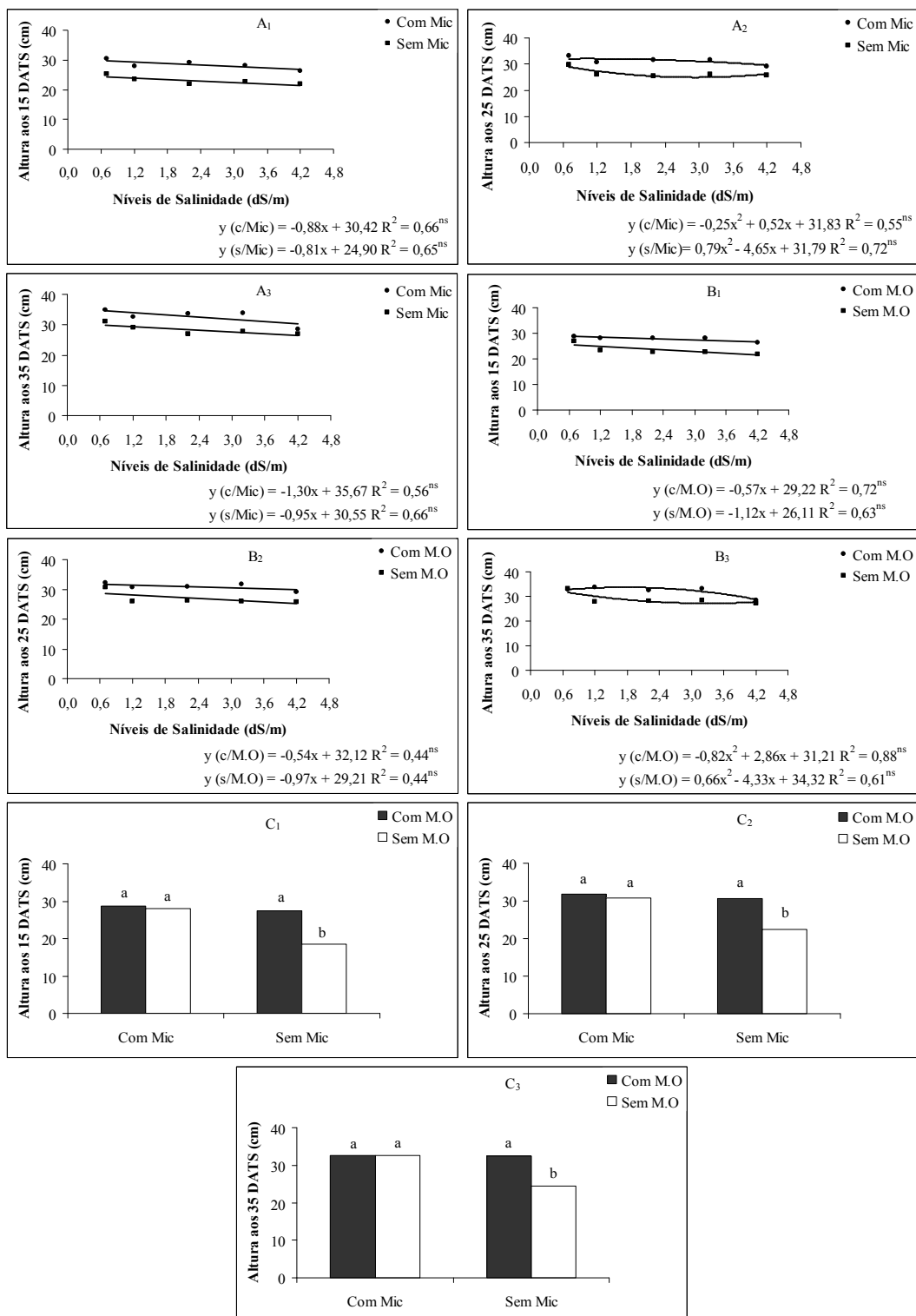


Figura 7. Efeito das interações entre estresse salino e fungos micorrízicos (A), estresse salino e matéria orgânica (B) e fungos micorrízicos e matéria orgânica (C), para a altura aos 15 DATs (A₁, B₁ e C₁), aos 25 DATs (A₂, B₂ e C₂) e aos 35 dias DATs (A₃, B₃ e C₃), em plantas de sabiá (médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste t, $P < 0,05$; ^{ns}, * e ** não significativo a 5%, significativos a 5 e 1%, respectivamente).

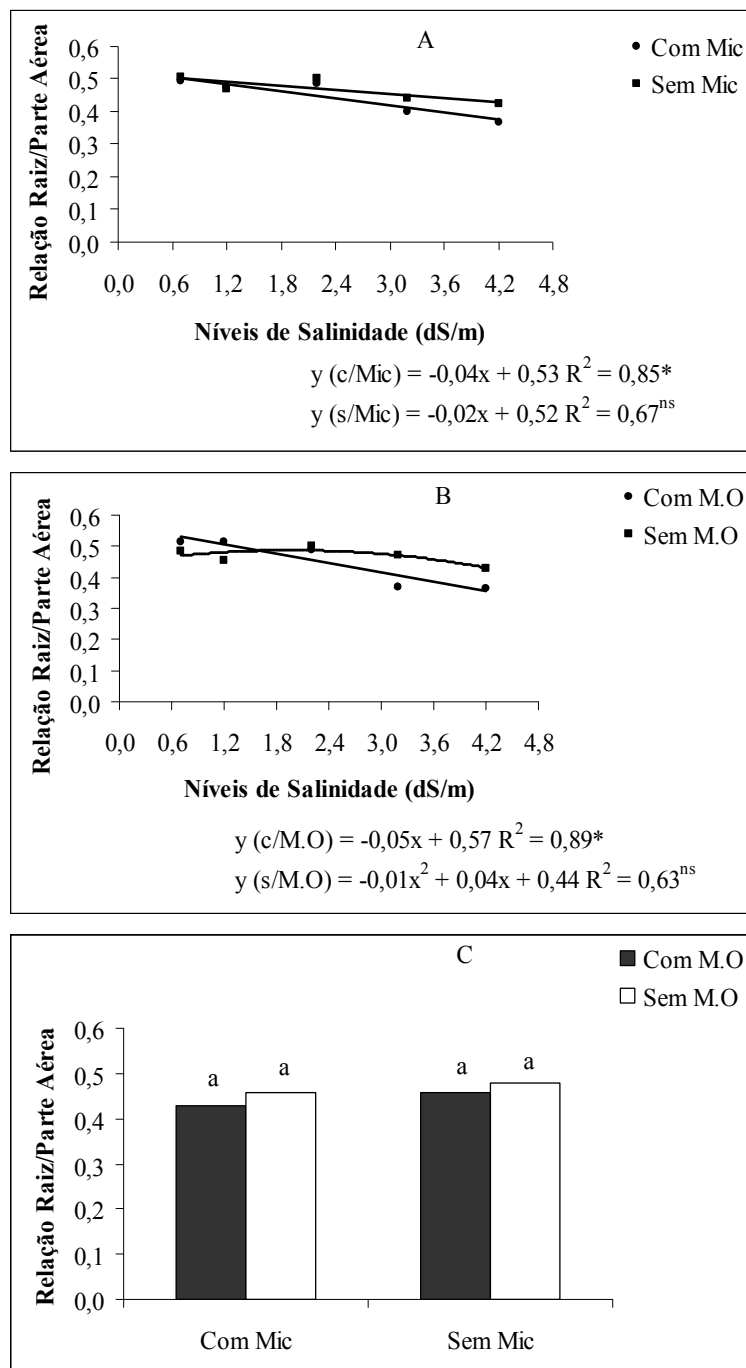


Figura 8. Efeitos das interações entre estresse salino e fungos micorrízicos (A), estresse salino e matéria orgânica (B) e fungos micorrízicos e matéria orgânica (C), sobre a relação raiz/parte aérea, em plantas de sabiá (médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste t, $P < 0,05$; ns , * e ** não significativo a 5%, significativos a 5 e 1%, respectivamente).

4.3 Efeito da salinidade e da adubação orgânica nos teores de nutrientes da planta

As plantas micorrizadas e não micorrizadas aumentaram a concentração de nitrogênio (N) no caule com aumento dos níveis de salinidade, enquanto que os teores de N nas raízes e nas folhas não foram estatisticamente significativos (Figura 9A₁, A₂ e A₃). Em contraste com Rabie (2005), que estudando o efeito da salinidade em plantas micorrizadas, encontrou redução no teor de N com aumento do estresse salino. Por outro lado, Ruiz-Lazano & Azcón (2000) observaram aumento na concentração de N em plantas inoculadas com FMA (fungos isolados de solos salinos), sob níveis crescentes de salinidade.

As plantas micorrizadas e adubadas aumentaram a quantidade de N nas raízes e no caule com o aumento da salinidade, sendo que nas folhas não observou-se diferença entre os níveis de salinidade. Entretanto, para as plantas não adubadas, somente os teores de nitrogênio no caule apresentaram aumento com a elevação da CEa. Nas raízes e nas folhas não ocorreu diferença entre os níveis de salinidade (Figura 9B₁, B₂ e B₃).

Resultados obtidos com diferentes espécies mostram que a salinidade pode reduzir, aumentar ou, como observado no presente estudo, não alterar os teores de N nos tecidos foliares (Costa, 2003). Entretanto, Parida et al. (2005) afirmam que a redução nos teores de nitrogênio nas plantas está associada a uma menor absorção de NO₃⁻ devido a competição com o íon Cl⁻.

Na interação entre inoculação e adubação orgânica observou-se que as raízes e nas folhas das plantas micorrizadas e adubadas apresentaram maior teor de nitrogênio em relação às plantas micorrizadas e não adubadas. A adubação orgânica não promoveu aumento significativo no teor de N do caule das plantas inoculadas, no entanto as plantas não inoculadas apresentaram maior teor de nitrogênio do que as plantas não inoculadas e não adubadas (Figura 9C₁, C₂ e C₃).

Os teores de fósforo (P), em média, foram maiores nas plantas micorrizadas em relação às plantas não micorrizadas, sendo o aumento da ordem de 27, 47 e 30 % para as raízes, o caule e as folhas, respectivamente. As plantas micorrizadas e não micorrizadas não apresentaram diferença estatística significativa para os teores de P com o aumento dos níveis de salinidade (Figura 10A₁, A₂ e A₃). Trabalhos como o Giri et al (2004) verificaram que as plantas inoculadas com FMA são mais eficientes na adsorção de P quando comparadas com plantas não inoculadas em ambiente salino.

As plantas adubadas com o composto orgânico apresentaram aumento na concentração de P nas raízes a partir do nível de salinidade de $1,5 \text{ dS m}^{-1}$, sendo que para o caule e as folhas não ocorreu diferença estatística significativa. Observou-se que o teor de P

das raízes, do caule e das folhas das plantas não micorrizadas não apresentou diferença estatística significativa com o aumento dos níveis de salinidade. (Figura 10B₁, B₂ e B₃).

A interação entre a adubação orgânica e a inoculação promoveu um aumento no teor de P de 16, 39 e 29 % para as raízes, o caule e as folhas, respectivamente, nas plantas micorrizadas em relação às plantas não micorrizadas. As plantas adubadas e inoculadas com fungo micorrízico foram mais eficientes na absorção de P. Os fungos arbusculares isoladamente aumentaram os teores de P nas raízes, no caule e nas folhas em 31, 58 e 31 %, em relação às plantas não inoculadas e não adubadas (Figura 10C₁, C₂, C₃).

As plantas micorrizadas, em média, apresentaram um maior teor de potássio (K^+) do que as plantas não micorrizadas para os níveis de salinidade adotados. O aumento da salinidade promoveu um aumento na concentração de K^+ nas folhas das plantas micorrizadas a partir do nível de 4 dS m^{-1} , enquanto nas raízes e no caule não observou-se diferença entre os níveis de salinidade. As plantas não micorrizadas aumentaram o teor de potássio no caule com o aumento dos níveis de salinidade, enquanto nas raízes e nas folhas não houve diferença estatística significativa (Figura 11A₁, A₂ e A₃). Resultados semelhantes foram encontrados por Giri et al. (2003), quando os teores de K^+ na parte aérea de *Acacia auriculiformis* aumentaram sob condições de estresse salino.

As plantas adubadas e submetidas à salinidade, para os teores de K^+ , não apresentaram diferença significativa entre os níveis de salinidade. Para as plantas não adubadas somente as folhas aumentaram os teores de K^+ a partir de $1,4 \text{ dS m}^{-1}$, sendo que para as raízes e caule não houve diferença estatística significativa (Figura 11B₁, B₂ e B₃).

Os teores de potássio na interação adubação orgânica e inoculação, para as raízes e no caule, foram significativamente maiores nas plantas adubadas. Nas folhas, apenas as plantas micorrizadas apresentaram diferença estatística significativa, sendo que as plantas micorrizadas e adubadas acumularam maior quantidade de K^+ . Quando avaliou-se somente o efeito dos fungos micorrízicos arbusculares, observou-se que nas raízes e

no caule ocorreu um aumento no teores de K^+ na presença dos FMA (Figura 11C₁, C₂, C₃).

Portanto, dentre os elementos relacionados com as funções osmóticas das plantas, o potássio desempenha um papel fundamental, podendo atingir concentrações relativamente altas no citoplasma das células sem afetar as relações metabólicas. Em condições de estresse salino, ocorre o decréscimo na concentração deste elemento na planta e, assim, influenciando negativamente o crescimento das mesmas. Para alguns genótipos, sob condições de estresse com NaCl, a nutrição potássica pode melhorar o desempenho das plantas (Colmer et al., 1996; Guerrier, 1996), citado por Lacerda, (2000).

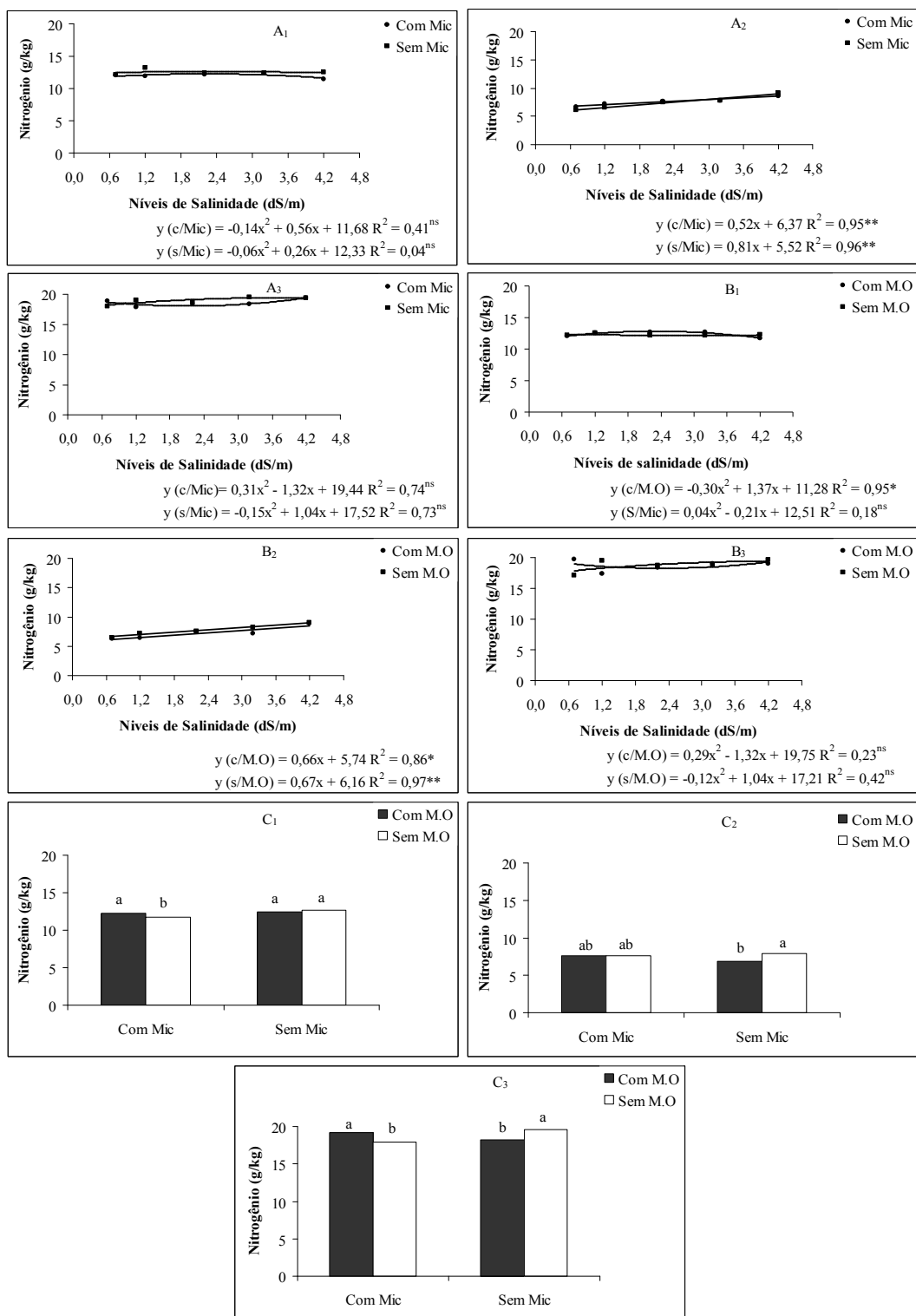


Figura 9. Efeito das interações entre estresse salino e fungos micorrízicos (A), estresse salino e matéria orgânica (B) e fungos micorrízicos e matéria orgânica (C), para os teores de nitrogênio na raiz (A₁, B₁ e C₁), no caule (A₂, B₂ e C₂) e nas folhas (A₃, B₃ e C₃), em sabiá (médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste t, $P < 0,05$; ^{ns}, * e ** não significativo a 5%, significativos a 5 e 1%, respectivamente).

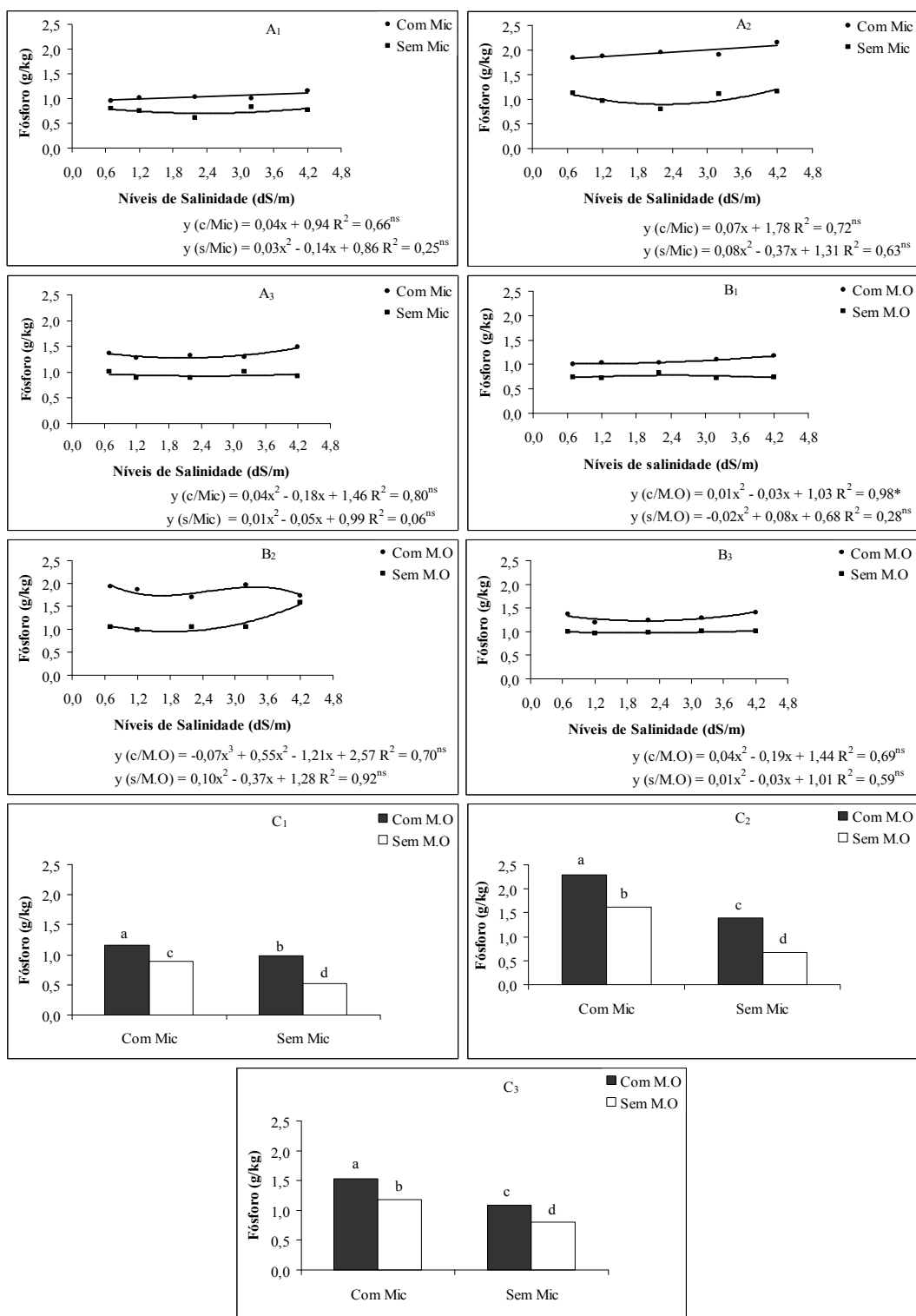


Figura 10. Efeitos das interações entre estresse salino e fungos micorrízicos (A), estresse salino e matéria orgânica (B) e fungos micorrízicos e matéria orgânica (C), para os teores de fósforo na raiz (A₁, B₁ e C₁), no caule (A₂, B₂ e C₂) e nas folhas (A₃, B₃ e C₃), em sabiá (médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste t, $P < 0,05$; ^{ns}, * e ** não significativo a 5%, significativos a 5 e 1% respectivamente).

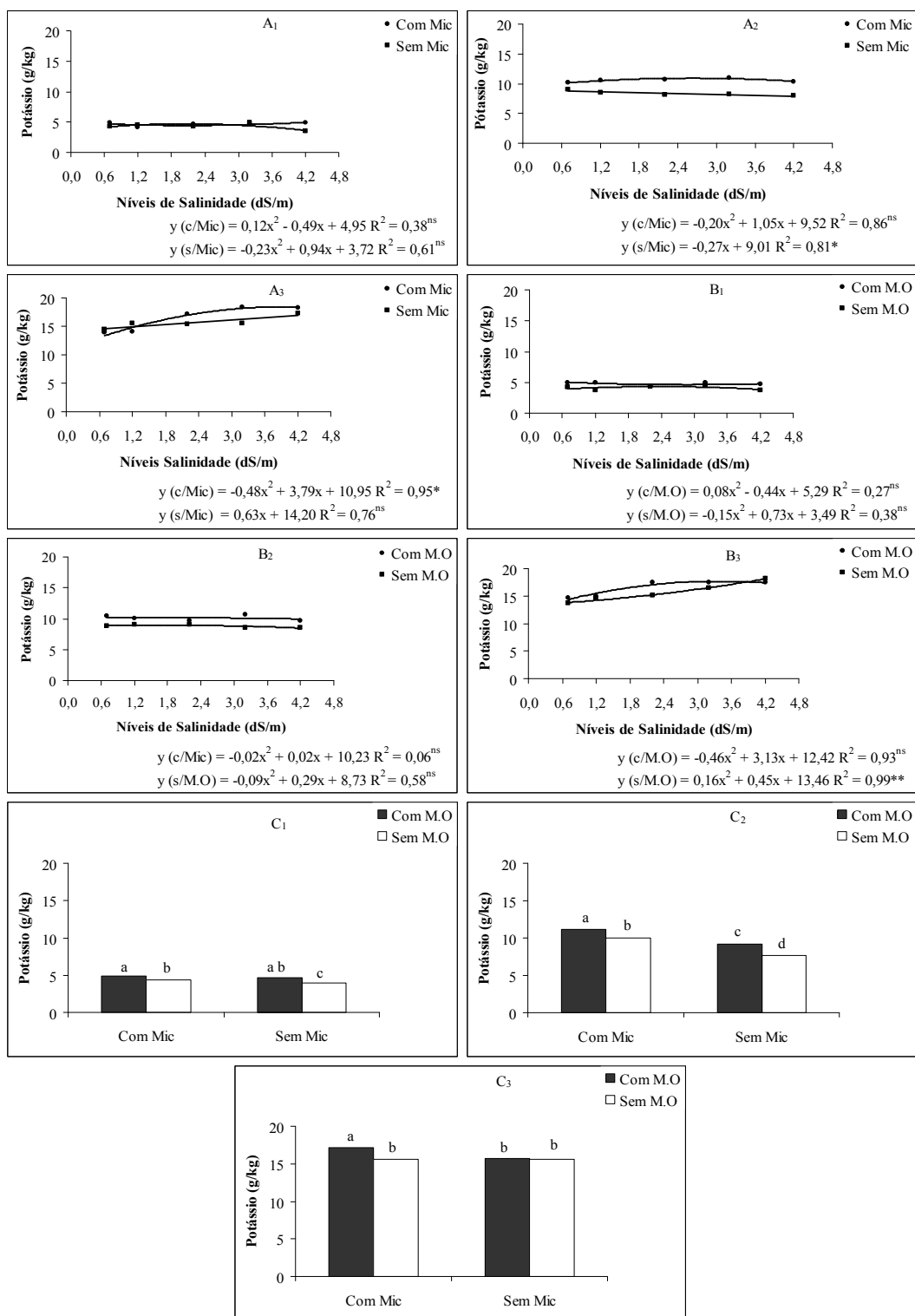


Figura 11. Efeitos das interações entre estresse salino e fungos micorrízicos (A), estresse salino e matéria orgânica (B) e fungos micorrízicos e matéria orgânica (C), para os teores de potássio na raiz (A₁, B₁ e C₁), no caule (A₂, B₂ e C₂) e nas folhas (A₃, B₃ e C₃), em sabiá (médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste t, $P < 0,05$; ^{ns}, * e ** não significativo a 5%, significativos a 5 e 1%, respectivamente).

A concentração de cálcio (Ca^{2+}), em média, foi mais elevada nas plantas não micorrizadas do que nas plantas micorrizadas. As plantas micorrizadas aumentaram os teores de Ca^{2+} nas raízes e nas folhas com aumento dos níveis de salinidade. No caule não ocorreu diferença estatística significativa. O caule e as folhas das plantas não micorrizadas apresentaram aumento nos teores de cálcio com aumento da salinidade, sendo que nas raízes não houve diferença entre os níveis de salinidade (Figura 12A₁, A₂ e A₃). Em contraste com os resultados encontrados, Rabie (2005) observou redução na concentração de Ca^{2+} em plantas micorrizadas com o aumento dos níveis de salinidade no solo. Yano-Melo et al. (2003) também observaram tal fato em plantas micorrizadas de banana (*Musa* sp. cv. Pacovam), que apresentaram a mesma tendência de redução nos teores de Ca^{2+} com elevação da salinidade.

As plantas não adubadas apresentaram maiores teores de Ca^{2+} do que as plantas adubadas. Os teores de Ca^{2+} aumentaram significativamente nas folhas das plantas adubadas, enquanto que nas raízes e no caule os teores não foram significativos entre os níveis de salinidade. Nas plantas não adubadas, apenas o caule e as folhas apresentaram aumento nos teores de Ca^{2+} com o aumento da salinidade, sendo que nas raízes os teores não foram significativos (Figura 12B₁, B₂ e B₃).

A adubação orgânica não promoveu diferença estatística significativa nas raízes e no caule das plantas micorrizadas e nas folhas das plantas não micorrizadas. As raízes e o caule das plantas não micorrizadas e não adubadas apresentaram maiores teores de Ca^{2+} do que nas plantas não micorrizadas e adubadas. Nas folhas para teores de Ca^{2+} somente as plantas micorrizadas e adubadas diferiram entre si, quando considerada a interação com FMA (Figura 12C₁, C₂ e C₃).

O cálcio tem grande importância no transporte seletivo ou na exclusão de Na^+ e outros íons minerais pelas membranas celulares. Uma de suas principais funções, sob condições de estresse salino, é provavelmente a manutenção da estabilidade da plasmalema, promovendo o estabelecimento de uma composição iônica favorável nas células e favorecendo o crescimento da planta (Colmer et al., 1996; Franco et al., 1999 citado por Lacerda, 2000).

Os teores de magnésio (Mg^{2+}), em média, foram maiores nas plantas não micorrizadas quando comparadas com as plantas micorrizadas. As raízes, o caule e as folhas das plantas micorrizadas não apresentaram diferença estatística significativa com a elevação da CEa. O caule e as folhas das plantas não micorrizadas aumentaram os teores de Mg^{2+} com aumento da salinidade, sendo que no caule este aumento foi linear,

enquanto nas folhas o aumento ocorreu no intervalo de 0,7 a 2,7 dS m⁻¹ para os níveis de salinidade. As raízes das plantas não micorrizadas não apresentaram diferença significativa nos teores de Mg²⁺ com o aumento da salinidade (Figura 13A₁, A₂ e A₃).

As plantas adubadas aumentaram a concentração de magnésio no caule com aumento da salinidade. No entanto, nas raízes e nas folhas não ocorreu diferença entre os níveis de salinidade. As plantas não adubadas aumentaram a quantidade de Mg²⁺ no caule e nas folhas com o aumento da CEa e, nas raízes, a diferença não foi significativa (Figura 13B₁, B₂ e B₃).

Em geral, a adubação orgânica não promoveu acréscimo na concentração de Mg²⁺ nas plantas avaliadas para a interação FMA e adubação orgânica. As plantas não inoculadas com os FMA apresentaram maior concentração de Mg²⁺, nas raízes e no caule e menor nas folhas (Figura 13C₁, C₂ e C₃). Jentchke et al. (2000) afirmaram que plantas sobre estresse salino demandam concentrações elevadas de magnésio para superar o efeito antagônico do cloreto de sódio, além de garantir a manutenção do teor de clorofila nas folhas (Alam, 1994 citado por Yano-Melo et al., 2003).

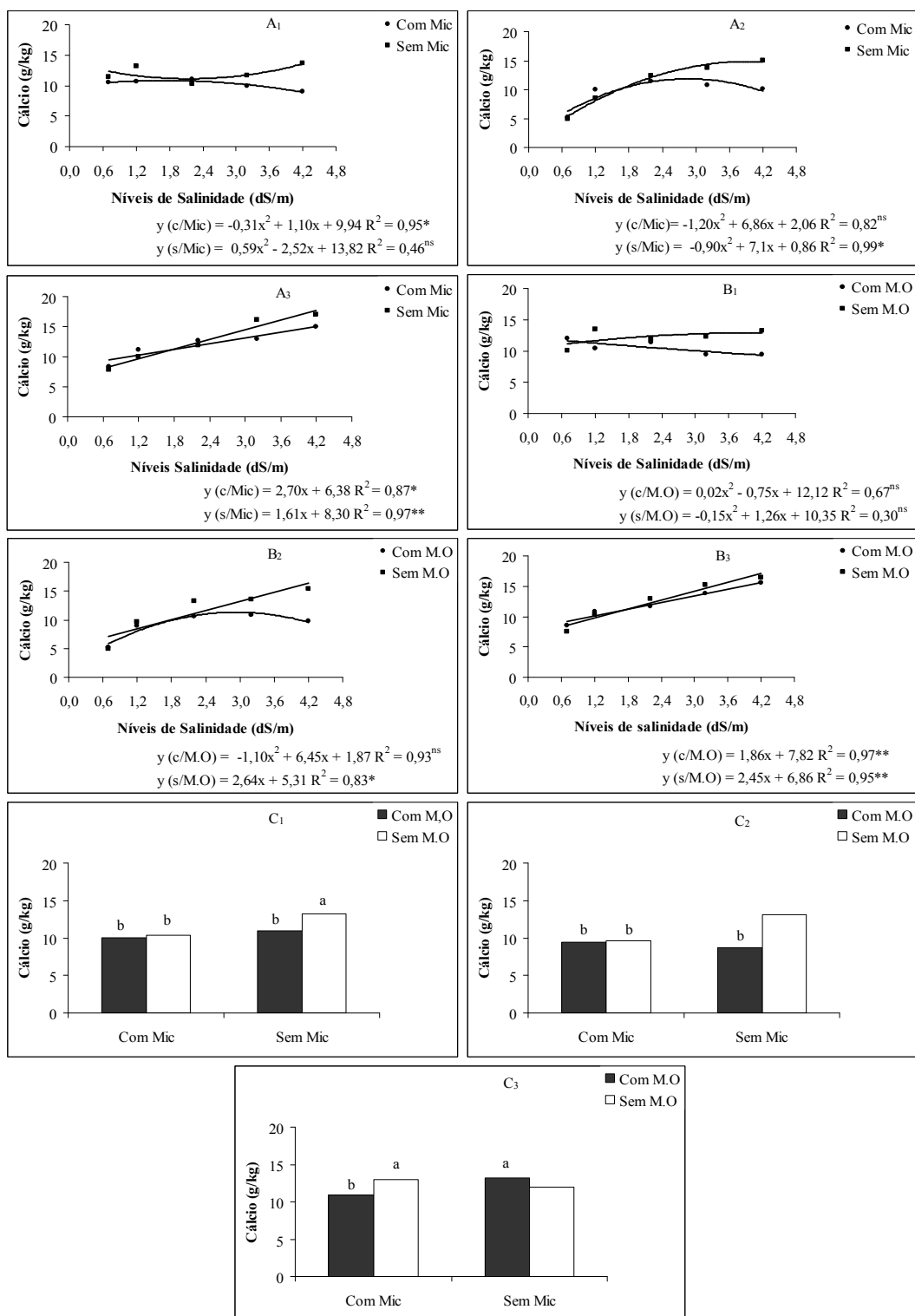


Figura 12. Efeito das interações entre estresse salino e fungos micorrízicos (A), estresse salino e matéria orgânica (B) e fungos micorrízicos e matéria orgânica (C), para os teores de cálcio na raiz (A₁, B₁ e C₁), no caule (A₂, B₂ e C₂) e nas folhas (A₃, B₃ e C₃), em plantas de sabiá (médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste t, $P < 0,05$; ns, * e ** não significativo a 5%, significativos a 5 e 1%, respectivamente).

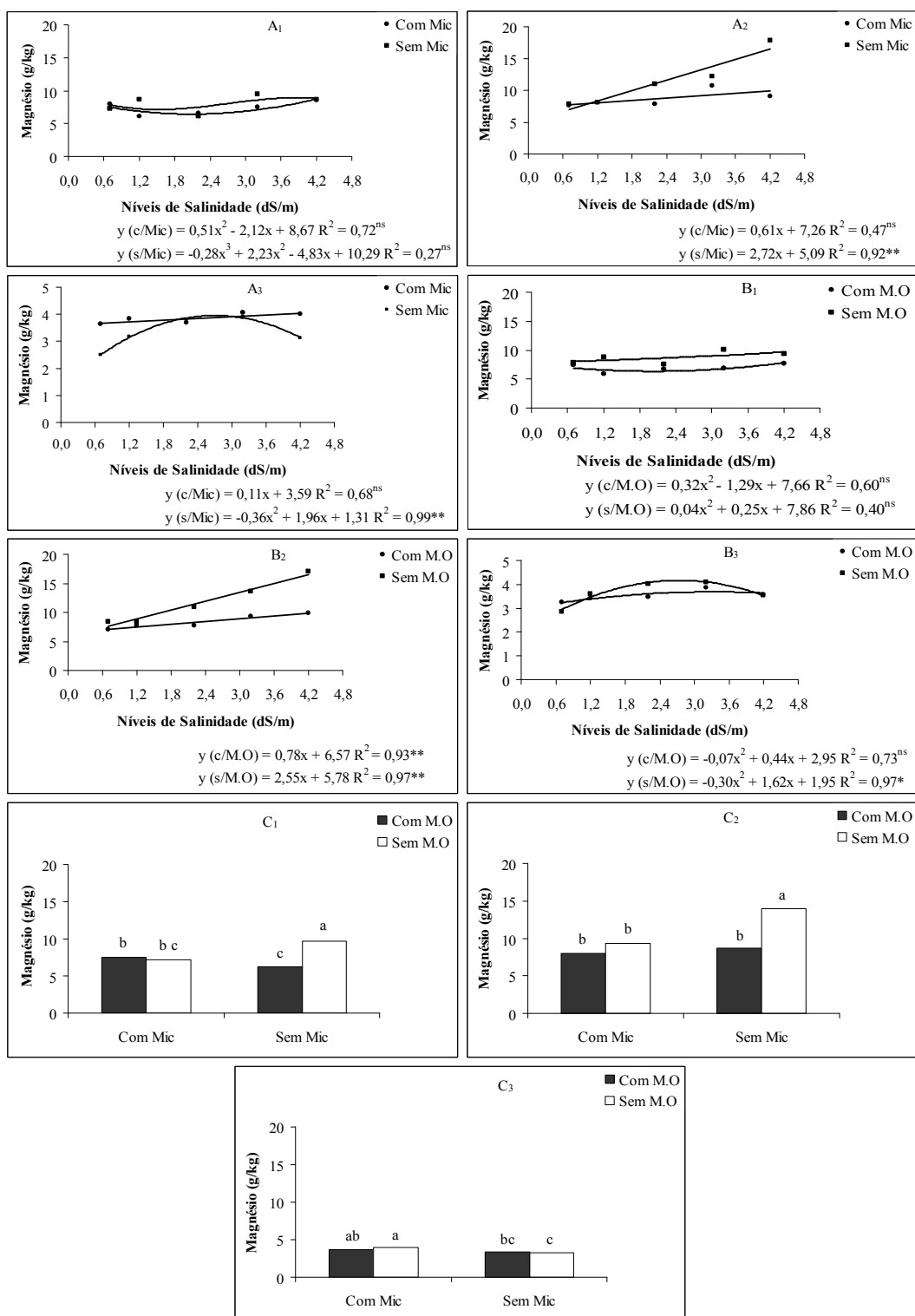


Figura 13. Efeito das interações entre estresse salino e fungos micorrízicos (A), estresse salino e matéria orgânica (B) e fungos micorrízicos e matéria orgânica (C), para os teores de magnésio na raiz (A₁, B₁ e C₁), no caule (A₂, B₂ e C₂) e nas folhas (A₃, B₃ e C₃), em plantas de sabiá (médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste t, $P < 0,05$; ^{ns}, * e ** não significativo a 5%, significativos a 5 e 1%, respectivamente).

Os teores de sódio (Na^+) foram, em média, tanto maiores nas raízes e no caule das plantas micorrizadas como nas folhas das plantas não micorrizadas. O aumento dos níveis de salinidade na água de irrigação das plantas micorrizadas aumentou as concentrações de sódio nas raízes e no caule, enquanto que nas folhas os níveis de salinidade não foram significativos. As plantas não micorrizadas aumentaram os teores de Na^+ nas raízes, no caule e nas folhas com a elevação dos níveis de salinidade.

Quando avaliou-se o efeito dos fungos micorrízicos com o aumento da salinidade, observou-se que as folhas das plantas não micorrizadas, em média, apresentaram maior concentração de Na^+ , em torno de 39 % (Figura 14A₁, A₂ e A₃). Portanto, as plantas inoculadas com FMA parecem estar compartimentalizando maior quantidade de sódio nas raízes e no caule.

Giri et al. (2003) verificaram um acréscimo no teor de Na^+ nas plantas, com o aumento da salinidade do solo. Brown et al. (2006) estudaram o efeito da nutrição mineral de plantas em condições salinas e observaram que o teor de Na^+ aumentou para todos os níveis de salinidade. As plantas reduzem o seu desenvolvimento em concentrações elevadas de Na^+ e cloro em resposta ao efeito osmótico, à toxidez pela absorção excessiva destes elementos e ao desequilíbrio nutricional causado pelos distúrbios nutricionais na absorção dos nutrientes essenciais (Yahya, 1998).

As plantas adubadas com composto orgânico apresentaram menor teor de Na^+ no caule e nas folhas, sendo que nas raízes o teor de Na^+ foi maior. As plantas não adubadas aumentaram a concentração de Na^+ nas raízes, no caule e nas folhas com aumento da salinidade (Figura 14B₁, B₂ e B₃).

Quando comparou-se a interação dupla entre adubação orgânica e inoculação micorrízica, observou-se que a adubação orgânica e a inoculação com FMA não promoveram diferenças estatística significativas no teor de sódio no caule. Entretanto, as plantas não adubadas e não inoculadas apresentaram menor quantidade de sódio nas raízes e maior nas folhas, reforçando a hipótese de que ocorre um acúmulo diferenciado do sódio nas plantas de sabiá (Figura 14C₁, C₂ e C₃).

Os teores de cloro (Cl^-) foram maiores no caule e nas folhas das plantas micorrizadas do que nas plantas não micorrizadas, nos teores de cloro das raízes as médias não diferiram-se entre si. O aumento da salinidade promoveu um acréscimo nos teores de cloro das raízes, do caule e das folhas das plantas micorrizadas e não micorrizadas (Figura 15A₁, A₂, e A₃). Araújo (2006) confirma que há acúmulo de Cl^- nas plantas de *Atriplex nummularia* com aumento da salinidade do solo. Guimarães

(2005), avaliando as respostas fisiológicas e bioquímicas em plantas de feijão de-corda cv Pitúba submetidas ao estresse salino, também observou um acúmulo de Cl^- nas plantas com aumento da salinidade.

As plantas adubadas e não adubadas aumentaram a concentração de Cl^- com aumento da CEA (Figura 15B₁, B₂ e B₃). Quando foi avaliada a adubação e a inoculação micorrízica, verificou-se que, para o teor de Cl^- , não ocorreu diferença estatística significativa no caule. As folhas das plantas inoculadas e não adubadas apresentaram maior concentração de cloro quando comparadas com as plantas não inoculadas e não adubadas. Os teores de cloro nas raízes das plantas não inoculadas foram maiores nas plantas adubadas do que nas plantas não adubadas (Figura 15C₁, C₂ e C₃). O Cl^- desempenha papéis importantes na planta, como cofator de enzima que atua na fotossíntese, ativação enzimática e osmo-regulação. O tecido vegetal frequentemente apresenta altos teores de cloro, indicação de que, ao contrário do que acontece com outros micronutrientes, não é tóxico quando em concentrações relativamente elevadas. As espécies mostram diferença na sua tolerância ao excesso de Cl^- no meio, o que pode ser devido à operação de mecanismos de exclusão do elemento (Malavolta, 1997).

A relação Na^+/K^+ aumentou com o acréscimo de sal na água de irrigação, sendo que para as plantas não micorrizadas o aumento foi mais acentuado, principalmente nos níveis mais elevados de salinidade (Figura 16A). Araújo (2006) também verificou o aumento da relação Na^+/K^+ com aumento da salinidade.

As plantas não adubadas apresentaram, em média, uma maior relação Na^+/K^+ com o aumento dos níveis de salinidade (Figura 16B). A interação fungo micorrízico e adubação orgânica não foi significativa, ou seja, tanto a inoculação quanto a adubação não apresentaram efeitos na relação Na^+/K^+ das plantas (Figura 16C). A utilização da relação Na^+/K^+ tem sido sugerida por alguns autores (Taleisnik & Grunberg, 1994; Lacerda et al., 2001; Costa et al., 2003) para determinar a sensibilidade das espécies ao estresse salino, sendo que a relação Na^+/K^+ pode ser utilizada como critério de seleção de materiais sensíveis e tolerantes ao estresse salino (Taleisnik & Grunberg, 1994).

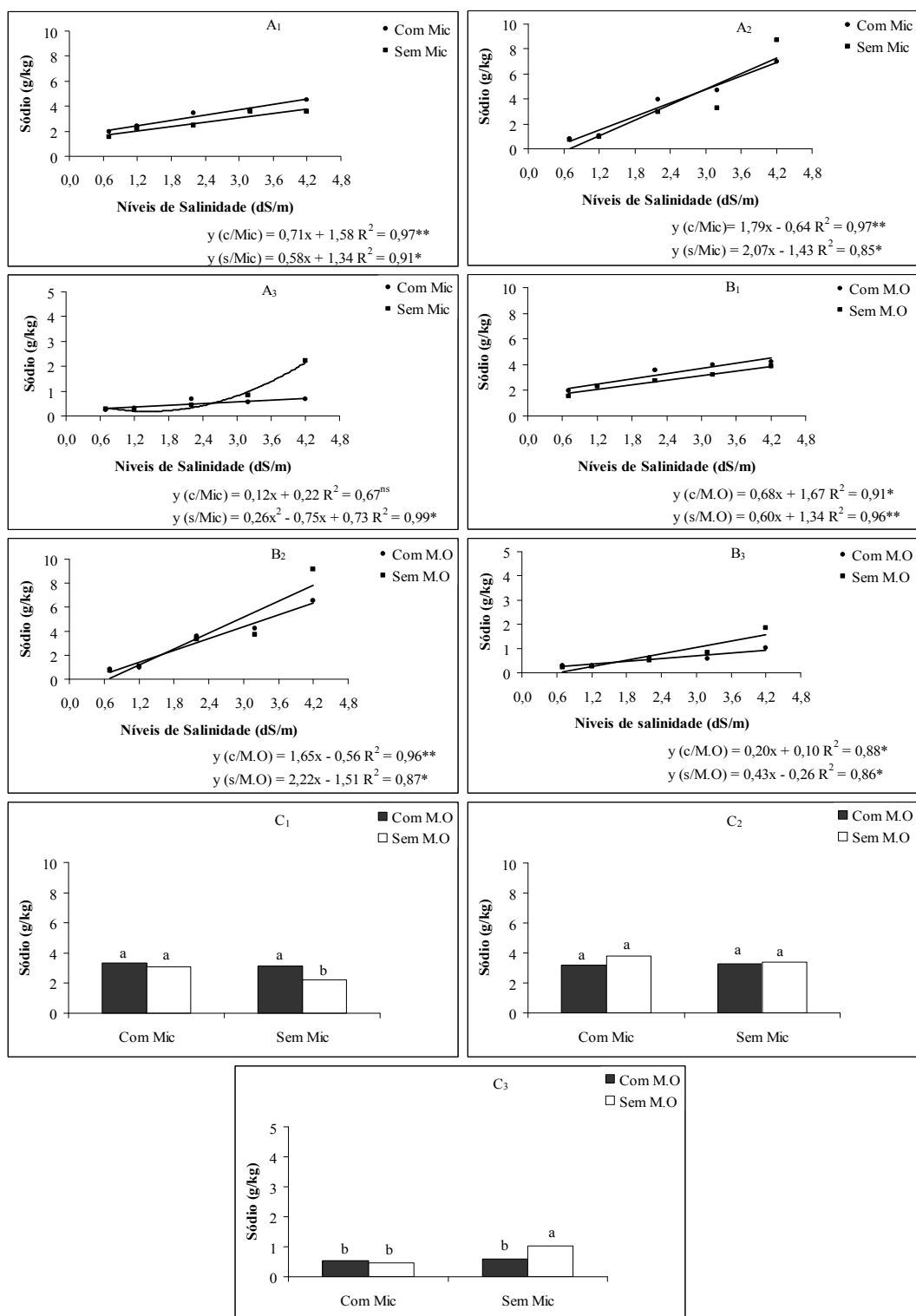


Figura 14. Efeito das interações entre estresse salino e fungos micorrízicos (A), estresse salino e matéria orgânica (B) e fungos micorrízicos e matéria orgânica (C), para os teores de sódio na raiz (A₁, B₁ e C₁), no caule (A₂, B₂ e C₂) e nas folhas (A₃, B₃ e C₃), em plantas de sabiá (médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste t, $P < 0,05$; ns, * e ** não significativo a 5%, significativos a 5 e 1%, respectivamente).

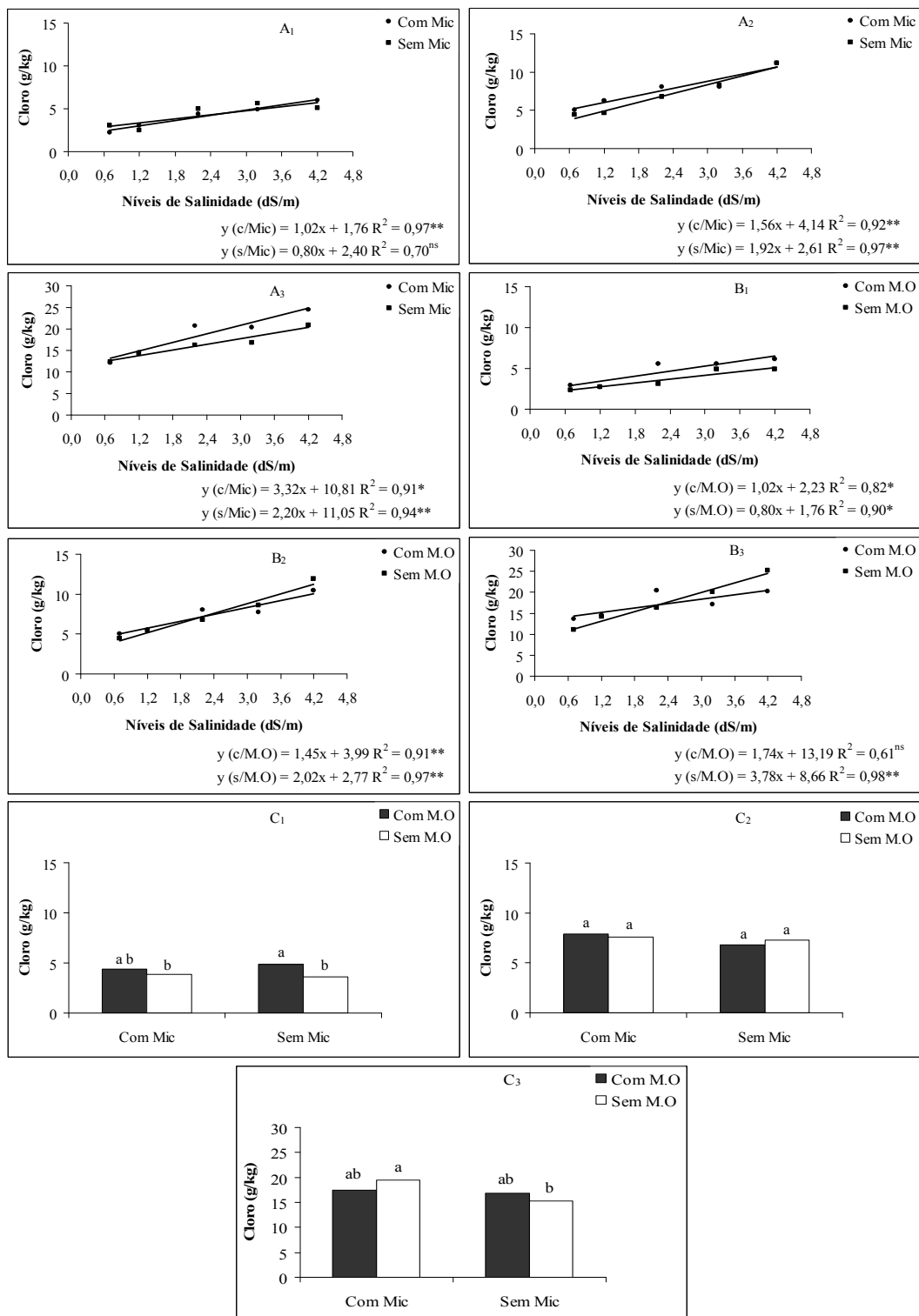


Figura 15. Efeito das interações entre estresse salino e fungos micorrízicos (A), estresse salino e matéria orgânica (B) e fungos micorrízicos e matéria orgânica (C), para os teores de cloro na raiz (A₁, B₁ e C₁), no caule (A₂, B₂ e C₂) e nas folhas (A₃, B₃ e C₃), em plantas de sabiá (médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste t, $P < 0,05$; ns, * e ** não significativo a 5%, significativos a 5 e 1%, respectivamente).

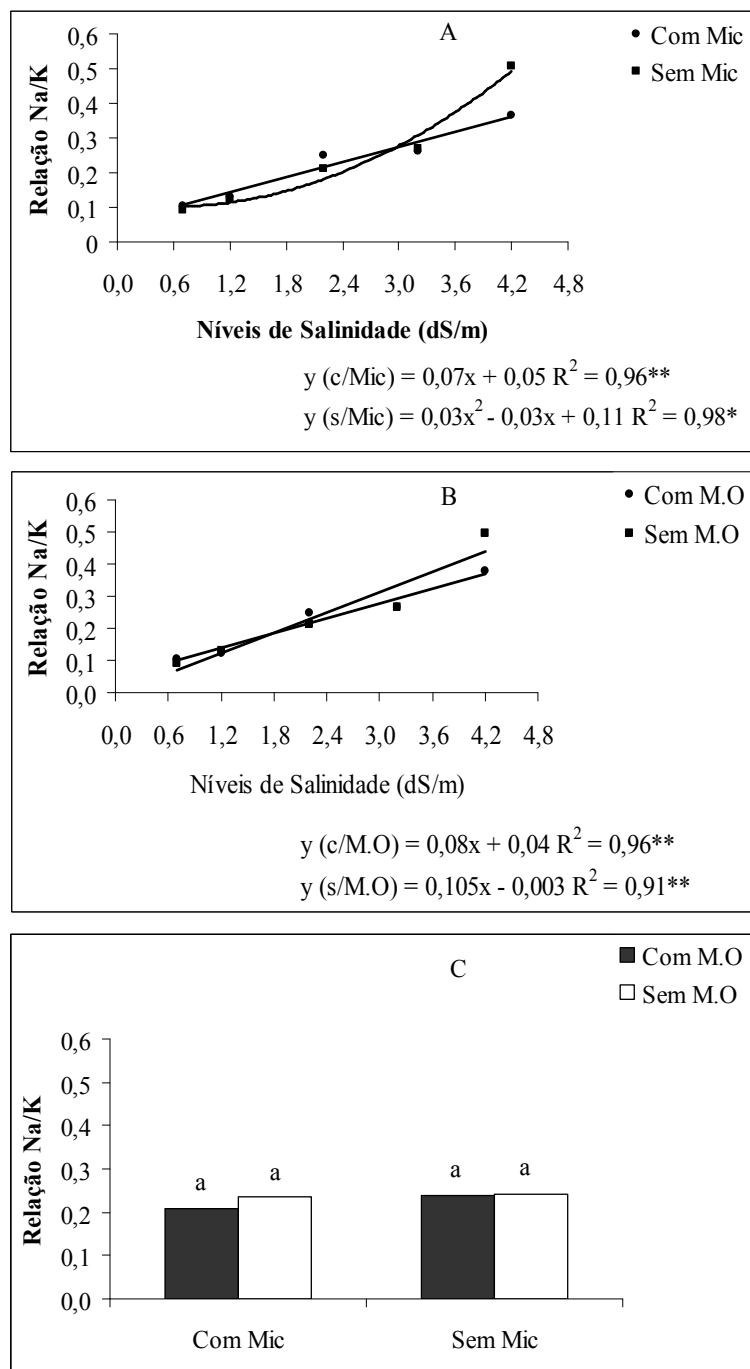


Figura 16. Efeitos das interações entre estresse salino e fungos micorrízicos (A), estresse salino e matéria orgânica (B) e fungos micorrízicos e matéria orgânica (C), para a relação Na^+/K , em plantas de sabiá (médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste t, $P < 0,05$; ns, * e ** não significativo a 5%, significativos a 5 e 1%, respectivamente).

5. CONCLUSÕES

- Os fungos micorrízicos arbusculares e a adubação orgânica aumentaram a produção de matéria seca das plantas de sabiá;
- A adubação orgânica e a inoculação com fungo micorrízico arbuscular apresentaram efeitos semelhantes na produção de matéria seca de nódulos radiculares em plantas de sabiá;
- A redução do pH do solo após o cultivo nas plantas inoculadas está possivelmente associada à presença dos fungos micorrízicos arbusculares;
- As plantas não micorrizadas e não adubadas são mais severamente afetadas pelo estresse salino; e
- As plantas micorrizadas apresentaram maior absorção de nutrientes quando comparadas com as plantas não micorrizadas.

6. BIBLIOGRAFIA

- AL-KARAKI, G.M. Growth of mycorrhizal tomato and mineral acquisition under salt stress. *Mycorrhiza*, 10:51–54, 2000.
- ALEF, K. Soil Respiration. In: ALEF, K.; NANNPIERI, P. (Ed.) *Methods in applied soil microbiology and biochemistry*. London: Academic Press, 1995, 234-245p.
- ALEXANDER, I., AHMAD, N., SEE, L.S. The role of mycorrhizas in the regeneration of some Malaysian forest trees. *Pfil.Trans. R. Soc. Lond.*,335:379-388, 1992.
- ALLEN E.B. & CUNNINGHAM G.L. Effects of vesicular-arbuscular mycorrhizae on *Distichlis spicata* under three salinity levels. *New Phytol.*, 93:227–236, 1983.
- ALMEIDA, R.T.; VASCONCELOS, I.; NESS, R.L.L. Infecção micorrízica vesículo-arbuscular e nodulação de leguminosas arbóreas do Ceará, Brasil. *Ciência Agronômica*, 17 (1): 89- 97, 1986.
- ALVES, E.U.; SADER, R.; BRUNO, R.L.A.; ALVES, A.U. Dormência e desenvolvimento de sementes de sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth.). *Revista Árvore*, Viçosa-MG, 28(5): 655-662, 2004.
- ARAÚJO, S.A.M. Uso de micronutrientes e água em erva sal (*Atriplex nmmularia* Lindl.) expostas a níveis crescentes de NaCl e ciclos de seca. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal do Ceará, 2006, 110p.

- ASGHARI, Y. H.R. P.; MARSCHNER, P.; SMITH, S.E.; SMITH, F.A. Growth response of *Atriplex nummularia* to inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi at different salinity levels. *Plant and Soil*, 273:245–256, 2005.
- ATIMANAV, G.; ADHOLEYA, A. Arbuscular-mycorrhizal inoculation of five tropical fodder crops and inoculum production in marginal soil amended with organic matter. *Biology and Fertility of Soils*, 35(3): 214-218, 2002.
- AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W.A. Qualidade da água na agricultura. Tradução de Hans Raj Gheyi, José Francismar de Medeiros, Francisco Ademilton Damasceno. Campina Grande: UFPB, (Estudos da FAO, Irrigação e Drenagem, 29), 1999, 218 p.
- BASU, R. & GOSH, B. Polyamines in various rice (*Oryza sativa*) genotypes with respect to sodium chloride salinity. *Plant Physiology*, 82:575-581, 1991.
- BELLINGER, Y; BENSAOUD, A. & LARHER, F. Physiological significance of proline accumulation, a trait of use to breeding for stress tolerance. In: ACEVEDO, E.; CONESA, A.P. AND SRIVASTAVA, J.P. (eds.), *Physiology-breeding of winter cereals for stressed mediterranean environments*. INRA, 1991, 449-458p.
- BERNARDO, S. Manual de irrigação. 8. ed. Viçosa: Imprensa Universitária, UFRV, 2006, 625 p.
- BHASKARAM, C.; SELVARAJ, T. Seasonal incidence and distribution of VAM fungi in native saline soils. *Journal of Environmental Biology*, 18:209-212, 1997.
- BOLAÑOS, L.; MARTI, M.; EL-HAMDAOUI, A.; RIVILLA, R.; BONILLA, I. Nitrogenase inhibition in nodules from pea plants grown under salt stress occurs at the physiological level and can be alleviated by B and Ca. *Plant and Soil*, 280:135–142, 2006.
- BOLAÑOS, L.; EL-HAMDAOUI, A.; BONILLA, I. Recovery of development and functionality of nodules and plant growth in salt-stressed *Pisum sativum*–*Rhizobium leguminosarum* symbiosis by boron and calcium. *Journal Plant Physiology*, 162:1491–1495. 1993.

- BROWN, C.E.; PEZESHKI, S.R.; DELAUNE, R.D. The effects of salinity and soil drying on nutrient uptake and growth of *Spartina alterniflora* in a simulated tidal system. *Environmental and Experimental Botany*, 58:140–148, 2006.
- BURITY, H.A.; LYRA, M.C.C.P.; SOUZA, E.S.; MERGULHÃO, A.C.E.S.; SILVA, M.L.R.B. Efetividade da inoculação com rizóbio e fungos micorrízicos arbusculares em mudas de sabiá submetidas a diferentes níveis de fósforo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília-DF, 35(4): 801-807, 2000.
- CARVALHO, F.G. & STAMFORD, N.P. Fixação do N₂ em *Leucaena leucocephala* em solo da região semi-árida brasileira. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 23:237-243, 1999.
- CARVALHO, L.M.; CORREIA, P.M.; CAÇADO, I.; MARTINS-LOUÇÃO, M.A. Effects of salinity and flooding on the infectivity of salt marsh arbuscular mycorrhizal fungi in *Aster tripolium* L. *Bioogyl and Fertility of Soils*, 38:137-143, 2003.
- CÂMARA, T.R.; WILLADINO, L.; TORNE, J.M.; SANTOS, M.A. Efeito da putrescina e do estresse salino em calos de milho. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, 10:153-156, 1998.
- CANTRELL, I.C.C. & LINDERMAN, R.G. Preinoculation of lettuce and onion with VA mycorrhizal fungi reduces deleterious of soil salinity. *Plant and Soil*, 201:269-281, 2001.
- CAVENDER, N.D.; ATIYEH, R.M.; KNEE, M. Vermicompost stimulates mycorrhizal colonization of roots of *Sorghum bicolor* at the expense of plant growth. *Pedobiologia*, 47:85–89, 2003.
- CORDOVILLA M P, OCANA A, LIGERO F AND LLUCH C. Salinity effect on growth analysis and nutrient composition in four grain legumes – *Rhizobium* symbiosis. *Journal of Plant Nutrition*, 18:1595–1609, 1995.
- COSTA, N.L., PAULINO, V.T., RODRIGUES, A.N.A. Effect of vesicular-arbuscular mycorrhizal and phosphate fertilization on growth, nodulation and nitrogen and phosphorus uptake of pigeonpea. *Nitrogen Fixing Tree Res. Reports*, 8:123-125, 1990.

- COSTA, P.H.A.; SILVA, J.V.; BEZERRA, M.A.; ENÉAS-FILHO, J.; PRISCO, J.T.; GOMES-FILHO, E., Crescimento e níveis de solutos orgânicos e inorgânicos em cultivares de *Vigna unguiculata* submetidos à salinidade. Revista Brasileira de Botânica, 26:289-297, 2003
- CRAMER, G.R.; ALBERICO, G.J.; SCHMIDT, C. Salt tolerance is not associated with the sodium accumulation of two maize hybrids. Australian Journal of Plant Physiology, Melbourne, 21:675-692, 1994.
- CRAM, W. J. Negative feedback regulation of transport in cells. The maintenance of turgor, volume and nutrient supply. In: Lunttge, U.; Pitman, M. G. (eds.), Encyclopaedia of plant Physiology. Berlin: Springer-Verlag, 2:284-134, 1976.
- DAS, N.; MISRA, M. and MISRA, A. Sodium chloride salt stress induced metabolic changes in callus cultures of Pear millet: free solute accumulation. Journal of Plant Physiology, 137:244-246, 1990.
- DNOCS. Departamento Nacional de Obras Contra as Secas. Grupo de Coordenação Executiva das Operações Agrícola (GOA). Situação de 30/11/1991. 1991. (Mimeografado)
- EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Manual de métodos e análises de solo. Rio de Janeiro, EMBRAPA, 1997, 152p.
- EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE SOLOS. Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília, EMBRAPA, 1997, 306p.
- FAGÉRIA, N. K., GHEYI, H. R. Melhoramento genético das culturas e seleção de cultivares. In: Gheyi, H. R.; Queiróz, J. E., Medeiros, J. F. (eds), Manejo e controle da Salinidade na Agricultura Irrigada, Campina Grande: UFPB/SBEA, 1997, 363-383p.
- FAO. Global network on integrated soil management for sustainable use of salt-affected soils. 2000. Disponível em: <http://www.fao.org/ag/AGL/agll/spush/intro.html> Acesso em 20 de outubro de 2005.
- FERNANDES, A. R.; CARVALHO, J. G.; CURI, N.; PINTO, J. E. B. P.; GUIMARÃES, P. T. G. Nutrição mineral de mudas de pupunheira sob diferentes

- níveis de salinidade. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 37(11): 1613-1619, 2002.
- FRIAS, I.; CALDEIRA, M.T.; PEREZ, C.J.R.; NAVARRO, A.J.P.; CULIANEZ, M.F.A.; KUPPINGER, O.; STRANSKY, H.; PAGES, M.; HAGER, A.; SERRANO, R. A major isoform of the maize plasma membrane H⁺-ATPase: characterization and induction by auxin in coleoptiles. *Plant Cell*, 8(9): 1533-1544, 1996.
- GAINES, T.P.; PARKER, M.B.; GASCHO, G.J. Automated determination of chlorides in soil and plant tissue by sodium nitrate. *Agronomy Journal*, 76:371-374, 1984.
- GARCIA, A.B.; ENGLER, J.A.; IYER, S.; GERAT, S.T.; MONTAGU, M.V. and CAPLAN, A.B. Effects of osmoprotectants upon NaCl stress in rice. *Plant Physiology*, 15:159-169, 1997.
- GAUR, A.; ADHOLEYA, A. Arbuscular-mycorrhizal inoculation of five tropical fodder crops and inoculum production in marginal soil amended with organic matter. *Biology and Fertility of Soils*, 35(3): 214-218, 2002.
- GRATTAN, S.R.; GRIEVE, C.M. Salinity-mineral nutrient relations in horticultural crops. *Scientia Horticulturae*, 78:127-157, 1999.
- GRATTAN, S.R.; GRIEVE, C.M. Mineral nutrient acquisition and response by plants grown in saline environments. In: Pessaraki, M. (Ed.), *Handbook of Plant and Crop Stress*. Marcel Dekker, New York, 1994, 203-226p.
- GERDEMANN, J.W. Vesicular-arbuscular. In: TORREY, J.G.; CRARKSON, D.T. (Ed.). *The development and functions of roots*. London, Academic Press, 1975, 575-591p.
- GERDEMANN, J.N.; NICHOLSON, T.H. Spores of mycorrhizal endogene species extracted from soil by wet sieving and decanting. *Transactions of the British Mycological Society*, London, 46:235-244, 1963.
- GHEYI, H. R. Problemas de salinidade na agricultura irrigada. In: Oliveira, T.; Assis Junior, R.N., Romero, R.E.; Silva, J. R. C. (eds), *Agricultura, Sustentabilidade e o Semi-Árido*. Fortaleza: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000, 329-345p.

- GIOVANETTI, M.; MOSSE, B. An evaluation of techniques for measuring vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi infection in roots. *New Phytologist*, 84(3): 489-500, 1980.
- GIRI, B. & MUKERJI, K. G. Mycorrhizal inoculant alleviates salt stress in *Sesbania aegyptiaca* and *Sesbania grandiflora* under field conditions: evidence for reduced sodium and improved magnesium uptake. *Mycorrhiza*, 14:307-312, 2004.
- GIRI, B.; KAPOOR, R.; MUKERJI, K. G. Influence of arbuscular mycorrhizal fungi and salinity on growth, biomass, and mineral nutrition of *Acacia auriculiformis*. *Biology and Fertility of Soils*, 38:170–175, 2003.
- GOSLING, P, HODGE, A.; GOODLASS, G.; BENDING, G.D. Arbuscular mycorrhizal fungi and organic farming. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 113:17–35, 2006.
- GREENWAY, H.; MUNNS, R. Mechanisms of salt tolerance in non-halophytes. *Annual Review of Plant Physiology*, 31:149-190, 1980.
- GRYNDLER, M.; HRSELOVÁ, H.; SUDOVÁ, R.; GRYNDLEROVÁ, H.; REZÁCOVÁ, V.; MERHAUTOVÁ, V. Hyphal growth and mycorrhiza formation by the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus claroideum* BEG 23 is stimulated by humic substances. *Mycorrhiza*, 15:483-488, 2005.
- GUIMARAES, F.V.A. Respostas fisiológicas e bioquímicas em plantas de feijão-de-corda cv Pitiúba submetidas ao estresse com NaCl em diferentes concentrações de CaCl₂ e CaSO₄. Tese (Doutorado em Bioquímica e Biologia Molecular) – Universidade Federal do Ceará, 2005, 176p.
- GUPTA, R.K.; ABROL, I.P. Reclamation and management of alkali soils. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 60:1-16, 1990.
- HASEGAWA, P.M.; BRESSAN, R.D. and HANDA, A.K. Cellular mechanism of salinity tolerance. *HortScience*, 21:1317-1324, 1986.
- HATIMI, A. Effect of salinity on the association between root symbionts and *Acacia cyanophylla* Lind.: growth and nutrition. *Plant and Soil*, 216:93–101, 1999.
- HIRRELL M.C. The effect of sodium and chloride salts on the germination of *Gigaspora margarita*. *Mycologia*, 73:610–617, 1981.

- HOLANDA, J. S. & AMORIM, J. R. A. Qualidade da água para a irrigação. In: GHEYI, H. R., QUEIROZ, J. E., MEDEIROS, J. F. (eds.) Simpósio “manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada”. Campina Grande, UFPB, 1997, 137-169p.
- INVAM. International culture collection of (vesicular) arbuscular mycorrhizal fungi. Disponível em: <<http://invam.caf.wvu.edu>> Acesso em 10 de Março de 2006.
- JAIN, S.; NAINAWATEE, H.S.; JAIN, R.K. and CHOWDHURY, J. B. Proline status of genetically stable salt-tolerant Brassica juncea somaclones and their parent cv. Prakash. Plant Cell Reports, 9:684-687, 1991.
- JANOS, D.P. Mycorrhiza applications in tropical forestry are temperate-zone approaches appropriate In: NG, F.S.P. (Ed.). Trees and mycorrhiza. Kuala Lumpur: Forest Research Institute, 1988,133-188p.
- JARSTFER, A.G.; FARMER-KOPPENOL, P.; SYLVIA, D.M. Tissue magnesium and calcium affect arbuscular mycorrhizal development and fungal reproduction. Mycorrhiza, 7:237–242, 1998.
- KEREPESI, I., GALIBA, G. Osmotic and salt stress-induced alteration in soluble carbohydrate content in wheat seedlings. Crop Science, 40:482-487, 2000.
- KOIDE, R. T. Nutrient supply, nutrient demand and plant response to mycorrhizal infection. New Phytologist, Cambridge, Inglaterra, 117(3):365-386, 1991.
- KUZNETSOV, V.V. and SHEVYAKOVA, N.I. Stress response of tobacco cells to high temperature and salinity. Proline accumulation and phosphorylation of polypeptides. Physiologia Plantarum, 100:320-326, 1997.
- LACERDA, C.F., CAMBRAIA, J., CANO, M.A.O., RUIZ, H.A. Plant growth and solute accumulation and distribution in two sorghum genotypes, under NaCl stress. Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal, 13:270-284. 2001.
- LACERDA, C.F. Crescimento e acúmulo de solutos orgânicos e inorgânicos em dois genótipos de sorgo forrageiro submetidos a estresse salino. Tese (Doutorado em Fisiologia Vegetal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2000, 163p,
- LACERDA, C.F. Efeitos da salinidade no desenvolvimento e composição mineral do feijão-de-corda (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) e utilização do CA^{2+} como meio

para minorar tais efeitos. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1995, 87p.

- LINDERMAN, R. G.; DAVIS, E. A. Vesicular-arbuscular mycorrhiza and plant growth response to soil amendment with composted grape pomace or its water extract. *Horttechnology*, 11(3): 446-450, 2001.
- LORENZI, H. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 3.ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2000, 351p.
- MAAS, E. V.; HOFFMAN, G. H. Crop salt tolerance – Current assessment. *Journal of the Irrigation and Drainage Division, American Society of Civil Engineers*, Reston, 103: 115-134, 1977.
- MAAS, E.V. Salt tolerance of plants. *App Agric. Res*, 1:12-26, 1986.
- MAIA, G.N. Caatinga: árvores e arbustos e suas utilidades. 1ed. São Paulo: D&Z Computação gráfica e editora, 2004, 413p.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2ª ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997, 319 p.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. Piracicaba, Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fósforo, 1989, 201p.
- MAYER, A.M. & POLJAKOFF-MAYBER, A. The germination of seeds. 4.ed. Great Britain: Pergamon Press, 1989, 270p.
- MENDES FILHO, P. F. Potencial de reabilitação do solo de uma área degradada, através da revegetação e do manejo microbiano. Piracicaba, Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 2004, 121p.
- MIRANDA, J. C. C.; MIRANDA, L. N. Seleção e recomendação de uso de espécies de fungos micorrízicos arbusculares. Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC, Comunicado Técnico, 52, 2001, 3 p.
- MIRANDA, J. R. P.; CARVALHO, J. G.; SANTOS, D.R.; FREIRE, A. L. O.; BERTONI, J. C.; MELO, J. R. M.; CALDAS, A. L. Silício e cloreto de sódio na nutrição mineral e produção de matéria seca de plantas de Moringa (*Moringa*

- oleifera* Lam.). Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, 26(4): 957-965, 2002.
- MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. Microbiologia e bioquímica do solo. Lavras, UFLA, 2002, 626p.
- MOREIRA-SOUZA, M.; CARDOSO, E.J.B.N. Dependência micorrizica em *Araucária angustifolia* (Bert.) O. Ktze. sob doses de fósforo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 26(4): 905-912, 2002.
- MORTON, J.B. & BENNY, G.L. Revised classification of arbuscular mycorrhizal fungi (Zygomycetos; New order, glomales, two new suborders, Glominae and Gigasporinae, and two new families, Acaulosporaceae and Gigasporaceae, with an emendation of Glomaceae). Mycotaxon, 82(2): 192-207, 1990.
- MORTON, J.B. & REDECKER, D. Two new families of Glomales, Archaeosporaceae and Paraglomaceae, with two new genera *Archaeospora* and *Paraglomus*, based on concordant molecular and morphological characters. Mycologia, 91(1): 181-195, 2001.
- MOSSE, B. Role of mycorrhizal in legume nutrition. In: EXPLOITING THE LEGUME-RHIZOBIUM SYMBIOSIS IN TROPICAL AGRICULTURE, Vicent, J.M. Whitney, A.S., Bose, J. (eds.) Univ. Hawaii coll. Trop. gric. Misc. Publ. 145:275-292, 1976.
- MOYA, J. L., PRIMO-MILLO, E., TALON, M. Morphological factors determining salt tolerance in citrus seedlings: the shoot to root ratio modulates passive root uptake of chloride ions and their accumulation in leaves. Plant, Cell and Environment, 22:1425-1433, 1999.
- MUNNS, R. Comparative physiology of salt and water stress. Plant and Cell Environment, 25:239-250, 2002.
- PARIDA, A. K.; DAS, A. B.; DAS, P. NaCl stress causes changes in photosynthetic pigments, proteins and other metabolic components in the leaves of a true mangrove, *Bruguiera parviflora*, in hydroponic cultures. Journal of Plant Biology, 45:28-36, 2002.
- PARIDA, A.K.; DAS, A.B. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. Ecotoxicology and Environmental Safety, v. 60, p.324-349, 2005.

- PEREIRA, S. V.; MARTINEZ, C. R.; PORTO, E. R.; OLIVEIRA B. R. B.; MAIA L.C. Atividade microbiana em solo do Semi-Árido sob cultivo de *Atriplex nummularia*. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, 39(8): 757-762, 2004.
- PFLEGER, F.L.; STEWART, E.L.; NOYD, R.K. Role of VAM fungi in mine land revegetation. In: PFLEGER, F.L.; LINDERMAN, R.G. (Ed.). Mycorrhizae and plant growth. St. Paul: APS Press, 1994, 47-81p.
- PHILLIPS, J.M.; HAYMAN, A.S. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for assessment of infection. Transactions of the British Mycological Society, 55:158-161, 1970.
- PLENCHETTE, C.; FORTIN, J.A.; FURLAN, V. Growth responses of several plant species to mycorrhizae in a soil of moderate P-fertility. Plant and Soil, 70(2):199-209, 1983.
- RABIE, G.H. Influence of arbuscular mycorrhizal fungi and kinetin on the response of mungbean plants to irrigation with seawater. Mycorrhiza, 15:225-230, 2005.
- RAMOLIYA, S.; PATEL, H.; PANDEY, A.N. Effect of salinization of soil on growth and macro- and micro-nutrient accumulation in seedlings of *Savadora persica* (Salvadoraceae). Forest Ecology and Management, 202:181-193, 2004.
- RIBASKI, J.; LIMA, P.C.F.; OLIVEIRA, V.R.; DRUMOND, M.A. Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia*) Árvore de Múltiplo uso no Brasil. Embrapa Florestas, Comunicado Técnico, 2003, 4p.
- RICHARDS, L. A. (ed), Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Washington, United States Department of Agriculture, (USDA Handbook 60), 1954, 160 p.
- RILIG, M. C.; RAMSEY, P. W.; MORRIS, S.; PAUL, E. A. Glomalin, an arbuscular-mycorrhizal fungal soil protein, responds to land-use change. Plant and Soil, 253(2): 293-299, 2003.
- RILIG, M. C.; WRIGHT, S. F.; EVINER, V. The role of arbuscular mycorrhizal fungi and glomalin in soil aggregation: comparing effects of five plant species. Plant and Soil, 238(2): 325-333, 2002.
- RHOADES, J.P.; KANDIAH, A. & MASHALI, A.M. The use saline waters for crop production. Roma: FAO, (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 48), 1992, 133p.

- RUIZ-LOZANO J.M, AZCÓN R. Symbiotic efficiency and infectivity of an autochthonous arbuscular mycorrhizal *Glomus* sp. from saline soils and *Glomus deserticola* under salinity. *Mycorrhiza*, 10:137–143, 2000.
- RUIZ-LOZANO J.M, AZCÓN R, GÓMEZ M. Alleviation of salt stress by arbuscular-mycorrhizal *Glomus* species in *Lactuca sativa* plants. *Physiology Plantarum*, 98:767–772, 1996.
- SAS INSTITUTE. SAS/STAT: users guide, release 6.03. SAS Institute Inc., Cary, 1988.
- SECKLER, D.; AMARASINGHE, U; MOLDEM, D.; SILVA, R. & BAKER, R. World water demand and supply, 1990 to 2025: Scenarios and Issues. Research Report 19, International Water Management Institute, 1998, 41p.
- SILVA, J. V. Resposta fisiológicas de dois genótipos de sorgo-forrageiro submetidos à salinidade. Tese Dissertação (Doutorado em Bioquímica) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2003. 103p.
- SILVA, M.J.da; SOUZA, J.G.; BARREIRO NETO, M. & SILVA, J.V.da - Seleção de três cultivares de algodoeiro para tolerância à germinação em condições salinas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília. 27(4): 655-659. 1992.
- SMIHT, S.E. & READ, D.J. Mycorrhizal symbiosis. San Diego, Academic Press 1997, 605 p.
- STAMFORD, N.P. & SILVA, R.A. Efeito da calagem e inoculação de sabiá em solo da mata úmida e do semi-árido de Pernambuco. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 35(5): 1037-1045, 2000.
- STOREY, R.; GORHAM, J.; PITMAN, M.G.; HANSON, A.D. and CAGE, D. Response of *Melanthera biflora* to salinity and water stress. *Journal of Experimental Botany*, 44:1551- 1560. 1993.
- STROGONOV, B.P. Physiological basis of salt tolerance of plants. Jerusalem, Israel Program for Scientific Translations, 1964, 279p.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia vegetal*. 3^a ed. Porto Alegre: Artmed, 2004, 719p.

- TALEISNIK, E., GRUNBERG, K. Ion balance in tomato cultivars differing in salt tolerance. I. Sodium and potassium accumulation and fluxes under moderate salinity. *Physiology Plant*, 92:528-534, 1994.
- TEJERA, N.A.; CAMPOS, R.; SANJUAN, J.; LLUCH, C. Nitrogenase and antioxidant enzyme activities in *Phaseolus vulgaris* nodules formed by *Rhizobium tropici* isogenic strains with varying tolerance to salt stress. *Journal of Plant Physiology*, 161:329–338, 2004.
- TRINDADE, A. V.; SIQUEIRA, J. O. ALMEIDA, F. P. Dependência micorrízica de variedades comerciais de mamoeiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira.*, 36(12): 1485-1494, 2001.
- ULLAH, S.M.; SOJA, G.; GERZABEK, M.H. Ion uptake, osmoregulation and plant-water relations in faba beans (*Vicia faba* L.) under salt stress. *Die Bodenkultur*, Viena, 44: 291-301, 1993.
- VIERHEILIG, H.; COUGHLAN, A. P.; WYSS, U.; PICHÉ, Y. Ink and vinegar, a simple technique for arbuscular mycorrhizal fungi. *Applied and Environmental Microbiology*, 64(12): 5004-5007, 1998.
- WANG, FA-YUAN.; LIU, RUN-JIN.; LIN, XIAN-GUI.; ZHOU , JIAN-MIN. Arbuscular mycorrhizal status of wild plants in saline-alkaline soils of the Yellow River Delta. *Mycorrhiza*, 14:133–137, 2004.
- WRIGTH, S. Alguns dados da física e da química das águas dos açudes nordestinos. *Boletim Técnico/DNOCS*, Fortaleza, 39(3): 21-31, 1981.
- WORLD BANK/UNDP, Irrigation and drainage research. Washington DC, World Bank/UNDP, 1990, 19p.
- XIAO-LIN, L.; ECKHARD, G.; MARSCHNER, H. Phosphorus depletion and pH decrease at the root-soil and hyphae-soil interfaces of VA mycorrhizal white clover fertilized with ammonium. *New Phytologist*, 119(3): 397-404, 1991.
- YAHYA, A. Salinity effects on growth and on uptake and distribution of sodium and some essential mineral nutrients in sesame. *Journal of Plant Nutrition*, New York, 21(7): 1439-1451, 1998.

- YANO-MELO, A.M.; SAGGIN, O. J. J.; MAIA, L.C. Tolerance of mycorrhized banana (*Musa* sp. cv. Pacovan) plantlets to saline stress. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 95:343–348, 2003a.
- YANO-MELO, A.M.; TRUFEM, S.F.B.; MAIA, L.C. Arbuscular mycorrhizal fungi in salinized and surrounded areas at the São Francisco Submedium Valley, Brazil. *Hoehneo*, 30(2): 79-87, 2003b.
- YANO-MELO, A.; SAGGIN, O.; MAIA, L. Tolerance of mycorrhizal banana (*Musa* sp. Cv. Pacovan) plantlets to saline stress. *Agric Ecosyst Environ*, 1967:1–6, 2002.
- YEO, A. Predicting the interaction between the effects of salinity and climate change on crop plants. *Scientia Horticulturae*, 78:159-174,1999.

ANEXOS

Anexo 1. Análise de variância referente a matéria seca das raízes (MSR), matéria seca dos nódulos (MSN), colonização micorrízica (CM), pH do solo, nitrogênio da raiz (N_r), fósforo da raiz (P_r), potássio da raiz (K_r^+), cálcio da raiz (Ca_r^{2+}), magnésio da raiz (Mg_r^{2+}), sódio da raiz (Na_r^+) e cloro da raiz (Cl_r) na *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.

F.V	MSR	MSN	CM	pH	N_r	P_r	K_r^+	Ca_r^{2+}	Mg_r^{2+}	Na_r^+	Cl_r
MIC	<.0001**	<.0001**	<.0001**	<.0001**	0.0089 **	<.0001**	0.0051**	<.0001**	<.0001**	<.0001**	0.2695 ^{ns}
MO	<.0001**	<.0001**	0.0030 **	0.6044 ^{ns}	0.4330 ^{ns}	<.0001**	<.0001**	<.0001**	<.0001**	<.0001**	<.0001**
EST	<.0001**	<.0001**	<.0001**	0.0035 **	0.4332 ^{ns}	0.0008 **	0.0405 *	0.0017 **	<.0001**	<.0001**	<.0001**
MIC x MO	<.0001**	<.0001**	0.0030 **	0.0291*	0.0494 *	<.0001**	0.3376 ^{ns}	<.0001**	<.0001**	<.0001**	0.0074**
MO x EST	0.2194 ^{ns}	<.0001**	<.0001**	0.0600 ^{ns}	0.1229 ^{ns}	0.0428 *	0.0071**	<.0001**	<.0001**	<.0001**	0.0002**
MIC x EST	0.2875 ^{ns}	<.0001**	<.0001**	0.0043 **	0.0672 ^{ns}	<.0001**	<.0001**	<.0001**	<.0001**	<.0001**	<.0001**
MIC x MO x EST	0.0584 ^{ns}	0.0117 *	<.0001**	0.1107 ^{ns}	0.0773 ^{ns}	0.0440 *	0.0028 **	<.0001**	<.0001**	0.0015 **	0.3809 ^{ns}
CV %	18,0	17,0	14,2	1,3	7,4	9,4	11,7	8,4	9,3	10,2	12,7

F.V - fonte de variação

* significativo a 5 % pelo teste F

** significativo a 1 % pelo teste F

^{ns} não Significativo

CV - Coeficiente de variação

MIC - inoculado com FMA

EST- estresse salino

MO- matéria orgânica

Anexo 2. Análise de variância referente a matéria seca do caule (PSC), nitrogênio do caule(N_c), fósforo do caule (P_c), potássio do caule (K⁺_c), cálcio do caule (Ca²⁺_c), magnésio do caule (Mg²⁺_c), sódio do caule (Na⁺_c) e cloro do caule (Cl_c) na *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.

F.V	MSC	N _c	P _c	K ⁺ _c	Ca ²⁺ _c	Mg ²⁺ _c	Na ⁺ _c	Cl _c
MIC	<.0001**	0.1911 ^{ns}	<.0001**	<.0001**	<.0001**	<.0001**	0.2590 ^{ns}	<.0001**
MO	<.0001**	0.0016**	<.0001**	<.0001**	<.0001**	<.0001**	0.0060**	0.6190 ^{ns}
EST	0.0002**	<.0001**	0.0002**	0.3448 ^{ns}	<.0001**	<.0001**	<.0001**	<.0001**
MIC X MO	<.0001**	0.0006**	0.5311 ^{ns}	0.4110 ^{ns}	<.0001**	<.0001**	0.0615 ^{ns}	0.0390*
MO X EST	0.8314 ^{ns}	0.1133 ^{ns}	<.0001**	0.0382*	<.0001**	<.0001**	<.0001**	<.0001**
MIC X EST	0.9022 ^{ns}	0.0826 ^{ns}	0.0046**	0.0216*	<.0001**	<.0001**	<.0001**	0.0026**
MIC X MO X EST	0.1753 ^{ns}	0.2891 ^{ns}	0.0020**	0.0012**	<.0001**	<.0001**	0.0284*	0.0038**
CV %	18,5	8,1	11,4	7,9	7,4	12,2	16,8	10,1

F.V - fonte de variação

* significativo a 5 % pelo teste F

** significativo a 1 % pelo teste F

^{ns} não Significativo

CV - Coeficiente de variação

MIC - inoculado com FMA

EST- estresse salino

MO- matéria orgânica

Anexo 3. Análise de variância referente à matéria seca das folhas (MSF), altura das plantas aos 15 dias, após o início do tratamento salino (15 DATS), altura das plantas aos 25 dias, após o início do tratamento salino (25 DATS), altura das plantas aos 35, após o início do tratamento salino (35 DATS), relação raiz/parte aérea (R/PA) na *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.

F.V	MSF	ALT1	ALT2	ALT3	R/PA
MIC	<.0001**	<.0001**	<.0001**	<.0001**	0.1988 ^{ns}
MO	<.0001**	<.0001**	<.0001**	<.0001**	0.2264 ^{ns}
EST	0.0004 **	<.0001**	<.0001**	<.0001**	0.0031**
MIC x MO	<.0001**	<.0001**	<.0001**	<.0001**	0.8476 ^{ns}
MO x EST	0.5089 ^{ns}	0.0015 **	0.0079 **	<.0001**	0.1424 ^{ns}
MIC x EST	0.3907 ^{ns}	0.0719 ^{ns}	0.0715 ^{ns}	0.0013 **	0.8704 ^{ns}
MIC x MO x EST	0.4629 ^{ns}	0.0849 ^{ns}	0.2252 ^{ns}	0.0337 *	0.0961 ^{ns}
CV %	15,3	6,1	6,7	6,0	19,0

F.V -fonte de variação

* significativo a 5 % pelo teste F

** significativo a 1 % pelo teste F

^{ns} não Significativo

CV - Coeficiente de variação

MIC - inoculado com FMA

EST- estresse salino

MO- matéria orgânica

Anexo 4. Análise de variância referente ao nitrogênio das folhas (N_f), fósforo das folhas (P_f), potássio das folhas (K_f^+), cálcio das folhas (Ca^{2+}_f), magnésio das folhas (Mg^{2+}_f), sódio das folhas (Na^+), cloro das folhas (Cl_f) e na relação sódio/potássio (Na^+/K^+) na *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.

F.V	N_f	P_f	K_f^+	Ca^{2+}_f	Mg^{2+}_f	Na^+	Cl_f	Na^+/K^+
MIC	0.1262 ^{ns}	<.0001**	0.0051**	0.0082 **	<.0001**	<.0001**	<.0001**	0.0106 *
MO	0.9380 ^{ns}	<.0001**	0.0014 **	0.0645 ^{ns}	0.1151 ^{ns}	<.0001**	0.5963 ^{ns}	0.0166 *
EST	0.0566 ^{ns}	0.0060 **	<.0001 **	<.0001**	<.0001 **	<.0001**	<.0001**	<.0001**
MIC x MO	<.0001**	0.1169 ^{ns}	0.0035 **	<.0001**	0.0041 **	<.0001**	<.0001**	0.0715 ^{ns}
MO x EST	0.0174 *	0.0072 **	<.0001**	<.0001**	<.0001**	<.0001**	<.0001**	<.0001**
MIC x EST	<.0001**	0.3707 ^{ns}	<.0001**	<.0001**	<.0001**	<.0001**	<.0001**	<.0001**
MIC x MO x EST	0.1262 ^{ns}	<.0001	0.0051**	0.0082 **	<.0001**	<.0001**	<.0001**	0.0535 ^{ns}
CV %	5,4	9,0	6,7	7,9	9,0	20,0	8,5	12,7

F.V - fonte de variação

* significativo a 5 % pelo teste F

** significativo a 1 % pelo teste F

^{ns} não Significativo

CV - Coeficiente de variação

MIC - inoculado com FMA

EST- estresse salino

MO- matéria orgânica