



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA
DOUTORADO EM AGRONOMIA - FITOTECNIA

FRANCISCO DE SALES OLIVEIRA FILHO

**CRESCIMENTO INICIAL DE MAMOEIRO MICORRIZADO E IRRIGADO COM
ÁGUAS DE DIFERENTES SALINIDADES**

MOSSORÓ - RN

2019

FRANCISCO DE SALES OLIVEIRA FILHO

**CRESCIMENTO INICIAL DE MAMOEIRO MICORRIZADO E IRRIGADO COM
ÁGUAS DE DIFERENTES SALINIDADES**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Doutor em Agronomia - Fitotecnia.

Linha de Pesquisa: Práticas Culturais

Orientador: Prof. Dr. José Francismar de Medeiros

MOSSORÓ - RN

2019

©Todos os direitos estão reservados à Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996, e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata, exceto as pesquisas que estejam vinculadas ao processo de patenteamento. Esta investigação será base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) seja devidamente citado e mencionado os seus créditos bibliográficos.

048c Oliveira Filho, Francisco de Sales.
Crescimento inicial de mamoeiro micorrizado e irrigado com águas de diferentes salinidades / Francisco de Sales Oliveira Filho. - 2019.
96 f. : il.

Orientador: José Francismar Medeiros.
Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, 2019.

1. Carica papaia L.. 2. salinidade. 3. fungos micorrízicos arbusculares. 4. endomicorrizas. I. Medeiros, José Francismar, orient. II. Título.

FRANCISCO DE SALES OLIVEIRA FILHO


**CRESCIMENTO INICIAL DE MAMOEIRO MICORRIZADO E IRRIGADO COM
ÁGUAS DE DIFERENTES SALINIDADES**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Doutor em Agronomia - Fitotecnia.

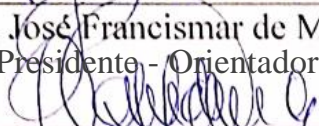
Linha de Pesquisa: Práticas Culturais

Defendida em: 30 / 08 / 2019.


BANCA EXAMINADORA



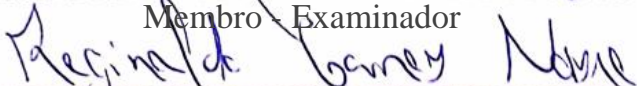
Prof. Dr. José Francismar de Medeiros
Presidente - Orientador



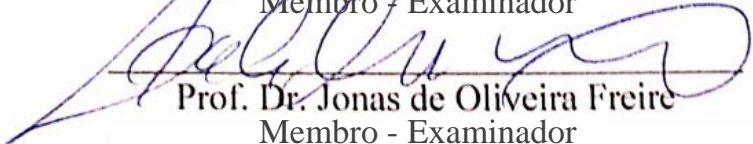
Prof. Dr. Vander Mendonça
Membro - Examinador



Prof. Dr. Francisco Hevilásio Freire Pereira
Membro - Examinador



Prof. Dr. Reginaldo Gomes Nobre
Membro - Examinador



Prof. Dr. Jonas de Oliveira Freire
Membro - Examinador

*Aos Meus avós por todo amor e ensinamentos,
pelo carinho incondicional e por ter me
mostrado o quanto é importante valorizarmos a
família e a vida. **Dedico.***

*Aos meus pais, irmãos, filhos e esposa.
Ofereço.*

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me concedido a dádiva da vida e por me guiar pelo caminho do bem, da humildade e da solidariedade para com os irmãos e por permitir este acontecimento.

Ao meu pai Francisco de Sales Oliveira por todos os ensinamentos ao longo da minha vida, por todo o amor dedicado a mim e aos meus irmãos e por ter me mostrado que nada que se deseje é impossível desde que se acredite e que lute para conquistar, sempre com honestidade e humildade.

A minha mãe Aldenora Gomes de Oliveira, sem a qual eu não tinha chegado até aqui, pois toda a minha vida e minhas singelas conquistas só foram possíveis por conta dela, que dedica toda a sua vida para servir e permitir que os seus filhos e netos tenham liberdade para serem o que desejarem.

Aos meus irmãos Débora, Dimas, Dolyman e Marcionila por estarem sempre ao meu lado, me incentivando e me dando forças para prosseguir nesta minha trajetória.

Ao meu Orientador José Francismar de Medeiros por ter aceitado o nosso convite, por acreditar ser possível esse momento, por todo o conhecimento repassado e pelas orientações para construção do presente trabalho.

Ao Professor Francisco Hevilásio Freire Pereira por sempre acreditar em nosso potencial, pelas oportunidades concedidas desde a época do mestrado, quando foi o nosso orientador, pelos valiosíssimos ensinamentos e por colaborar com a construção dessa tese.

Aos integrantes da banca examinadora: Francisco Hevilásio Freire Pereira, Vander Mendonça, Reginaldo Gomes Nobre e Jonas Oliveira Freire.

Ao IFPB, campus Sousa, pela oportunidade de concluirmos o nosso doutorado.

Aos Tecnólogos em Agroecologia Carlos Alberto Lins Cassimiro e Francisco Guimarães Lopes pela contribuição na condução da pesquisa.

A todos aqueles que de alguma forma, direta ou indiretamente contribuíram para minha formação, bem como para a construção deste trabalho.

O papel dos infinitamente pequenos na natureza
é infinitamente grande.

Louis Pasteur

RESUMO

OLIVEIRA FILHO, Francisco de Sales. **Crescimento inicial de mamoeiro micorrizado e irrigado com águas de diferentes salinidades**. 2019. 96f. Tese (Doutorado em Agronomia: Fitotecnia) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró - RN, 2019.

A irrigação de mudas de espécies frutíferas com água de baixa qualidade, sobretudo com elevados teores de sais, é uma realidade entre os produtores de mudas do semiárido brasileiro, sendo esta uma condição que pode impactar negativamente na qualidade das plantas em sua fase inicial de crescimento, fazendo-se necessário lançar mão de estratégias que viabilizem o uso destas águas sem, contudo comprometer a qualidade das mudas. Neste sentido, o objetivo do presente estudo foi avaliar o efeito da micorrização na morfofisiologia de mudas de mamoeiro (*Carica papaya* L.) do Grupo Formosa, Híbrido Tainung N° 1, submetidas à irrigação com águas salinas. A pesquisa foi conduzida no viveiro de produção de mudas do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, IFPB, Campus Sousa, no período de março a dezembro de 2018. O delineamento experimental utilizado foi em blocos completos casualizados, em arranjo fatorial 4 x 5, referente às espécies de fungos *Gigaspora candida*, *Acaulospora scrobiculata*, *Dentiscutata heterogama* e sem micorrizas e aos níveis de salinidade em água, 0,0; 10,0; 20,0; 30,0 e 40,0 mmolc L⁻¹, em quatro repetições. Os inóculos de fungos micorrízicos foram provenientes da coleção de culturas da Embrapa Agrobiologia, Seropédica-RJ. A inoculação se deu no momento da semeadura, utilizando uma mistura de solo contendo esporos, hifas e raízes colonizadas, com os fungos das espécies micorrízicas estudadas. As irrigações, com águas de distintas salinidades, foram realizadas diariamente, de modo a deixar o solo com a umidade próxima à capacidade máxima de retenção, com base no método das pesagens, sendo aplicada a fração de lixiviação de 20%, semanalmente. As características avaliadas foram: percentagem de colonização micorrízica, conteúdo relativo de água, déficit de saturação hídrica, dano de membrana, pigmentos fotossintéticos, área foliar, índices fisiológicos, biometria, acúmulo de massa de matéria seca na raiz, caule, folha e total, acúmulo dos macronutrientes nitrogênio, fósforo, potássio e cálcio e dos íons sódio e cloreto, no tecido foliar. Maior percentagem de colonização micorrízica foi evidenciada pelas espécies *Dentiscutata heterogama* e *Gigaspora candida*, independentemente da concentração de sal. Porém, evidenciou-se que a taxa de infecção micorrízica diminuiu com o incremento da salinidade. Melhorias no conteúdo relativo de água, concentração de pigmentos fotossintéticos, índices fisiológicos, acúmulo de biomassa, crescimento, concentração e acúmulo de nutrientes foram evidenciados em mudas de mamoeiro micorrizadas para todas as concentrações de sais. No geral, o uso das micorrizas proporcionaram mudas de mamoeiro de qualidade superior as não micorrizadas independentemente do nível salino da água, sendo as espécies *Dentiscutata heterogama* e *Gigaspora candida* recomendadas, devido o alívio significativo ao efeito deletério da salinidade nos componentes morfofisiológicos das mudas de mamoeiro.

Palavras-chave: *Carica papaya* L., salinidade, fungos micorrízicos arbusculares, endomicorrizas.

ABSTRACT

OLIVEIRA FILHO, Francisco de Sales. **Initial growth of mycorrhized papaya and irrigated with waters of different salinity**. 2019. 96f. Thesis (Doctorate in Agronomy: Plant Science) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró - RN, 2019.

Irrigation of seedlings of fruit species with low quality water, especially with high salt content, is a reality among Brazilian semi-arid seedling producers, which is a condition that negatively impacts the quality of plants in their initial phase of growth. It is necessary to make use of strategies that enable the use of these waters without compromising the quality of the seedlings. In this sense, the objective of the present study was to evaluate the effect of mycorrhization on the morphophysiology of Papaya (*Carica papaya* L.) seedlings of the Formosa Group, Tainung 1 Hybrid, submitted to saline irrigation. The research was conducted at the seedling production nursery of the Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba - IFPB, Campus Sousa, from March to December 2018. The experimental design was a randomized complete block design, in a 4 x 5 factorial arrangement, referring to the species of fungi *Gigaspora candida*, *Acaulospora scrobiculata*, *Dentiscutata heterogama* and without mycorrhizas and, at water salinity levels, 0.0; 10.0; 20.0; 30.0 and 40.0 mmol_c L⁻¹, in four repetitions. The inoculum of mycorrhizal fungi came from the culture collection of Embrapa Agrobiologia, Seropédica-RJ. The inoculation occurred at sowing time, using a soil mixture containing spores, hyphae and colonized roots, with the fungi of the studied mycorrhizal species. Irrigations with saline water were performed daily to leave the soil with moisture close to the maximum retention capacity, based on the weighing method, and the weekly 20% leaching fraction was applied. The characteristics evaluated were: percentage of mycorrhizal colonization, relative water content, water saturation deficit, membrane damage, photosynthetic pigments, leaf area, physiological indexes, biometrics, dry matter mass accumulation in root, stem, leaf and total, accumulation of nitrogen, phosphorus, potassium and calcium macronutrients and sodium and chloride ions in leaf tissue. Higher percentage of mycorrhizal colonization was evidenced by *Dentiscutata heterogama* and *Gigaspora candida*, regardless of salt concentration. However, it was found that the rate of mycorrhizal infection decreased with increasing salinity. Improvements in relative water content, photosynthetic pigment concentration, physiological indices, biomass accumulation, growth, concentration and nutrient accumulation were evidenced in mycorrhized papaya seedlings for all salt concentrations. In general, the use of mycorrhizae provided higher quality non-mycorrhized papaya seedlings regardless of the saline water level. *Dentiscutata heterogama* and *Gigaspora candida* species were recommended because of the significant relief of the deleterious effect of salinity on the morphophysiological components of papaya seedlings.

Keywords: *Carica papaya* L., salinity, arbuscular mycorrhizal fungi, endomycorrhizae.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Croqui da área experimental com o detalhamento da distribuição dos tratamentos, no IFPB, Campus Sousa, unidade São Gonçalo, PB, UFERSA, 2019.....	35
Figura 2 - Preparo autoclavagem e enchimento dos vasos com um mix de solo e areia na proporção de 1:1 (v/v), para o estabelecimento de mudas de mamoeiro, UFERSA, 2019. Fonte: Arquivo pessoal.	35
Figura 3 - Pesagem dos insumos biológicos (A), inoculação e semeadura das sementes de mamoeiro em vasos de 3 dm ³ , UFERSA, 2019. Fonte: Arquivo pessoal.	37
Figura 4 - Recipientes utilizados no armazenamento das soluções estoques, referentes aos diferentes níveis de salinidade em água de irrigação, UFERSA, 2019. Fonte: Arquivo pessoal.	37
Figura 5 - Percentagem de colonização de três espécies de FMA's, em mudas de mamoeiro, aos 65 dias após a emergência (DAE), submetidas a concentrações de sais, na água de irrigação. Desdobramento da interação entre as micorrizas (GC – AS – DH), para cada nível de salinidade (A1) e entre os níveis de salinidade para cada FMA (A2), UFERSA, 2019.	43
Figura 6 - Conteúdo relativo de água (A) e déficit de saturação hídrica (B) em mudas de mamoeiro aos 65 DAE, micorrizadas e submetidas a concentrações de sais na água de irrigação. Desdobramento da interação entre as micorrizas, para cada nível de salinidade (A1 e B1) e entre os níveis de salinidade, para cada FMA (A2 e B2), UFERSA, 2019.	45
Figura 7 - Dano de membrana em células do tecido foliar (A) de mudas de mamoeiro aos 65 DAE, micorrizadas e submetidas a concentrações de sais na água de irrigação. Desdobramento da interação entre as micorriza, para cada nível de salinidade (A1) e entre os níveis de salinidade, para cada FMA (A2), UFERSA, 2019.	46
Figura 8 - Concentrações de clorofila a (A), clorofilas a + b (B) e carotenóides (C) em folhas de mudas de mamoeiro aos 65 DAE, micorrizadas e submetidas a concentrações de sais na água de irrigação. Desdobramento da interação entre as micorriza, para cada nível de salinidade (A1, B1, C1 e D1) e entre os níveis de salinidade (A2, B2, C2 e D2), para cada FMA, UFERSA, 2019.	49

Figura 9 - Área Foliar (A) de mudas de mamoeiro, 65 DAE, micorrizadas e submetidas a concentrações de sais, em água de irrigação. Desdobramento da interação entre as micorriza para cada nível de salinidade (A1) e entre os níveis de salinidade, para cada FMA (A2), UFERSA, 2019.....	52
Figura 10 - Área foliar específica (A) de mudas de mamoeiro, 65 DAE, micorrizadas e submetidas a concentrações de sais, em água de irrigação. Desdobramento da interação entre as micorriza para cada nível de salinidade (A1) e entre os níveis de salinidade, para cada FMA (A2), UFERSA, 2019.	53
Figura 11 - Razão de área foliar (A) e razão de peso foliar (B) de mudas de mamoeiro, 65 DAE, micorrizadas e submetidas a concentrações de sais, em água de irrigação. Desdobramento da interação entre as micorriza, para cada nível de salinidade (A1 e A2) e entre os níveis de salinidade, para cada FMA (B1 e B2), UFERSA, 2019.	55
Figura 12 - Taxa de crescimento absoluto (A) e taxa de crescimento relativo (B) de mudas de mamoeiro 65 DAE, micorrizadas e submetidas a concentrações de sais em água de irrigação. Desdobramento da interação entre as micorrizas, para cada nível de salinidade (A1 e B1) e entre os níveis de salinidade (A2 e B2), para cada FMA, UFERSA, 2019.....	56
Figura 13 – Índice de Qualidade de Dickson (A) de mudas de mamoeiro 65 DAE, micorrizadas e submetidas a concentrações de sais em água de irrigação. Desdobramento da interação entre as micorrizas, para cada nível de salinidade (A1) e entre os níveis de salinidade, para cada FMA (A2), UFERSA, 2019.	58
Figura 14 - Massa de matéria seca das folhas (A), caule (B), raiz (C) e total (D) de mudas de mamoeiro, 65 DAE, micorrizadas e submetidas a concentrações de sais, em água de irrigação. Desdobramento da interação entre as micorrizas, para cada nível de salinidade (A1, B1, C1 e D1) e entre os níveis de salinidade (A2, B2, C2 e D2), para cada FMA, UFERSA, 2019.	62
Figura 15 - Altura (A) e comprimento da raiz (B) de mudas de mamoeiro, 65 DAE, micorrizadas e submetidas a concentrações de sais, em água de irrigação. Desdobramento da interação entre as micorrizas, para cada nível de salinidade (A1 e B1) e entre os níveis de salinidade, para cada FMA (A2 e B2), UFERSA, 2019.	64
Figura 16 - Diâmetro do caule (A) e número de folhas (B) de mudas de mamoeiro, 65 DAE, micorrizadas e submetidas a concentrações de sais, em água de irrigação. Desdobramento da	

interação entre as micorrizas, para cada nível de salinidade (A1 e A2) e entre os níveis de salinidade, para cada FMA (B1 e B2), UFERSA, 2019.....	66
Figura 17 - Concentração (A) e acúmulo (B) de Nitrogênio total (N) em folhas de mudas de mamoeiro, 65 DAE, micorrizadas e submetidas a concentrações de sais, em água de irrigação. Desdobramento da interação entre as micorrizas para cada nível de salinidade (A1 e B1) e entre os níveis de salinidade (A2 e B2), para cada FMA, UFERSA, 2019.....	70
Figura 18 - Concentração (A) e acúmulo (B) de fósforo (P) em folhas de mudas de mamoeiro, 65 DAE, micorrizadas e submetidas a concentrações de sais, em água de irrigação. Desdobramento da interação entre as micorrizas para cada nível de salinidade (A1 e B1) e entre os níveis de salinidade (A2 e B2), para cada FMA, UFERSA, 2019.....	72
Figura 19 - Concentração (A) e acúmulo (B) de potássio (K) em folhas de mudas de mamoeiro, 65 DAE, micorrizadas e submetidas a concentrações de sais, em água de irrigação. Desdobramento da interação entre as micorrizas para cada nível de salinidade (A1 e B1) e entre os níveis de salinidade (A2 e B2), para cada FMA, UFERSA, 2019.....	74
Figura 20 - Concentração (A) e acúmulo (B) de sódio (Na) em folhas de mudas de mamoeiro, 65 DAE, micorrizadas e submetidas a concentrações de sais, em água de irrigação. Desdobramento da interação entre as micorrizas para cada nível de salinidade (A1 e B1) e entre os níveis de salinidade (A2 e B2), para cada FMA, UFERSA, 2019.....	76
Figura 21 - Relação entre concentrações de Potássio e Sódio (K/Na) em folhas de mudas de mamoeiro, 65 DAE, micorrizadas e submetidas a concentrações de sais, em água de irrigação. Desdobramento da interação entre as micorrizas, para cada nível de salinidade (A1) e entre os níveis de salinidade (A2), para cada FMA, UFERSA, 2019.....	78
Figura 22 - Concentração (A) e acúmulo (B) de Cloreto (Cl) em folhas de mudas de mamoeiro, 65 DAE, micorrizadas e submetidas a concentrações de sais, em água de irrigação. Desdobramento da interação entre as micorrizas para cada nível de salinidade (A1 e B1) e entre os níveis de salinidade (A2 e B2), para cada FMA, UFERSA, 2019.....	79

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Variações de temperatura e umidade relativa do ar no período de desenvolvimento da pesquisa, UFERSA, 2019.	34
---	----

LISTA DE MAPAS

Mapa 1 - Limites geográficos do município de Sousa, no alto sertão paraibano, local de desenvolvimento do estudo, UFERSA, 2019.	33
--	----

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 - Características físicas, químicas e de fertilidade da mistura de solo e areia, 1:1 (v/v), autoclavada, utilizada na produção de mudas de mamoeiro, Tainung N° 1, UFERSA, 2019.. 36
- Tabela 2 - Características físico-químicas das águas, referentes aos cinco níveis de salinidade, utilizadas na irrigação das mudas de mamoeiro Formosa, Tainung N° 1, UFERSA, 2019. 38
- Tabela 3 - Resumo da análise de variância para percentagem de colonização micorrízica (%CM), conteúdo relativo de água (CRA), déficit de saturação hídrica (DSH), dano de membrana (DM), Clorofila a (Clh a), clorofila a+b (Clh a+b) e Carotenóides (Carot.) em mudas de mamoeiro Formosa, Tainung N° 1, em função da micorrização e da água de irrigação com níveis de sais crescentes, obtidos aos 65 DAE, UFERSA, 2019..... 42
- Tabela 4 - Coeficiente de correlação linear de Pearson (r) entre as médias de percentagem de colonização micorrízica (%CM), conteúdo relativo de água (CRA), déficit de saturação hídrica (DSH), dano de membrana (DM), clorofila a (Clh a), clorofila a+b (Clh a+b) e carotenóides (Carot.) de mudas de mamoeiro Formosa, Tainung N°1, em função da micorrização e da água de irrigação com níveis de sais crescentes, obtidos aos 65 DAE, UFERSA, 2019..... 50
- Tabela 5 - Resumo da análise de variância para a área foliar (AF), área foliar específica (AFE), razão de área foliar (RAF), razão de peso foliar (RPF), taxa de crescimento absoluto (TCA), taxa de crescimento relativo (TCR) e índice de qualidade de Dickson (IQD) de mudas de mamoeiro Formosa, Tainung N° 1, em função da micorrização e da água de irrigação com níveis de sais crescentes, obtidos aos 65 DAE, UFERSA, 2019. 51
- Tabela 6 - Coeficiente de correlação simples de Pearson entre as médias de percentagem de colonização micorrízica (%CM), conteúdo relativo de água (CRA) para a área foliar (AF), área foliar específica (AFE), razão de área foliar (RAF), razão de peso foliar (RPF), taxa de crescimento absoluto (TCA), taxa de crescimento relativo (TCR) e índice de qualidade de Dickson (IQD) de mudas de mamoeiro Formosa, Tainung N° 1, em função da micorrização e da água de irrigação com níveis de sais crescentes, obtidos aos 65 DAE, UFERSA, 2019..... 59
- Tabela 7 - Resumo da análise de variância para massa de matéria seca da raiz (MMSR), massa de matéria seca do caule (MMSC), massa de matéria seca da folha (MMSF), massa de matéria seca total (MMST), altura da planta (ALT), comprimento da raiz (CR), diâmetro do caule (DC)

e número de folhas (NF) de mudas de mamoeiro Formosa, Tainung N° 1, em função da micorrização e da água de irrigação com níveis de sais crescentes, obtidos aos 65 DAE, UFERSA, 2019.....59

Tabela 8 - Coeficiente de correlação simples de Pearson entre as médias de percentagem de colonização micorrízica (%CM), massa de matéria seca da raiz (MMSR), massa de matéria seca do caule (MMSC), massa de matéria seca da folha (MMSF), massa de matéria seca total (MMST), altura da planta (ALT), comprimento da raiz (CR), diâmetro do caule (DC) e número de folhas (NF) de mudas de mamoeiro Formosa, Tainung N° 1, em função da micorrização e da água de irrigação com níveis de sais crescentes, obtidos aos 65 DAE, UFERSA, 2019..... 68

Tabela 9 - Resumo da análise de variância para concentração e acúmulo de Nitrogênio total (N), Fósforo (P), Potássio (K), Sódio (Na), relação entre Potássio e Sódio (K/Na) e cloro (Cl) no tecido foliar de mudas de mamoeiro Formosa, Tainung N° 1, em função da micorrização e da água de irrigação com níveis de sais crescentes, obtidos aos 65 DAE, UFERSA, 2019..... 69

Tabela 10 - Coeficiente de correlação simples de Pearson entre as médias de percentagem de colonização micorrízica (%CM), para a Concentração e acúmulo de Nitrogênio total (N), Potássio (K), Fósforo (P), Sódio (Na) e a relação entre K e Na (K/Na) em folhas de mudas de mamoeiro Formosa, Tainung N° 1, em função da micorrização e da água de irrigação com níveis de sais crescentes, obtidos aos 65 DAE, UFERSA, 2019. 81

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Bel	Bacharel
Dr	Doutor
Me	Mestre
FMA's	Fungos micorrízicos arbusculares
DH	<i>Dentiscutata heterogama</i>
GC	<i>Gisgaspora cândida</i>
AS	<i>Acaulospora scrobiculata</i>
DAE	Dias após a emergência
%CM	Porcentagem de colonização micorrízica
CRA	Conteúdo relativo de água
DSH	Déficit de saturação hídrica
DM	Dano de membrana
AF	Área foliar
AFE	Área foliar específica
RAF	Razão de área foliar
RPF	Razão de peso foliar
TCR	Taxa de crescimento relativo
TCA	Taxa de crescimento absoluto
MMSR	Massa de matéria seca da raiz
MMSF	Massa de matéria seca da folha
MMSC	Massa de matéria seca do caule
MMST	Massa de matéria seca total
ALT	Altura
DC	Diâmetro do caule
NF	Número de folhas
IQD	Índice de qualidade de Dickson
N	Nitrogênio
P	Fósforo
K	Potássio
Na	Sódio
Cl	Cloreto

LISTA DE SÍMBOLOS

@	Arroba
©	Copyright
®	Marca registrada
%	Porcentagem
\$	Cifrão
mm	Milímetro
cm	Centímetro
cm ²	Centímetro quadrado
m	Metro
m ²	Metro quadrado
m ³	Metro Cúbico
dm ³	Decímetro cúbico
g	Gramas
kg	Kilogramas
L	Litro
mmol _c	Milimol de carga

Sumário

1. INTRODUÇÃO.....	22
2. REFERÊNCIAL TEÓRICO.....	24
2.1 Generalidades dos fungos micorrízicos	24
2.2 Micorrização em frutíferas.....	27
2.3 Salinidade e fungos micorrízicos na agricultura.....	29
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	33
3.1 Localização, condições climáticas e delineamento experimental.....	33
3.2 Inoculação e plantio	35
3.3 Preparo das soluções estoques com diferentes níveis de sais	37
3.4 Variáveis analisadas.....	38
3.4.1 Percentagem de colonização micorrízica	38
3.4.2 Análises biométricas	38
3.4.3 Índices fisiológicos.....	39
3.4.4 Status hídrico vegetal	40
3.4.5 Análises bioquímicas.....	40
3.4.6 Concentração e acúmulo de minerais em tecido foliar	41
3.4.7 Análises estatísticas.....	41
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	42
4.1. Percentagem de colonização micorrízica.....	42
4.2. Conteúdo relativo de água e déficit de saturação hídrica	44
4.3. Dano de membrana em células dos tecidos foliares	46
4.4. Pigmentos fotossintéticos	47
4.5. Área foliar e área foliar específica	51
4.6. Razão de área foliar e razão de peso foliar	54
4.7. Taxa de crescimento absoluto (TCA) e relativo (TCR).....	55
4.8. Índice de qualidade de Dickson	57

4.9 Massa de matéria seca das folhas, caule, raiz e total	60
5.0 Variáveis de crescimento: Altura, comprimento da raiz, diâmetro do caule e número de folhas.....	63
5.1 Concentração e acúmulo de nutrientes no tecido foliar	68
5. CONCLUSÕES	82
6. REFERÊNCIAS	83

1. INTRODUÇÃO

O mamoeiro (*Carica papaya* L.) é uma frutífera de grande importância para o agronegócio brasileiro e sua exploração tem se expandido nos principais polos de fruticultura nacional, tais como o do Norte de Minas Gerais, Barreiras, BA, Petrolina, PE, Juazeiro, BA, Neópolis, SE, Mossoró, RN, além de outros localizados no Nordeste brasileiro (SANTOS et al., 2015).

A área destinada à colheita de mamão no Brasil em 2017 foi de 26.714 hectares cuja área colhida representou 99,3% deste total, de onde foram extraídas 1.057.101 toneladas de fruta, o equivalente a uma produtividade de 39,852 toneladas por hectare. Neste cenário, o Nordeste contribui com aproximadamente 59,44% da produção nacional, onde o estado mais importante foi a Bahia com 58,7% deste total. O Estado da Paraíba, no mesmo ano, contribuiu com aproximadamente 5,87% da produção nacional, ocupando a 4ª posição no ranking dos estados Nordestinos (IBGE, 2017).

A fragmentação da cadeia produtiva de frutas potencializa o investimento em tecnologias por parte dos produtores de mudas, uma vez que há uma demanda constante por parte dos fruticultores por mudas de alta qualidade, sendo estas, segundo Leitão et al. (2009), um fator limitante para o desenvolvimento da fruticultura no Nordeste. Para o mamoeiro, faz-se necessário renovar o pomar a cada dois anos devido a precocidade da colheita e ao elevado potencial produtivo neste período (FERREGUETTI, 2018), o que torna a produção de mudas de qualidade fator determinante para o sucesso da exploração comercial do mamão e para tanto, são necessários investimentos em tecnologias que possibilitem alcançar padrões de qualidade aceitáveis no mercado sem, contudo, elevar os custos de produção e que promovam maior sustentabilidade dessa prática.

Em regiões de clima semiárido, a limitação na exploração agrícola e o baixo índice de desenvolvimento das culturas frutícolas tem relação direta com a escassez de recursos hídricos, tanto em termos qualitativos como quantitativos (BELLOT et al., 2015), onde o uso de água de aquíferos, com elevadas concentrações de sais, para fins de irrigação, é uma prática comum entre os produtores (DINIZ et al., 2018), os quais convivem historicamente nestas condições (SANTOS et al., 2015) o que favorece a aceleração do processo de degradação de áreas agricultáveis, sobretudo devido a incorporação de sais no perfil do solo (COSTA et al., 2015).

A salinidade, comumente observada em regiões áridas e semiáridas do mundo, causa inúmeros danos às culturas, com consequentes diminuições no rendimento (HASHIM et al., 2018). Os efeitos negativos da salinidade nas plantas cultivadas, em síntese, estão relacionados

à toxidez por íons específicos, ao desbalanceamento nutricional (ELHINDI et al., 2017), além de alterações em mecanismos fisiológicos (NAVARRO et al., 2014) e no status hídrico (PORCEL et al., 2016).

No que diz respeito à salinidade, vários níveis de tolerância do mamoeiro foram sugeridos, sendo estes variáveis a depender da cultivar, do seu estágio de desenvolvimento, do ambiente de cultivo e dos tratos culturais. Para Sá et al. (2013) uma condutividade elétrica da água de irrigação maior ou igual a $2,0 \text{ dS m}^{-1}$, cessa o crescimento e o acúmulo de biomassa na fase de produção de mudas de mamoeiro. Contudo, conforme Coelho et al. (2008) valores de condutividade elétrica do extrato de saturação acima de $1,0 \text{ dS m}^{-1}$ já podem ser prejudiciais a cultura do mamoeiro. Em estudo recente, Diniz et al., (2018) observaram um maior índice de tolerância a salinidade, $2,9 \text{ dS m}^{-1}$, em mudas de mamoeiro submetidas a diferentes níveis de salinidade em água de irrigação e doses de fósforo.

A busca de estratégias que possibilitem a utilização de água de baixa qualidade para irrigação sem comprometer a qualidade das mudas de plantas frutíferas tem sido alvo de estudos por pesquisadores do mundo todo que enfrentam essa problemática e uma das alternativas estudadas, que tem recebido atenção nos últimos anos, diz respeito à utilização de métodos biológicos como um meio prático para mitigar as tensões no solo, incluindo a salinidade, no crescimento das plantas (DAEI et al., 2009; NAVARRO et al., 2014; AMANIFAR et al., 2019).

Os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) são microorganismos de solo, biotróficos obrigatórios, capazes de favorecer o estabelecimento de plantas em ambientes estressantes, uma vez que possibilitam um aproveitamento eficiente de recursos minerais e água dos solos, além de contribuir para melhoria da estrutura física e aumento da comunidade microbiana dos mesmos (RITER NETTO et al., 2014; HASHEM et al., 2019). O emprego de plantas colonizadas com FMA tem sido utilizado como uma técnica adicional as já existentes no manejo do sistema solo-água-planta em áreas afetadas pela salinidade (WU et al., 2013; ZHANG et al., 2018).

Estudos comprovam a eficiência da micorrização na atenuação dos efeitos adversos da salinidade da água sobre o crescimento e desenvolvimento de diversas culturas (NAVARRO et al., 2014; HARRIS-VALLE et al., 2018). No entanto, em geral, a resposta de plantas micorrizadas depende da espécie de planta e do fungo introduzido, bem como da extensão, duração e do tipo de estresse (DAEI et al., 2009).

O maior crescimento em plantas micorrizadas, quando irrigadas com água salina, pode ser creditado a maior efetividade na absorção de nutrientes minerais como P, Zn, Cu e Fe, bem como pela diminuição da absorção de Na^+ e regulação do balanço iônico celular (HASHEM et

al., 2018). Adicionalmente a melhora nutricional, os FMA beneficiam os processos fisiológicos como a capacidade de absorção de água pelas plantas, com o conseqüente aumento da condutividade hidráulica das raízes, o favorecimento a adaptação do balanço osmótico e da composição de carboidratos (SHARIFI et al., 2007).

A utilização de água salina para irrigação de mudas de espécies frutíferas é uma realidade entre os fruticultores das regiões de clima semiárido nordestino, sendo essa, na maioria das vezes, a única fonte de água disponível para tal finalidade. Dentro deste contexto, objetivou-se realizar o presente estudo a fim de possibilitar o uso de água de qualidade inferior para irrigação de mudas de mamoeiro, sem que haja comprometimento da qualidade das mesmas, através da utilização dos fungos micorrízicos arbusculares como viabilizadores de tal prática.

2. REFERÊNCIAL TEÓRICO

2.1 Generalidades dos fungos micorrízicos

O termo micorriza tem origem grega (myke - fungo e rhiza - raiz) e representa a associação simbiótica não patogênica em que ambos os organismos se beneficiam (fungo e hospedeiro). Os fungos micorrízicos formam associações simbióticas mutualistas com raízes de plantas vasculares terrestres, epífitas, aquáticas e também com rizoides e talos de briófitas e outro vegetais basais, com ocorrência em mais de 80% das plantas vasculares (POZO & AZCÓN AGUILAR, 2007), conferindo-os o caráter cosmopolita (BERBARA et al., 2006). Em plantas tropicais, Trappe (1987) relata que, cerca de 13,4% das espécies são não-micorrízicas, 70,9% formam micorrizas arbusculares (endomycorrizas) e 15,7% formam outros tipos de simbiose radicular com fungos.

A simbiose micorrízica é filogeneticamente generalizada nas plantas (DERRIEN et al., 2018) e em função da baixa especificidade dos fungos micorrízicos arbusculares, torna-se mais prático listar as famílias de plantas que não formam essa associação, como é o caso das Brassicaceae, Amarantaceae, Comelinaceae, Juncaceae, Proteaceae, Polygonaceae, Cyperaceae, e Chenopodiaceae. Dentre estas famílias, as Crucíferas (Brassicaceae) possuem o maior número de espécies, 87%, não susceptíveis a micorrização (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006). Ainda segundo os mesmos autores, “as plantas não hospedeiras são desprovidas de algum fator essencial para a completa diferenciação de hifas em acessórios funcionais ou, se

existe este fator, pode estar bloqueado por algum mecanismo com a presença de substâncias antifúngicas”.

Albert Frank (1885) foi, provavelmente, o primeiro a reconhecer a natureza generalizada de associações entre as raízes das plantas e fungos micorrízicos (FRANK & TRAPP, 2005), o mesmo, em 1877, foi, também, o primeiro a utilizar o termo simbiose, que acreditava tratar de um termo neutro, que não implicava em parasitismo, mas baseava-se simplesmente, na coexistência regular de organismos diferentes (SMITH & READ, 2008). Acredita-se que a origem dessa simbiose, data de 600 milhões de anos atrás (BERBARA et al., 2006). Conforme Moreira e Siqueira (2006), o termo simbiose é utilizado para representar uma interação caracterizada por contato físico, troca de metabólitos e nutrientes, integração morfológica e fisiológica e regulação funcional entre os organismos envolvidos. Embora a natureza mutualista desta simbiose não possa ser demonstrada em fósseis, do ponto de vista fisiológico, a presença de características anatómicas-chaves (por exemplo, arbúsculos intracelulares) implica claramente troca fisiológico entre parceiros (DERRIEN et al., 2018).

A classificação dos tipos de fungos micorrízicos depende principalmente das estruturas formadas dentro ou fora das raízes das plantas e na posição taxonômica dos parceiros (VAN DER HEIJDEN et al., 2015), neste sentido merece destaque dois grupos principais de micorrizas, sendo elas: endomicorrizas e ectomicorrizas (SOUZA et al., 2006), sendo as primeiras, conforme Souza e Silva (1996), as mais comuns e amplamente distribuídas em ecossistemas de todo mundo, desde os florestais aos desérticos, em regiões tropicais, temperadas e árticas, representando, assim, a mais ampla associação entre plantas e fungos encontrada na natureza. Estimativas recentes sugerem que 85% de todas as espécies de plantas formam associações com fungos micorrízicos do filo *Glomeromycota* (DERRIEN et al., 2018).

As ectomicorrizas são características de certos grupos de árvores e arbustos encontrados principalmente em regiões temperadas. No Brasil, espécies pertencentes a esse grupo de micorrizas, têm sido observadas em plantas do bioma Caatinga (GOTO et al., 2010), dentre outros. Com relação às endomicorrizas, sabe-se que as mesmas são representadas pelos fungos micorrízicos arbusculares, pertencem ao Filo *Glomeromycota* que possui 317 espécies já identificadas em todos os continentes terrestres, as quais estão distribuídas em 5 ordens, quatorze famílias e 44 gêneros (LBM, 2019).

As fases de desenvolvimento das micorrizas arbusculares são divididas em três momentos distintos, segundo Lambais e Ramos (2010), são elas: Fase Assimbiótica, que compreende os eventos relacionados à germinação e crescimento do tubo germinativo; fase pré-simbiótica, correspondente ao momento onde ocorre uma maior ramificação das hifas

esporofíticas em resposta a sinais produzidos por plantas micotróficas e a fase simbiótica, caracterizada pela penetração intraradicilar dos FMA's, limitando-se ao apoplasto do tecido cortical sem, no entanto, causar danos, formando diferentes estruturas: haustórios, vesículas (em algumas espécies), hifas, células auxiliares, arbúsculos e esporos.

Os arbúsculos são o resultado da interação morfológica e funcional entre fungo e planta formado pela ramificação da hifa do fungo no espaço entre a parede celular e a membrana plasmática de uma célula vegetal, sendo um dos principais sítios da simbiose micorrízica, onde ocorrem todas as trocas bidirecionais com o hospedeiro (BERBARA et al., 2006). Contudo os mecanismos que controlam o seu desenvolvimento e funcionamento não são conhecidos (LAMBAIS & RAMOS, 2010). As hifas intra e extra-radicilar são importantes como propágulos, para iniciar nova colonização, para gerar novos esporos, para aquisição de nutrientes e ainda pode favorecer a agregação do solo (SIQUEIRA et al., 2002).

Uma característica marcante dos fungos micorrízicos é que, os mesmos, sem exceção, são biotróficos obrigatórios, uma vez que dependem de seus hospedeiros autotróficos para se multiplicarem, fazendo com que sua utilização em larga escala na agricultura seja limitada pela falta de inoculante aceito comercialmente e de um padrão oficial para seu controle de qualidade (MONTEIRO, 1990). Outro aspecto importante do biotrofismo é a impossibilidade de cultivo desses fungos em meio de cultura, em condições axênicas, o que têm dificultado estudos em áreas básicas do conhecimento como genética, bioquímica, fisiologia, ultra-estrutura e interação com organismos do solo (BERBARA & FONSECA, 1996). Embora não completamente elucidado, acredita-se que a o biotrofismo obrigatório ocorre em função da incapacidade de síntese de ácidos graxos, por parte dos FMA's, na ausência de um hospedeiro biologicamente ativo (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006).

A bidirecionalidade no transporte de nutrientes entre os agentes simbiotes é a base fisiológica que sustenta esta associação, sendo as plantas responsáveis pelo fornecimento de fotoassimilados para os fungos que em troca as disponibilizam água e nutrientes (WU et al., 2015). Conforme relatado por Parniske (2008), cerca de 20% dos fotoassimilados vegetal são translocados para as micorriza, a qual por sua vez, segundo Navarro et al. (2019) permite uma entrada de fósforo satisfatória para o hospedeiro, especialmente em condições de baixa disponibilidade deste elemento nutriente no solo. Segundo Zhang et al. (2018) plantas micorrizadas aproveitam melhor a água do solo, sendo capazes de crescerem eficientemente em condições de baixa disponibilidade hídrica e de salinidade elevada.

2.2 Micorrização em frutíferas

A produção de mudas de espécies frutíferas de qualidade é determinante para o sucesso da exploração frutícola comercial em todo mundo, e para tanto, são necessários investimentos em tecnologias que possibilitem alcançar padrões de qualidade aceitáveis no mercado sem, contudo, elevar os custos de produção e que promovam uma maior sustentabilidade dessa prática.

A maioria das plantas cultivadas são hospedeiras potenciais de fungos micorrízicos arbusculares, os quais podem atuar benéficamente no crescimento e desenvolvimento das mesmas, em virtude de melhorias no fornecimento de nutrientes e água, na indução de tolerância a estresses ambientais de várias ordens, bem como na indução de resistência a doenças radiculares e a nematóides de uma vasta quantidade de plantas hospedeiras (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006; BAUM et al., 2015).

Micorrizas arbusculares têm sido propostas como um mecanismo para reduzir entradas de nutrientes na agricultura, reduzindo assim os custos de produção e aumentando a sustentabilidade ambiental (ANTUNES et al., 2012; NAVARRO & MORTE, 2019), tanto que para alguns autores, os fungos micorrízicos arbusculares podem ser utilizados como biofertilizantes naturais na produção de mudas, pois, nesse estágio de formação, a inoculação pode garantir o sucesso do estabelecimento da simbiose, reduzindo a necessidade de fertilizantes (COSTA et al., 2005).

A utilização de FMA pode constituir uma alternativa a utilização de fertilizantes na fase de produção de mudas de espécies vegetais adaptadas às condições edafoclimáticas da região Nordeste como comprovados por alguns estudos. Coelho et al. (2012), por exemplo, observaram que a inoculação micorrízica pode ser uma alternativa para produção de mudas de pinheira (*Annona squamosa* L.) sem a utilização de adubos, podendo o produtor, optar pelo FMA para produção dessas mudas em solos não adubado, cujos benefícios são similares aos obtidos em solos adubados e sem FMA. Lima et al. (2011) concluíram em seus estudos que na ausência de adubação fosfatada a inoculação com diferentes espécies de FMA (*Gigaspora margarita* e *Glomus clarum*) promovem incrementos significativos no crescimento de mudas de mamoeiro (*Carica papaya* L.). Riter Netto et al. (2014), comprovaram a capacidade dos FMA em potencializar a produção de mudas de maracujazeiro, reduzindo a aplicação de insumos químicos, principalmente o fósforo, necessários para esta cultura, uma vez que obteve maior crescimento em plantas de maracujazeiro doce com a inoculação de FMA.

O uso de mudas com inóculos de FMA, recebidos na fase de viveiro, é o principal método de introdução desses fungos em solos minerados (CAPRONI et al., 2005), pois além de melhorar o estado nutricional das mudas, aceleram o seu crescimento e melhoram o vigor das mesmas na sua fase de formação (WU et al., 2015). Porém, apesar dos benefícios que as micorrizas proporcionam aos vegetais ainda há problemas quanto à produção desses microorganismos em larga escala, capaz de atender a demanda dos produtores e às leis brasileiras, feitas para rizóbios, o que dificulta a utilização comercial (TRINDADE et al., 2001).

Variáveis de crescimento têm sido utilizadas para avaliar o comportamento das mudas de plantas frutíferas em relação ao fósforo e FMA em viveiro (LIMA et al., 2011; RITER NETTO et al., 2014). Um estudo realizado por Navarro e Morte (2019) sobre a influência de FMA's na morfofisiologia de mudas de citros (*Citros macrophylla*), submetidas a diferentes níveis de fósforo, demonstrou que baixas concentrações deste nutriente permitem uma maior atuação dos FMA's, com reflexos positivos nas variáveis de crescimento e fisiológicas das mudas de citros.

O efeito das micorrizas sobre o crescimento das plantas já é bastante conhecido, em especial, devido à melhoria na absorção de muitos elementos nutrientes (COSTA et al., 2005; RITER NETTO et al., 2014). Esse efeito sempre tem sido creditado ao aumento de volume de solo explorado pela estrutura externa de fungos micorrízicos, bem como ao aumento da superfície de contato com a solução do solo, por ser importante na absorção de nutrientes com baixo coeficiente de difusão, como fósforo, potássio, cobre e zinco. No entanto, o mesmo, acrescenta outro fator, que está relacionado às modificações morfológicas radiculares, as quais contribuem para um sistema radicular eficiente (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006).

Em regiões de clima frio, também, têm sido comprovada a eficiência das micorrizas no crescimento vegetal. Khabou et al. (2014) ao avaliarem as respostas de crescimento de plantas de oliveira, micorrizadas ou não, em função de doses crescentes de gesso agrícola na composição do substrato, observaram que, o aumento das doses deste insumo reduziu a área foliar da planta porém, essa redução foi menos acentuada em plantas micorrizadas.

Ecologicamente, a micorrização possibilita melhor utilização e conservação dos nutrientes disponíveis no sistema solo-planta, por possibilitar as plantas melhor adaptação ao ecossistema, bem como a maior capacidade de adaptação de mudas transplantadas. Porém, são poucos os trabalhos que contemplam as respostas de adaptabilidade de mudas micorrizadas quando transplantadas no campo, o que gera incertezas com relação adoção dessa prática, sendo necessária a ampliação nos estudos para tal finalidade (AZIMI et al., 2018). Os poucos

existentes mostram que plantas, quando micorrizadas, têm maior capacidade de pegamento e maior sobrevivência em ambiente natural.

2.3 Salinidade e fungos micorrízicos na agricultura

Estudos comprovam que a agricultura é severamente restringida pela salinidade do solo e da água, a qual é considerada uma das mais importantes tensões do mundo. Dados apontam que a quantidade de terra arável no mundo aproxima-se a 1,5 bilhões de hectares, dos quais 77 milhões, já se enquadram como inapropriados para a exploração agrícola, por causa da alta salinidade (MIRANSARI, 2017).

Nas regiões de clima semiárido os estresses abióticos são comumente observados, caracterizando como um dos principais limitantes da exploração agrícola nessas regiões (CAVALCANTE et al., 2010a). Dentre os estresses abióticos de maior ocorrência em regiões semiáridas, merece destaque o estresse salino, o qual é decorrente da utilização de águas com elevados teores de sais na irrigação das culturas associado a elevadas temperaturas e baixa precipitação pluviométrica, que é característico dessas regiões, com o consequente acúmulo de sais na área superficial dos solos (CAVALCANTE, et al., 2012).

Conforme Saxena et al. (2017) o acúmulo de sais na superfície do solo pode induzir a três tipos de estresse (osmótico, iônico e oxidativo) os quais provocam efeitos negativos no crescimento e na produtividade das plantas. Ainda segundo os mesmos autores, o estresse osmótico está relacionado a alterações no potencial hídrico, cuja consequência é a redução na eficiência do uso da água pela planta devido à indução de condições fisiológicas de seca, já o estresse iônico provoca a ruptura da homeostase iônica nos níveis celular e de planta inteira e o estresse oxidativo induz a liberação de espécies reativas de oxigênio, que inibem o crescimento celular e o metabolismo vegetal.

Distúrbios no metabolismo das plantas são causados pela salinidade, o que tem como consequência diminuição de crescimento e perda de produtividade das culturas o que segundo Silveira et al. (2016) pode estar relacionado, dentre outros fatores, a causas biofísicas a exemplo do efeito osmótico que restringe o transporte de água. Farooq et al. (2017) em sua revisão acerca dos mecanismos de defesa vegetal a o estresse salino concluíram que: a osmoregulação é um mecanismo capaz de atenuar os efeitos do estresse osmótico induzida pela salinidade e destaca os aminoácidos, glicina betaína e a prolina como sendo os principais osmolitos envolvidos neste processo, em leguminosas. Miransari (2017) afirma que a absorção demasiada de íons específicos como o sódio (Na^+) e cloreto (Cl^-) está relacionada com esta diminuição do

crescimento, uma vez que interfere na absorção de nutrientes essenciais, tais como de potássio pela planta, além de serem tóxicos para determinadas estruturas vegetais.

A salinidade é também responsável pelo desbalanço no processo fotossintético, caracterizado pelo excesso de energia produzida na etapa fotoquímica e não aproveitada na etapa carboxilativa, sendo utilizada para reduzir o O_2 convertendo-o em diferentes espécies reativas de oxigênio, principalmente o oxigênio singlete radical superóxido ($O_2\bullet$), peróxido de hidrogênio (H_2O_2), e radical hidroxil ($\bullet OH$) (SILVEIRA et al., 2016, p. 191). Conforme Hashen et al. (2019), uma produção aumentada de radicais livres, como o H_2O_2 , induz a peroxidação lipídica e resulta na síntese excessiva de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (SRATB) e malondialdeído (MDA) em plantas expostas ao estresse salino. Para Abd-Allah et al. (2019) um dos impactos mais prejudiciais da alta salinidade é a degeneração de estruturas celulares importantes, incluindo membranas, proteínas e lipídios, bem como ácidos nucleicos.

Frente às adversidades climáticas, características do semiárido, a irrigação é uma prática indispensável, enquanto tecnologia capaz de proporcionar incrementos significativos na produtividade agrícola (KHALLOUFI et al., 2017). Áreas marginais sujeitas a secas frequentes associadas à utilização de águas com elevados teores de sais, tem se tornado realidade dentre os produtores agrícolas (SILVEIRA et al., 2016). As fontes de água existentes no semiárido são essenciais para manutenção da agricultura, no entanto possuem qualidade oscilante em função do tempo, onde no período seco, águas de poços e açudes têm seus teores de sais elevados (ALVES, 2012). O uso de água salina consiste em uma alternativa promissora, no entanto, o desenvolvimento de práticas apropriadas para seu uso na irrigação requer uma compreensão adequada de como os sais na água de irrigação afetam o solo e a planta (KHALIL et al., 2011).

A redução no crescimento e no desenvolvimento de plantas frutíferas ocasionada pelo uso de águas salinas já foi observado anteriormente por pesquisadores, como Gurgel et al. (2007), para a aceroleira; Sousa et al. (2008) estudando o maracujazeiro; Sousa et al. (2011) na cultura cajueiro; Cavalcante et al. (2010a) e Sá et al. (2013) no mamoeiro e Cavalcante et al. (2010b) na goiabeira. Todavia, conforme Ayers e Westcot (1999) o efeito da salinidade da água é variável entre espécies, entre genótipos e mesmo em uma espécie, entre fases de desenvolvimento da mesma, o que permite dizer que a identificação de materiais tolerantes pode ser uma alternativa ao uso de águas salinas aumentando a disponibilidade hídrica na região semiárida.

Vários estudos comprovam que a utilização de fungos micorrízicos arbusculares promovem melhorias no crescimento e desenvolvimento de plantas quando sujeitas a algum tipo de estresse (BAUM et al., 2015; HASHEM et al., 2018), inclusive, sob condições de

salinidade (MIRANSARI et al., 2008; DAEI et al., 2009; KHALLOUFI et al., 2017; HASHEM et al., 2019). Contudo, essas respostas variam em função da variabilidade de espécies micorrízicas existentes e do grau de interação dessas com os diferentes tipos de hospedeiro (RUIZ-LOZANO & AZCÓN, 1995), bem como, da extensão, duração e do tipo de estresse (NAVARRO et al., 2011; MARDUKHI et al., 2011).

Estudos têm demonstrado que o FMA acumula osmorreguladores e aumenta a absorção de nutrientes e a taxa fotossintética em culturas hortícolas submetidos ao estresse salino, devido a uma combinação de efeitos nutricionais, bioquímicos e fisiológicos (NAVARRO et al., 2012; KHALLOUFI et al., 2017). No entanto, salinidade, não só afeta a planta hospedeira, mas também o FMA, uma vez que pode prejudicar a capacidade de colonização, a germinação de esporos e o crescimento de hifas do fungo (HASHEM et al., 2019).

De fato, vários pesquisadores têm relatado os efeitos negativos da salinidade sobre o fungo (LÚCIO et al., 2013; AHANGER et al., 2014; ZHANG et al., 2018). No entanto, poucos estudos têm sugerido que a colonização FMA não é reduzida na presença de NaCl^- (LEVY et al., 1983; HARTMOND et al., 1987) e, em alguns casos, a colonização é aumentada em condições estresse salino (ALIASGHARZADEH et al., 2001). Zhang et al. (2018) ao avaliarem a percentagem de colonização de diferentes espécies micorrízicas, em plantas de *Ricinus communis* submetidas a stress salino, constataram um efeito variável dos níveis altos de salinidade para as diferentes espécies de FMA's estudadas.

Menores percentagens de colonização micorrízica em função estresse salino foram observados em diferentes espécies vegetais, como os desenvolvidos por Sharifi et al. (2007) em plantas de soja, Navarro et al. (2014) em duas cultivares de Citros (*Citros reshni* Hort. Ex Tan.; *Citros Macrophylla* Wester), Elhindi et al. (2017) em plantas de *Ocimum basilicum* L., por Amanifar et al. (2019) com planta de *Glycyrrhiza glabra*, dentre outros. Destaca-se que, embora nos estudos supracitados a colonização micorrízica tenha sido afetada negativamente, os mecanismos fisiológicos dos hospedeiros vegetais, responsáveis pelo crescimento ótimo, não foram severamente comprometidos, proporcionando, com isso, melhor adaptação ao estresse.

Os mecanismos pelos quais os fungos micorrízicos aliviam o estresse salino parecem estar relacionados a processos fisiológicos como o aumento na fixação de carbono, transpiração, condutância estomática e eficiência no uso da água (RUIZ-LOZANO et al., 1996), aumento na concentração de hormônios, como o ABA e o AIA (KHALLOUFI et al., 2017), de pigmentos fotossintéticos (ZHANG et al., 2018), de substâncias envolvidas na proteção das membranas biológicas contra efeitos tóxicos de radicais livres (HASHEN et al., 2019). O que segundo Lúcio et al. (2013) pode estar relacionado à redução na absorção dos íons potencialmente tóxicos (Na^+

e Cl⁻) e acréscimo na concentração de P e K⁺, bem como na relação K⁺/Na⁺ (AMANIFAR et al., 2019).

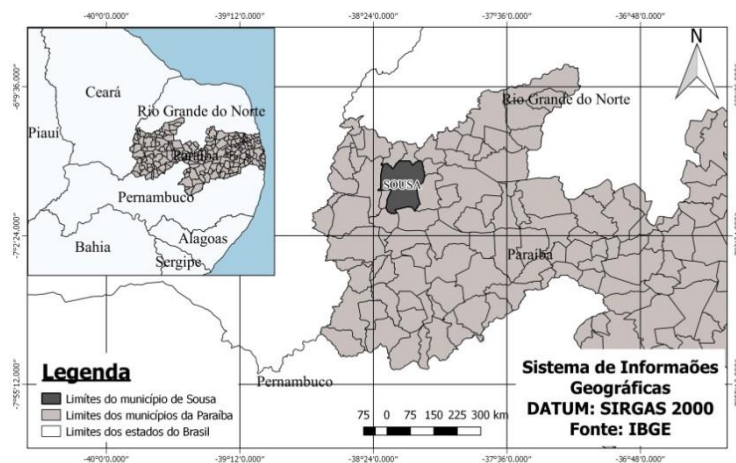
Com relação à interface solo-fungo-planta, Miransari (2017) relata que os FMA's têm o potencial de aliviar o stress de salino devido à promoção de alterações na morfologia e expansão radicular o que permite o alcance de nutrientes através de uma extensa rede de hifas em áreas distantes dos pelos radiculares. Ainda conforme o mesmo autor estes microorganismos são capazes de aumentar a absorção de água pela planta hospedeira, aliviar tensões bióticas e abióticas, além de melhorar a estrutura do solo pela produção de glomalina.

Khalil et al. (2011) em seus estudos observaram que a utilização de FMA (*Glomus intraradice*) é capaz de aliviar os efeitos danosos da irrigação com águas salinas no crescimento e nutrição de plantas de citros. Redução na concentração de Na⁺ e elevação na concentração de K⁺, em diferentes estruturas vegetativas de mudas de citros (*Poncitros trifoliata*), após 4 meses de cultivo, sob estresse salino, foi observada por WU et al. (2013). Estes pesquisadores também retrataram, no mesmo estudo, o impacto positivo da micorrização com a espécie de FMA *Funneliformes mosseae*, no status hídrico do citros, uma vez que maior conteúdo relativo de água foi observado em plantas micorrizadas submetidas ou não a estresse salino.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização, condições climáticas e delineamento experimental

O experimento foi conduzido no viveiro de mudas do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, IFPB, Campus Sousa, unidade São Gonçalo, no período de março a dezembro de 2018. A área experimental está localizada nas coordenadas geográficas 6° 50' 39,5" de latitude Sul, 38° 17' 40,10" de longitude Oeste, com 234 m de altitude, conforme informações coletadas *in loco*, por meio de um GPS portátil, Garmin®, modelo eTrex (Mapa 1).



Mapa 1 - Limites geográficos do município de Sousa, no alto sertão paraibano, local de desenvolvimento do estudo, UFERSA, 2019.

Conforme dados registrados no interior do viveiro de mudas, com o auxílio de um medidor portátil da marca Traceable® (Hygrometer/Thermometer with recorder output instructions), (Gráfico 1), a temperatura máxima média (T. max.) referente ao período de execução do experimento foi de 34 °C e a mínima média (T. min.) de 23 °C, já para a umidade relativa do ar (UR%), a média foi de 60%.

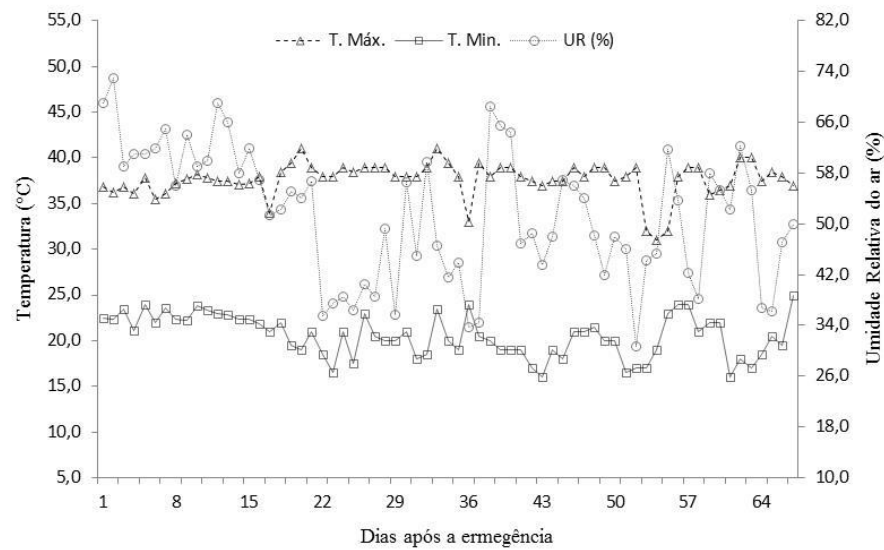


Gráfico 1 - Variações de temperatura e umidade relativa do ar no período de desenvolvimento da pesquisa, UFERSA, 2019.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com as fontes de variação arranjadas em esquema fatorial 4 x 5, onde os 4 níveis do fator 1 foram correspondentes aos insumos biológicos, compostos por espécies micorrízicas arbusculares *Gigaspora cândida* (GC), Bhattacharjee et al. (1982), *Acaulospora scrobiculata* (AS), Trappe (1977), *Dentiscutata heterogama* (DH) (T.H. Nicolson & Gerd.), Oehl et al. (2008) e um nível controle, sem micorrizas e os 5 níveis do fator 2 corresponderam a diluição de concentrações de sais em água para a irrigação (0,0; 10,0; 20,0; 30,0 e 40,0 mmol_c L⁻¹), em quatro repetições, totalizando 80 unidades experimentais, as quais foram constituídas por cinco vasos de 3 dm³, contendo uma planta de mamoeiro em cada vaso, totalizando, assim 400 (quatrocentas) plantas (Figura 1).

Os inóculos de fungos micorrízicos foram provenientes da coleção de culturas da Embrapa Agrobiologia, Seropédica-RJ.

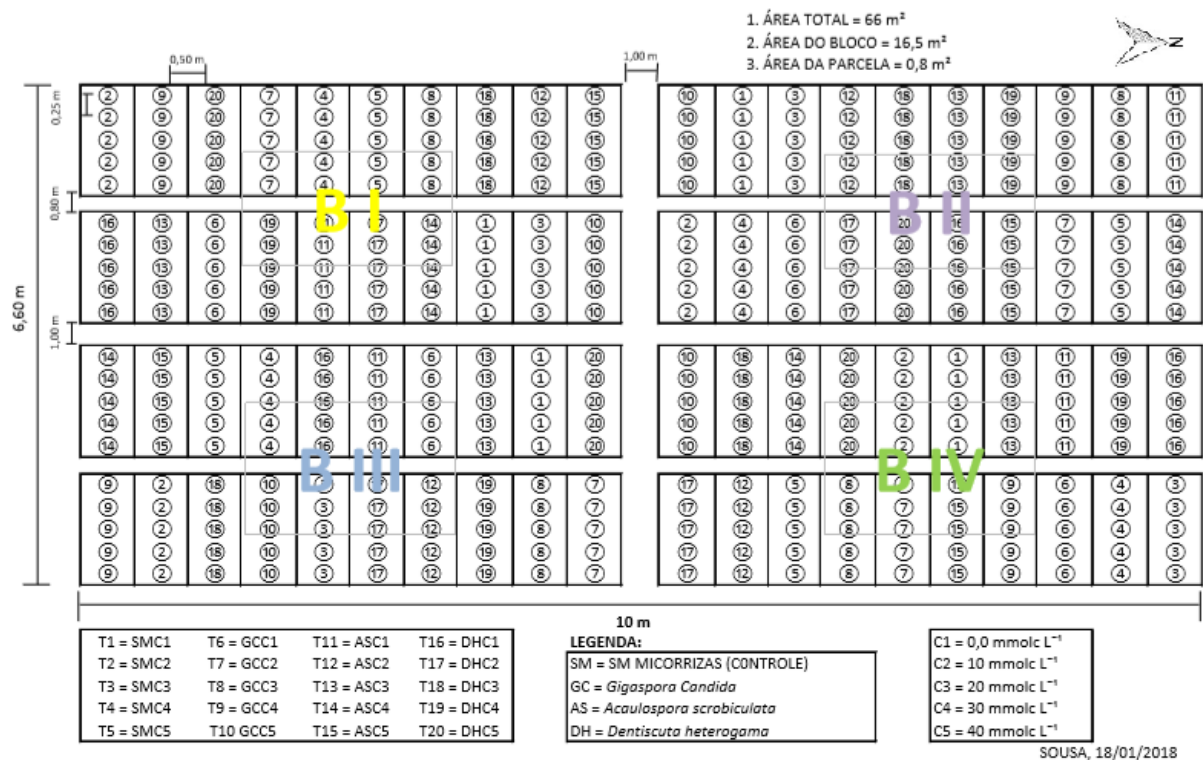


Figura 1 - Croqui da área experimental com o detalhamento da distribuição dos tratamentos, no IFPB, Campus Sousa, unidade São Gonçalo, PB, UFERSA, 2019.

3.2 Inoculação e plantio

O solo destinado ao experimento, classificado como Neossolo Flúvico, foi coletado a uma profundidade de 0-20 cm, em uma área localizada, nas dependências do IFPB, Campus Sousa. Antes de sua utilização na composição do substrato, o mesmo foi peneirado, misturado com areia lavada na proporção de 1:1 (v/v) e esterilizado em autoclave por duas vezes à temperatura de 121 °C, por um período de 1 hora (LIMA et al., 2011) (Figura 2).



Figura 2 - Preparo autoclavagem e enchimento dos vasos com um mix de solo e areia na proporção de 1:1 (v/v), para o estabelecimento de mudas de mamoeiro, UFERSA, 2019. Fonte: Arquivo pessoal.

Após o processo de autoclavagem, a mistura de solo e areia foi analisada física e quimicamente, no Laboratório de Análises de Solo e Água do IFPB, Campus Sousa, unidade

São Gonçalo, cujas características encontram-se dispostas na Tabela 1. Ao substrato foi adicionado K, até que se atingisse o nível de 100 mg dm^{-3} (LIMA et al., 2011), N, S e micronutrientes em cobertura, via solução nutritiva, totalizando $1,8 \text{ g dm}^{-3}$ de N (MENDONÇA et al., 2006), $36,8 \text{ mg dm}^{-3}$ de S, parcelados em cinco aplicações e $0,81 \text{ mg dm}^{-3}$ de B, $3,6 \text{ mg dm}^{-3}$ de Mn, $1,3 \text{ mg dm}^{-3}$ de Cu, $3,9 \text{ mg dm}^{-3}$ de Zn, $0,15 \text{ mg dm}^{-3}$ de Mo, e $1,6 \text{ mg dm}^{-3}$ de Fe em aplicação única, após o desbaste (TRINDADE et al., 2001).

Tabela 1 - Características físicas, químicas e de fertilidade da mistura de solo e areia, 1:1 (v/v), autoclavada, utilizada na produção de mudas de mamoeiro, Tainung N° 1, UFERSA, 2019.

Características físicas											
Fração granulométrica			Dens. do solo	Dens. real	Porosidade total		Umidade			Classe textural	
Areia	Silte	Argila	g cm^{-3}	g cm^{-3}	$\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$	$\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$	0,01	0,033	1,5		
----- g Kg^{-1} -----											
908	42	50	1,50	2,85	0,47	140	114	58	Areia		
Características químicas e de fertilidade											
pH	P	K ⁺	Na ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Al ⁺³	H ⁺ + Al ⁺³	SB	CTC	MO	PST
H ₂ O	mg dm^{-3}	----- $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ -----									
8,2	134	0,21	0,37	5,8	0,3	0,00	0,00	6,68	6,68	0,37	6

Fonte: Dados obtidos no estudo; SB – Soma das bases; CTC – Capacidade de troca de cátions; MO – Matéria orgânica; PST – Percentagem de sódio trocável.

As sementes de mamoeiro (*Carica papaya* L.), do Grupo Formosa (híbrido Tainung N° 1), foram colocadas para germinar em vasos de $3,0 \text{ dm}^3$, contendo o substrato autoclavado. No momento da semeadura foram inoculados os FMA's, utilizando-se inóculos constituídos por uma mistura de esporos, hifas e raízes colonizadas, cujas doses, com um conteúdo de aproximadamente 75 esporos, foram de 7,5, 1,7 e 3,3g, respectivamente para as espécies de FMA's *Gigaspora candida*, *Acaulospora scrobiculata* e *Dentiscutata heterogama*, além de um tratamento controle, sem o inóculo.

A aplicação dos FMA's foi realizada em uma profundidade de 3 cm nos substratos dos vasos dos tratamentos correspondentes, procedendo-se a semeadura, que foi realizada na razão de 3 sementes por vaso, realizando-se o raleio quando as plantas possuíam duas folhas definitivas, mantendo-se apenas uma planta por recipiente (LIMA et al., 2011) (Figura 3).



Figura 3 - Pesagem dos insumos biológicos (A), inoculação e semeadura das sementes de mamoeiro em vasos de 3 dm³, UFERSA, 2019. Fonte: Arquivo pessoal.

3.3 Preparo das soluções estoques com diferentes níveis de sais

As águas de irrigação, correspondentes aos níveis de salinidade, foram preparadas utilizando-se a adição dos sais de NaCl, CaCl₂(H₂O) e MgCl₂6(H₂O), na proporção de 7:2:1, respectivamente, à água de concentração de sais conhecida, nas concentrações de 0,0; 10,0; 20,0; 30,0 e 40,0 mmol_c L⁻¹, onde o primeiro nível foi considerado o controle, cuja CE não foi alterada. A proporção dos sais utilizados é a mesma indicada por Audry e Suassuna (1995), por apresentar a composição média das águas de pequenos reservatórios comumente utilizadas por agricultores familiares do Nordeste brasileiro. As soluções estoques, para os níveis de sais, foram armazenadas separadamente em bombonas de 220 litros (Figura 4).



Figura 4 - Recipientes utilizados no armazenamento das soluções estoques, referentes aos diferentes níveis de salinidade em água de irrigação, UFERSA, 2019. Fonte: Arquivo pessoal.

Uma amostra de água dos níveis de salinidade foi coletada para a caracterização físico-química no Laboratório de Solos, Água e Plantas do IFPB - Campus Sousa, e os resultados encontram-se representados na Tabela 2. As irrigações foram realizadas diariamente, 18 dias

após a emergência (DAE), de modo a deixar o solo com a umidade próxima à capacidade máxima de retenção (30%), com base no método das pesagens de uma amostra por tratamento, por bloco, sendo a lâmina aplicada acrescida de uma fração de lixiviação de 20%, semanalmente.

Tabela 2 - Características físico-químicas das águas, referentes aos cinco níveis de salinidade, utilizadas na irrigação das mudas de mamoeiro Formosa, Tainung N° 1, UFERSA, 2019.

Características físico-químicas da água										
CE	pH	K ⁺	Na ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	SO ₄ ⁻²	Cl ⁻	CO ₃ ⁻²	HCO ₃ ⁻	RAS
dS m ⁻¹		-----mmol _c dm ⁻³ -----								mmol _c dm ⁻³
0,01	7,4	0,01	0,03	0,1	0,3	0,047	1,1	0,00	0,52	0,07
1,3	6,4	0,03	7,21	2,4	0,9	0,047	13,0	0,00	0,50	5,62
2,3	6,5	0,03	15,50	4,5	2,2	0,000	21,4	0,00	0,62	8,47
3,3	6,3	0,03	23,00	6,5	3,1	0,034	31,8	0,00	0,54	10,5
4,3	6,4	0,05	31,93	8,6	4,3	0,052	46,0	0,00	0,60	12,57

Fonte: Dados obtidos no estudo.

3.4 Variáveis analisadas

3.4.1 Percentagem de colonização micorrízica

A avaliação da colonização intraradicular micorrízica foi realizada aos 65 DAE, a partir da coleta de uma amostra de 0,5 g de raízes, acondicionadas cassetes histológicos, para cada tratamento, que foi em seguida lavada em água corrente e imersas em uma solução de KOH 10% (p/v), a qual foi posteriormente aquecida a 60°C por 20 minutos. Para a coloração, as raízes foram aquecidas a 60°C por 1 hora em solução de glicerol acidificada (1% HCl (v/v) com Azul de Tripán 0,05% (p/v) (PHILLIPS & HAYMAN, 1970). As estruturas fúngicas foram observadas em microscópio estereoscópio com ampliação de 40x e a colonização micorrízica foi estimada seguindo a metodologia da placa quadriculada (GIOVANNETTI & MOSSE 1980).

3.4.2 Análises biométricas

As avaliações biométricas foram realizadas aos 65 dias após a estabilização da emergência do tratamento sem micorrizas, onde foram avaliadas a altura da parte aérea utilizando uma régua graduada, considerada do coleto até o ápice, números de folhas, diâmetro do caule na base das plantas a 2 cm do solo, utilizando-se um paquímetro digital, massa de matéria seca da raiz (MMSR), caule (MMSC), folhas (MMSF) e total (MMST) (45 e 65 DAE), cujas partes fracionadas foram acondicionadas em sacos de papel e colocadas para secar em estufa de circulação de ar forçada a uma temperatura de 65°C, ± 0,5°C, por 72 horas e em seguidas foram pesadas em balança analítica (SÁ et al., 2013).

Considerando os indicadores de massa seca da parte aérea, das raízes e de massa seca total, altura e diâmetro do colo das mudas, foi estimado o Índice de Qualidade de Dickson (IQD) (Equação 1.) (DICKSON et al., 1960).

$$IQD = \frac{MMST}{\left(\frac{ALT}{DC}\right) + \left(\frac{MMSPA}{MMSR}\right)} \quad \text{Eq. (1)}$$

Onde:

IQD: Índice de desenvolvimento de Dickson; MMST: Massa seca total (g); ALT: Altura da planta (cm); DC: Diâmetro do colo (cm); MMSPA: Massa da matéria seca da parte aérea (g); MMSR: Massa da matéria seca da raiz (g).

3.4.3 Índices fisiológicos

A área foliar foi determinada a partir do método dos discos utilizando-se um perfurador de 1,3 cm de diâmetro e sendo obtida pelo produto entre a área total de 8 discos foliares (AD) e a massa de matéria seca das folhas (MMSF), dividido pela massa de matéria seca dos discos foliares (MMSD) (Equação 2). (FERNANDES, 2000).

$$AF = \frac{(MMSF \times AD)}{MMSD} \quad (cm^2) \quad \text{Eq. (2)}$$

Com base nos valores de área foliar e das massas de matéria seca das folhas e total, foram determinadas a razão de área foliar (RAF), através do quociente da área foliar (cm²) pela massa de matéria seca total da planta (g⁻¹); razão de peso foliar que se trata de uma medida adimensional a qual relaciona a MMSF com a MMST; área foliar específica (AFE), calculada através da relação entre a área foliar e a MMSF (cm² g⁻¹); taxa de crescimento absoluto (TCA) e taxa de crescimento relativo (TCR), ambas calculadas a partir da massa de matéria seca total avaliada aos 45 e 65 DAE (BENINCASA, 2003) (Equação 3A e 3B).

$$TCA = \frac{(M2 - M1)}{t2 - t1} \quad (g \text{ dia}^{-1}) \quad \text{Eq. (3A)}$$

Onde: M2 = MMST aos 65 DAE; M1 = MMST aos 45 DAE; t1 = tempo inicial e t2 tempo final.

$$TCR = \frac{[\ln(M2) - \ln(M1)]}{t2 - t1} \quad (g \text{ g}^{-1} \text{ dia}^{-1}) \quad \text{Eq. (3B)}$$

Onde: M2 = MMST aos 65 DAE; M1 = MMST aos 45 DAE; t1 = tempo inicial e t2 tempo final; ln = logarítmo niperiano.

3.4.4 Status hídrico vegetal

O status hídrico das plantas de mamoeiro foi avaliado aos 65 DAE, a partir da determinação do conteúdo relativo de água (CRA) e do déficit de saturação hídrica (WD), em 3 discos de folhas frescas de diâmetro conhecido, os quais foram pesados em conjunto rapidamente, após destacados das folhas vegetais, para obtenção da massa de matéria fresca (MMF), sendo imediatamente acondicionados em placas de espuma sintética previamente perfurada e saturada com água. Os discos foliares foram colocados separados em cada perfuração e o conjunto foi coberto com papel filtro molhado, por um período de 4 h. Feito isso, o excesso de água, aderente aos discos, foi retirado, utilizando-se papel filtro seco e a massa de turgor (MT), observada. A massa de matéria seca (MMS) dos discos foi registrada depois de desidratados a 80 °C por 48 h. O CRA e o WD foi calculado pela na seguinte fórmula (CATSKY et al., 2007) (Equação 4A e 4B):

$$CRA = \frac{MMF - MMS}{MT - MMS} \times 100 (\%) \quad \text{Eq. (4A)}$$

$$WD = \frac{MT - MMF}{MT - MMS} \times 100 (\%) \quad \text{Eq. (4B)}$$

3.4.5 Análises bioquímicas

Foram avaliados os conteúdos de clorofilas e carotenoides aos 65 DAE, obtidos pelos métodos de Lichthenthaler (1987), utilizando-se amostras de 200 mg de tecido foliar homogeneizados num almofariz, com 0,2 g de CaCO₃, e 5 mL de acetona 80 % (v/v), sendo em seguida centrifugadas a 6000 rpm por 10 min. O sobrenadante foi coletado e colocado em balão volumétrico coberto com papel alumínio, sendo em seguida, ajustado para o volume inicial de 25 mL com acetona 80%. A leitura da absorbância foi realizada em 663 nm, 647 nm e 470 nm. Os resultados foram expressos em g kg⁻¹ de massa de matéria fresca (g kg⁻¹ de MMF).

A integridade das membranas celulares dos tecidos foliares foi determinada por meio do extravasamento de eletrólitos, pelo método de Shanahan et al., (1990), cujos processo inicia-

se com a coleta de 8 discos foliares, com 10 mm de diâmetro, os quais foram imersos em tubos de ensaio contendo água deionizada e em seguida incubados a 30 °C por oito horas, para posterior determinação da condutividade elétrica (C1). Em seguida, outros 8 discos foram submetidos a 100 °C durante 1 h e ao atingir a temperatura ambiente foi determinado a nova condutividade elétrica (C2). O dano de membrana (DM) foi estimado utilizando a fórmula: $DM = (C1 \div C2) \times 100$.

3.4.6 Concentração e acúmulo de minerais em tecido foliar

Foi realizada a análise de concentração e acúmulo de nutrientes no tecido foliar aos 65 DAE e para tanto se realizou a coleta das folhas entre 9 e 10 horas da manhã, as quais foram, imediatamente separadas em limbo e pecíolo para secagem em estufa de circulação forçada de ar à temperatura de 70°C por 48 horas, na sequência foram trituradas em moinho (tipo Wiley) com peneira de 20 “mesh”.

Os teores de nitrogênio total foram analisados pelo método de arraste a vapor de Kjeldahl, que consistiram de três etapas, a saber: digestão sulfúrica, com adição de H₂O₂ e mistura digestora; destilação, após a adição de 5 ml de NaOH, seguida da coleta do destilado em indicador ácido bórico, o qual conseqüentemente foi titulado com H₂SO₄ diluído. Os teores de fósforo foram determinados a partir por colorimetria em espectrofotômetro e os de potássio em fotometria de chamas (TEDESCO, 1995). Para a determinação de fósforo e potássio utilizou-se o produto da digestão sulfúrica, no entanto, para sódio e cloreto a extração foi realizada com água a 90°C, sendo o Na⁺ determinado conforme metodologia proposta por Chaudhary et al. (1996) e o Cl⁻ de acordo com o método volumétrico de Mohr (BEZERRA NETO & BARRETO, 2011). Após a determinação dos teores de potássio e de sódio foi calculada a relação entre os dois elementos.

3.4.7 Análises estatísticas

Os dados foram submetidos à análise de variância a partir do teste de F ao nível de 5% de probabilidade. Realizou-se a análise de correlação linear de Pearson (r), cuja significância das correlações foram avaliadas pelo teste t a 5% de probabilidade. Para o fator qualitativo, micorrizas, as médias das variáveis foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% e para o fator quantitativo, salinidade. Foram ajustados modelos de regressão polinomial. Foi utilizado o programa estatístico SISVAR versão 5.7 (FERREIRA, 2014).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Constatou-se interação significativa entre os fatores de estudo, salinidade da água de irrigação e espécies de FMA's, a diferentes níveis de probabilidade, onde para o CRA, a interação foi significativa a 0,05 e para as demais variáveis o nível de significância foi de 0,01. Efeito isolado ($p < 0,01$) dos fatores de estudo, também foi observado, para todas as variáveis (Tabela 3).

Tabela 3 - Resumo da análise de variância para percentagem de colonização micorrízica (%CM), conteúdo relativo de água (CRA), déficit de saturação hídrica (DSH), dano de membrana (DM), Clorofila a (Clh a), clorofila a+b (Clh a+b) e Carotenóides (Carot.) em mudas de mamoeiro Formosa, Tainung N° 1, em função da micorrização e da água de irrigação com níveis de sais crescentes, obtidos aos 65 DAE, UFERSA, 2019.

Fontes de Variação	Quadrados médios						
	%CM	CRA	DSH	DM	Clh a	Clh a+b	Carot,
Salinidade (S)	11900,56**	291,11**	291,11**	945,79**	0,59**	0,34**	0,00879**
Micorrizas (M)	614,14**	1398,69**	1398,69**	2954,42**	1,18**	1,30**	0,05779**
S x M	323,65**	53,39*	53,39**	294,98**	0,09**	1,16**	0,01472**
Bloco	1,79 ^{ns}	0,99 ^{ns}	0,99 ^{ns}	17,12 ^{ns}	0,00 ^{ns}	1,04*	0,000197 ^{ns}
Resíduo	5,29	3,34	3,35	7,24	0,005	0,02	0,00206
CV (%)	9,76	2,35	8,27	7,85	10,29	19,27	17,78

Fonte: Dados obtidos no estudo; ns – indicador da influência não significativa; * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$; CV - Coeficiente de Variação.

4.1. Percentagem de colonização micorrízica

A elevação nas concentrações de sais no solo, pelo uso das diferentes águas, impactou negativamente na colonização micorrízica nas mudas de mamoeiro (Figura 5A1). Neste sentido, ficou constatado que as espécies de FMA, *G. candida* (GC) e *A. scrobiculata* (AS) tiveram a sua capacidade de infecção reduzida linearmente em função da elevação dos níveis de sal na água de irrigação, e cujos valores de %CM observados foram de 30,36 e 19,48%, no menor nível de salinidade, portanto estatisticamente divergentes ($p < 0,05$) e, de 15, 98 e 12,08 ($p > 0,05$), respectivamente, quando expostas ao nível de sal mais alto.

A espécie de FMA *D. heterogama*, (DH) foi a mais eficiente na colonização das raízes de mamoeiro, para os níveis de salinidade, sendo significativamente superior ($p < 0,05$) às espécies GC e AS respectivamente (Figura 5A1). O pico %CM (72,8%) pela DH foi alcançado em função da exposição ao nível de 10,6 mmol_c L⁻¹ de sais na água de irrigação, superando em 8,11% a percentagem de colonização micorrízica de 66,84 observada sob o tratamento 0 mmol_c L⁻¹. Uma %CM pela espécie DH equivalente à observada na ausência de sais também foi

observada para a concentração de 21,12 mmol_c L⁻¹, o que reflete a tolerância desta espécie de FMA a salinidade (Figura 5A2). Para as espécies de FMA's GC e AS observou-se tendência linear decrescente da %CM em função da elevação da salinidade, cuja redução média foi de 0,31 e 0,17%, respectivamente, por mmol_c de sais para cada litro de água (Figura 5A2).

Quando comparada a tendência de comportamento do FMA, DH, com as demais espécies micorrízicas, constou-se que o valor de %CM desta, em função da maior salinidade (40 mmol_c L⁻¹), foi 29,42% superior ao da espécie AS e 9,96% inferior ao da espécie GC, quando ambas não foram expostas a salinidade (0 mmol_c L⁻¹). Esse comportamento evidencia o alto grau de infectividade da DH, quando comparado com estas espécies, mesmo em condições altamente estressantes, o que pode estar relacionado ao fato desta espécie ser amplamente encontrada em agroecossistemas do semiárido brasileiro (OEHL et al., 2008), sendo, portanto, tolerante a estresses abióticos diversos, em especial a condições de salinidade.

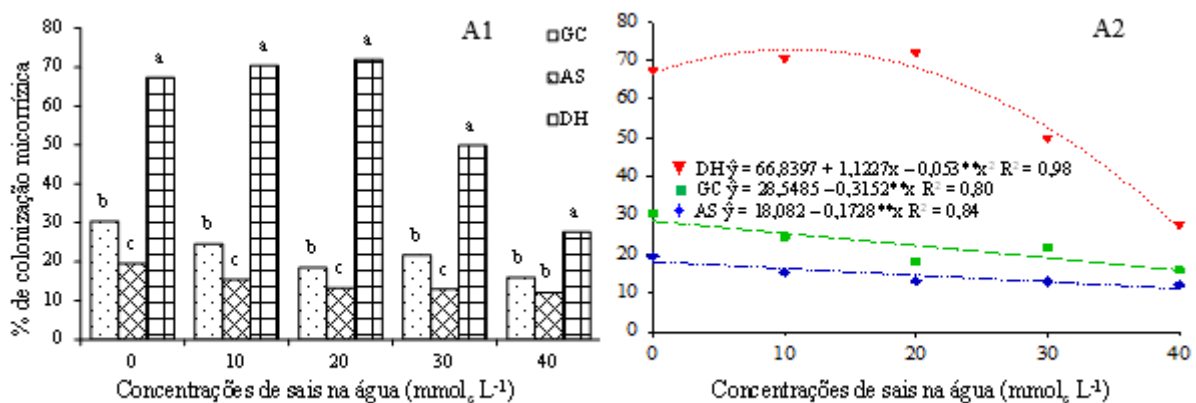


Figura 5 - Percentagem de colonização de três espécies de FMA's, em mudas de mamoeiro, aos 65 dias após a emergência (DAE), submetidas a concentrações de sais, na água de irrigação. Desdobramento da interação entre as micorrizas (GC – AS – DH), para cada nível de salinidade (A1) e entre os níveis de salinidade para cada FMA (A2), UFERSA, 2019.

A maior colonização por fungos nativos também foi observada por Estrada et al. (2013) ao estudarem o efeito de espécies distintas de FMA's na atenuação do estresse salino em plantas de milho em regiões áridas, e por Harris-Valle et al. (2018) em seus estudos com *Cucurbita pepo* vr. *Pepo* micorrizadas e submetida à seca e ao estresse salino.

A variabilidade no grau de infecção de raízes de plantas por diferentes espécies de micorrizas foi constatada em diferentes regiões do território brasileiro, bem como em diferentes países (LIMA et al., 2011; ESTRADA et al., 2013), o que pode ser creditada à compatibilidade entre os genótipos das plantas hospedeiras e das micorrizas (BAUM et al., 2009), bem como as

condições de fertilidade de solo ou substrato (MOREIRA & SIQUEIRA 2006), e ao nível de tolerância de diferentes espécies de FMA a salinidade (RABAB & REDA, 2018).

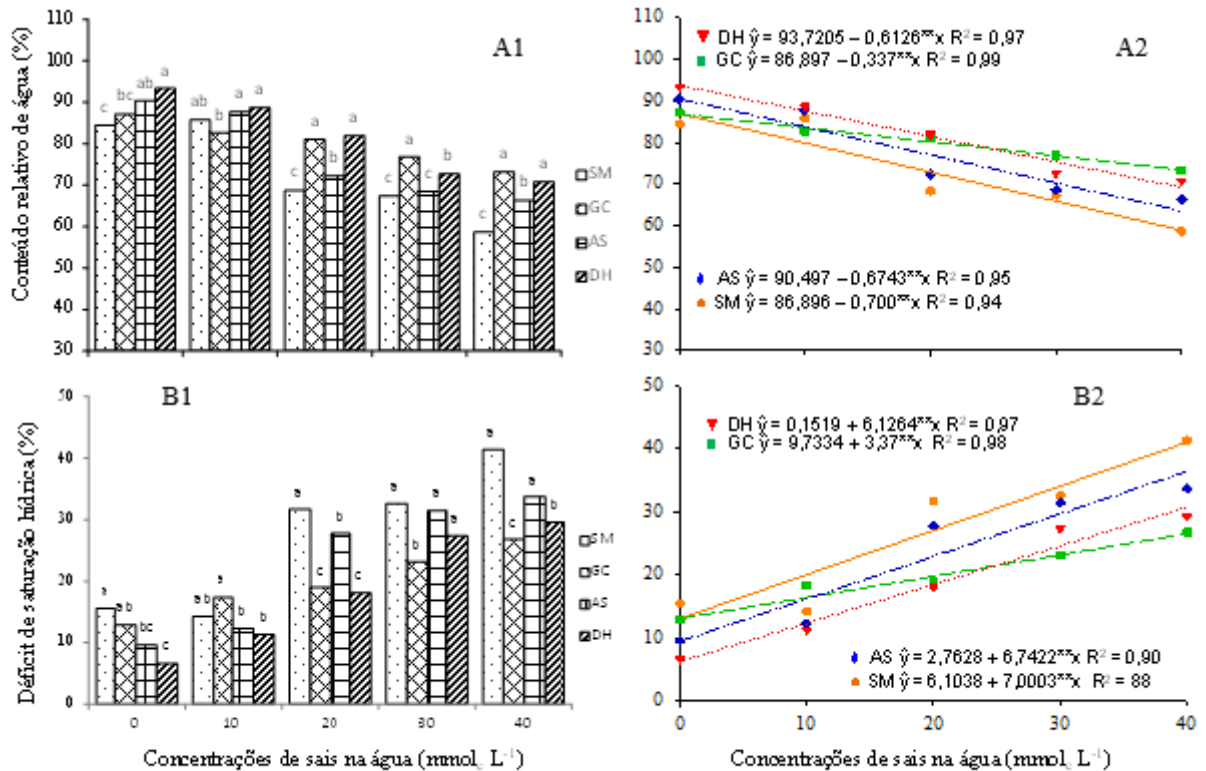
São inúmeros os estudos que comprovam o efeito negativo da salinidade na percentagem de colonização micorrízica em plantas cultivadas (NAVARRO et al., 2014; HASHEM et al., 2018; HASHEM et al., 2019; AMANIFAR et al., 2019), o que pode estar relacionado a redução da capacidade germinativa dos esporos (AHANGER et al., 2014), bem como às alterações nas propriedades morfológicas das hifas (WU et al., 2010), à exemplo do crescimento das hifas fúngicas, nesta condição (HASHEM et al., 2015).

4.2. Conteúdo relativo de água e déficit de saturação hídrica

A avaliação do conteúdo relativo de água (CRA) permitiu constatar que as espécies de FMA's promoveram melhorias na condição de hidratação dos tecidos foliar das mudas de mamoeiro submetidas às concentrações de sais na água de irrigação e que este efeito variou em função da espécie micorrízica estudada, bem como do nível salino (Figura 6).

A inoculação com a espécie de FMA *D. heterogama* proporcionou maior hidratação do tecido foliar e, conseqüentemente, menor déficit de saturação hídrica, quando comparada a ausência de FMA's para todos os níveis de salinidade, não diferenciando-se estatisticamente ($p > 0,05$), apenas quando aplicou-se a concentração de $10 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$ de sais (Figura 6A1 e B1). Para as concentrações de sais 20, 30 e $40 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$, as espécies de FMA DH e GC foram responsáveis pelos maiores valores de CRA e menores de DSH, respectivamente, não se diferenciando estatisticamente ($p > 0,05$). Um incremento no CRA de 17,14% foi proporcionado pela espécie DH, quando comparada com a não utilização de micorrizas na concentração de $40 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$ (Figura 6B2).

Constatou-se a tendência linear de redução do CRA e incremento do DSH, com a elevação da salinidade, sendo o maior comprometimento do status hídrico de mudas de mamoeiro aos 65 DAE observado em função da ausência de FMA (Figura 6A2 e B2), cuja perda percentual de hidratação por mmol_c de sais acrescentado para cada litro de água foi de 0,7%. A espécie de FMA DH foi responsável pelas maiores médias de CRA até a concentração de sais equivalente $24,76 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$, sendo que a partir deste ponto, referente a um CRA de 78,55%, a espécie GC passou a ser a mais tolerante (Figura 6B2).



Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade

Figura 6 - Conteúdo relativo de água (A) e déficit de saturação hídrica (B) em mudas de mamoeiro aos 65 DAE, micorrizadas e submetidas a concentrações de sais na água de irrigação. Desdobramento da interação entre as micorrizas, para cada nível de salinidade (A1 e B1) e entre os níveis de salinidade, para cada FMA (A2 e B2), UFERSA, 2019.

Corroborando com os resultados encontrados, um maior CRA também foi observado por Garg e Singla (2012), em plantas de *Pisum sativum* L. micorrizadas e submetidas a stress salino, em comparação as mesmas plantas não micorrizadas; e por Harris-Valle et al. (2017) em plantas de *Cucurbita pepo* sob micorrização com espécies nativas e exóticas e não micorrizadas, submetidas a seca e a níveis de sais no solo, os quais constataram que o uso de fungos micorrízicos nativos são mais eficientes na tolerância ao estresse hídrico e salino. Ainda neste sentido, uma diminuição drástica no CRA (50,03%) em plantas de *Cucumis sativus* L. não micorrizadas e submetidas a estresse salino foi observado por Hashem et al. (2018), os quais constataram que o uso de micorrizas foi capaz de aliviar o efeito negativo da salinidade na hidratação dos tecidos vegetais.

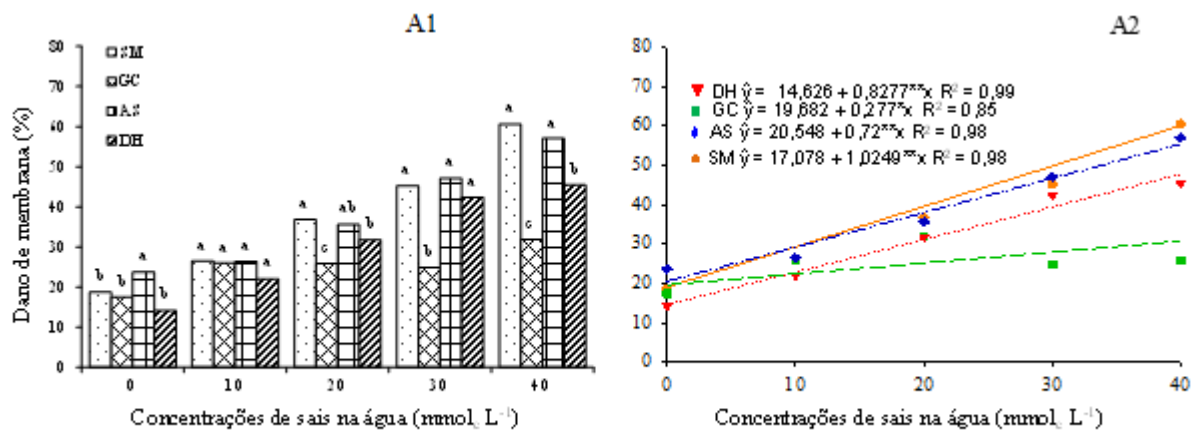
A redução do potencial total da água no solo, em função da elevação na concentração de sais no seu extrato de saturação, limita a disponibilidade de água para os vegetais, com consequências danosas, muitas vezes irreversíveis, para o crescimento das plantas cultivadas. Pesquisas revelam que melhorias no conteúdo relativo de água, em plantas micorrizadas, pode ser creditado à elevação no volume de substrato explorado pelas hifas fúngicas (MIRANSARI

et al., 2008), a maior superfície de contato das hifas extrarradiculares, quando comparadas com os pelos radiculares, ao ajustamento osmótico eficiente dos vegetais colonizados com FMA's (TALAAT & SHAWKY, 2014; HASHEM et al., 2018), e ao crescimento dos pelos radiculares em plantas hospedeiras (WU et al., 2010; LIU et al., 2018). Ainda, segundo Gholamhoseini et al. (2013), a simbiose micorrízica é capaz de proteger as plantas do efeito deletério do estresse hídrico, em função da ativação de mecanismos de defesa vegetal.

4.3. Dano de membrana em células dos tecidos foliares

As mudas de mamoeiro inoculadas com as espécies de FMA tiveram os danos nas membranas minimizados em comparação com as não micorrizadas nos níveis de salinidade testados, excetuando-se aquelas micorrizadas com a espécie de FMA AS, cujos danos foram mais severos (Figura 7A1 e A2), não diferenciando estatisticamente pelo teste de Tukey ($p>0,01$) do tratamento SM nos níveis de 10, 20, 30 e 40 $\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$.

O uso da espécie GC possibilitou uma percentagem de danos nos níveis de sais de 30 e 40 $\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$, da ordem de 24,9 e 31,89%, respectivamente, os quais foram estatisticamente menores ($p<0,01$) do que os 45,23 e 60,6% alcançados pelo tratamento SM. A outra espécie de FMA que proporcionou os menores danos foi a DH, os quais se mantiveram abaixo dos tratamentos SM e AS, sobretudo no nível de 40 $\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$ de sal (Figura 7A1).



Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade

Figura 7 - Dano de membrana em células do tecido foliar (A) de mudas de mamoeiro aos 65 DAE, micorrizadas e submetidas a concentrações de sais na água de irrigação. Desdobramento da interação entre as micorriza, para cada nível de salinidade (A1) e entre os níveis de salinidade, para cada FMA (A2), UFERSA, 2019.

O desdobramento da interação entre os níveis de salinidade em cada uma das espécies de FMA, através da análise de regressão (Figura 7A2), possibilita a visualização de uma tendência de comportamento linear crescente da curva de danos nas membranas em função do

incremento de sais, independente da inoculação nas mudas de mamoeiro com diferentes espécies de FMA's (Figura 7A2), contudo, observou-se que o uso das espécies DH e GC, minimizou estes danos, significativamente, quando comparadas aos tratamentos AS e SM.

As injúrias nas membranas celulares são comumente observadas em plantas expostas a estresses abióticos, em especial ao estresse salino (HASHEN et al., 2019). Uma consequência inevitável, contudo variável com o grau de severidade do agente estressor, é a maior fluidez e a diminuição na regulação da entrada e saída de substâncias intracelulares, o que pode culminar em danos irreversíveis e uma possível morte celular, devido à despolarização das moléculas fosfolipídicas, constituintes das membranas, e consequente desidratação do protoplasma.

São inúmeros os estudos que comprovam o efeito deletério da salinidade na estabilidade das membranas plasmáticas, o qual é aliviado pela colonização micorrízica (ESTRADA et al., 2013; NAVARRO et al., 2014; AMANIFAR et al., 2019) de forma diferenciada, a depender da espécie de FMA testada, corroborando com os resultados observados no presente estudo.

A elevação na concentração de espécies reativas de oxigênio (ERO's) no protoplasma celular provoca a peroxidação lipídica das membranas, sendo favorecida pela salinidade (HASHEM et al., 2018). No entanto, estes danos são aliviados pela síntese de compostos antioxidantes, a exemplo da prolina e da glicina-betaína, bem como do aumento da atividade das enzimas superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT), peroxidase do ascorbato (APX), cujas sínteses e atividades são intensificadas em plantas micorrizadas, como pôde ser comprovado por estudos desenvolvidos por Estrada et al. (2013) em plantas de milho, por Hashem et al. (2018) em *Cucumis sativus* L., e por Zhang et al. (2018) em *Ricinus Communis*, dentre outros.

4.4. Pigmentos fotossintéticos

Para todos os níveis de salinidade observou-se que a espécie DH foi responsável pela maior concentração de clorofila a (Clh a), não se diferenciando estatisticamente dos tratamentos GC e SM ($p > 0,05$), tão somente no maior nível de salinidade ($40 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$) (Figura 8A1). As concentrações das clorofilas a+b (Clh a+b) foram maiores em função da inoculação com DH para todos os níveis de salinidade, diferenciando-se ($p < 0,05$) de AS e GC, no nível de sais de $30 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$, e de SM em 0 e $10 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$ (Figura 8B1).

Com relação às concentrações de carotenoides (Carot.), evidenciou-se que nos níveis 0, 10 e $20 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$ de sais, o uso das diferentes espécies de FMA favoreceram as maiores concentrações quando comparadas com SM, contudo, para os níveis de 30 e $40 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$, observou-se uma maior concentração deste pigmento nas folhas de plantas de mamoeiro não

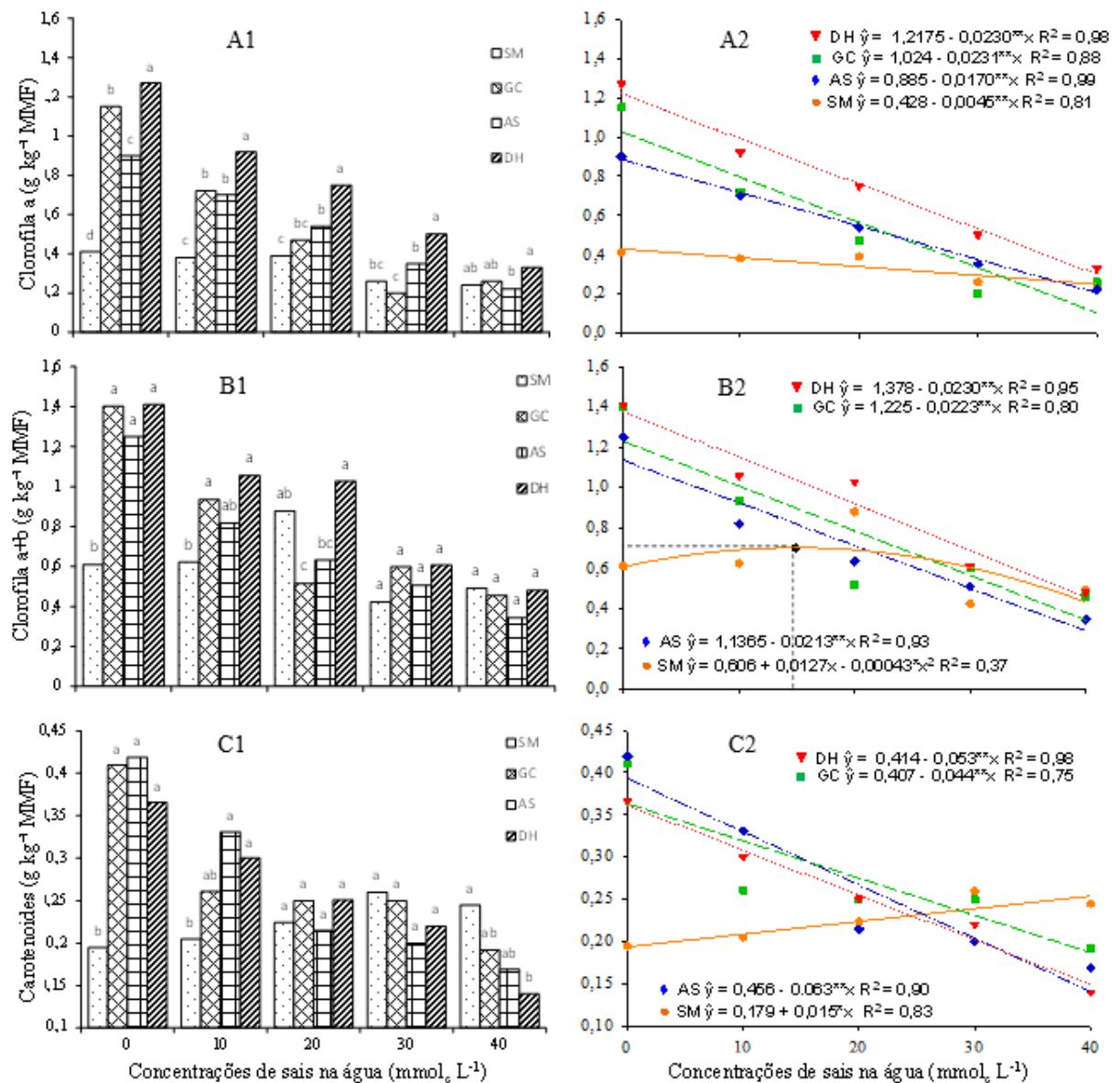
micorrizadas (Figura 8C1), o que pode ser atribuído a um efeito de concentração, uma vez que o uso de diferentes espécies de FMA's foi responsável por um maior acúmulo de biomassa nas folhas.

O efeito deletério da elevação da salinidade na concentração de pigmentos fotossintéticos foliares foi notório, sendo mais acentuado nas plantas não micorrizadas e variável em função da espécie de FMA (Figura 8A2, B2 e C2).

Uma tendência linear de diminuição nas concentrações de clorofilas a, a+b e Carot. ($p < 0,01$) foi evidenciada em função da elevação da salinidade, para as diferentes espécies de FMA. No entanto, para o tratamento SM foram observados os menores teores dos pigmentos fotossintetizantes e um comportamento diferenciado na concentração dos mesmos em função da elevação da salinidade, onde foi constatada uma tendência linear decrescente para Clh a, um comportamento quadrático para Clh a+b, com uma maior concentração de, $0,699 \text{ g kg}^{-1}$ na massa de matéria fresca (MMF), em função de $14,9 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$ de sal e uma tendência linear crescente para as concentrações de carotenóides. O aumento linear da concentração de carotenóides em função da elevação da salinidade pode ser um mecanismo de defesa vegetal na proteção da fotooxidação da clorofila (LIMA et al., 2004).

A redução nas concentrações dos pigmentos fotossintéticos, impostas indiretamente pela salinidade, tem impacto negativo direto no crescimento e desenvolvimento vegetal, devido à diminuição na produção de agentes redutores (NADPH) e de moléculas energéticas (ATP) na etapa fotoquímica, as quais são necessárias para fixação de carbono no ciclo redutivo das pentoses-fosfato (TAIZ et al., 2017), implicando, conseqüentemente, na redução da taxa fotossintética (SHENG et al., 2008).

A redução na taxa fotossintética ocorre em função de possíveis alterações bioquímicas a exemplo da supressão ou redução na atividade de enzimas específicas responsáveis pela síntese de pigmentos fotossintéticos (MURKUTE et al., 2009). Segundo Hashem et al. (2018), as micorrizas são capazes de regular a atividade de enzimas envolvidas na síntese de clorofilas concomitantemente com a diminuição na atividades de clorofilases em plantas sujeitas a ambientes salinos, favorecendo ao incremento nas concentrações foliares destes pigmentos.



Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade

Figura 8 - Concentrações de clorofila a (A), clorofilas a + b (B) e carotenóides (C) em folhas de mudas de mamoeiro aos 65 DAE, micorrizadas e submetidas a concentrações de sais na água de irrigação. Desdobramento da interação entre as micorrizas, para cada nível de salinidade (A1, B1, C1 e D1) e entre os níveis de salinidade (A2, B2, C2 e D2), para cada FMA, UFERSA, 2019.

Outra consequência do efeito depressivo da salinidade na síntese de pigmentos é o efeito antagonístico do Na⁺ na absorção de Mg²⁺, que é um dos constituintes das moléculas de clorofila (NAVARRO et al., 2014; SHENG et al., 2008). Estes mesmos autores observaram que a micorrização em porta-enxerto de citros foi capaz de diminuir a absorção de Na⁺ e aumentar a do Mg²⁺, o que favoreceu a maiores concentrações de clorofilas totais.

O grau de relação entre as variáveis avaliadas e discutidas nos tópicos supracitados (4.1 a 4.4) em função da interação entre os diferentes fatores de estudo micorrizas e concentrações

de sais em água foi avaliado pelo teste de correlação linear de Pearson (r) e encontra-se disposto na Tabela 4, onde, a partir da qual se podem evidenciar diferentes níveis de significância ao avalia-las pelo teste t a 5% de probabilidade.

Constatou-se correlação positiva entre a %CM e as variáveis CRA (0,47), Clh a (0,65), Clh a+b (0,57) e Carot. (0,33), porém a %CM foi negativamente correlacionada com DSH (-0,47) e DM (-0,31). O CRA correlacionou-se negativamente com DM (-0,84) o que permite inferir o quão importante é o status hídrico vegetal na estabilidade das estruturas celulares e o quanto o uso de FMA é capaz de atuar no favorecimento destas condições. Uma correlação linear positiva forte e estatisticamente significativa ($p < 0,01$) entre o %CM e CRA também foi observado por Hashem et al. (2018) em plantas de *Cucumis sativus* L. micorrizadas e submetidas a estresse salino, corroborando com os resultados observados no presente estudo.

É preciso destacar que a correlação é uma ferramenta estatística imprescindível na identificação de relação entre duas várias, contudo, a mesma não é utilizada para determinação de causa e efeito entre elas (GALARÇA et al., 2010).

Tabela 4 - Coeficiente de correlação linear de Pearson (r) entre as médias de percentagem de colonização micorrízica (%CM), conteúdo relativo de água (CRA), déficit de saturação hídrica (DSH), dano de membrana (DM), clorofila a (Clh a), clorofila a+b (Clh a+b) e carotenóides (Carot.) de mudas de mamoeiro Formosa, Tainung N°1, em função da micorrização e da água de irrigação com níveis de sais crescentes, obtidos aos 65 DAE, UFERSA, 2019.

	%CM	CRA	DSH	DM	Clh a	Clh a+b	Carot,
%CM.	1	0,47*	-0,47*	-0,31 ^{ns}	0,65**	0,57**	0,33 ^{ns}
CRA		1	-1,00**	-0,84**	0,78**	0,75**	0,66**
DSH			1	0,84**	-0,78**	-0,74**	-0,66**
DM				1	-0,63**	-0,67**	-0,58**
Clh a					1	0,94**	0,81**
Clh a+b						1	0,84**
Carot							1

* $p < 0,01$; ** $p < 0,05$; ns – não significativo.

Evidenciou-se efeito isolado significativo a níveis diferentes de probabilidade para as fontes de variação M e S, bem como uma interação significativa entre estes fatores aos níveis de 1 e 5% de probabilidade. Com relação ao nível de significância do efeito da salinidade sobre as variáveis, constata-se que, para AF, AFE, RAF, RPF, TCA e IQD este foi de 1% e para TCR foi de 5%. Quando analisado o efeito de M, observou-se que para todas as variáveis a significância foi de 1% e para a interação entre M e S a significância da análise de variância foi de 5% para AFE e de 1% para os demais parâmetros (Tabela 5).

Tabela 5 - Resumo da análise de variância para a área foliar (AF), área foliar específica (AFE), razão de área foliar (RAF), razão de peso foliar (RPF), taxa de crescimento absoluto (TCA), taxa de crescimento relativo (TCR) e índice de qualidade de Dickson (IQD) de mudas de mamoeiro Formosa, Tainung N° 1, em função da micorrização e da água de irrigação com níveis de sais crescentes, obtidos aos 65 DAE, UFERSA, 2019.

Fontes de Variação	Quadrados médios						
	AF	AFE	RAF	RPF	TCA	TCR	IQD
Salinidade (S)	161149,02**	14434,67**	2490,58**	0,0246**	4981,1**	149,372*	0,4367**
Micorrizas (M)	39155,21**	20517,25**	7019,82**	0,0160**	9750,9**	416,323**	1,1937**
S x M	8576,95**	3306,02*	2337,53**	0,0118**	1243,3**	174,764**	1,1201**
Bloco	1005,34 ^{ns}	912,07 ^{ns}	1084,27 ^{ns}	0,0085*	4,2519 ^{ns}	71,493 ^{ns}	0,0223 ^{ns}
Resíduo	755,78	1722,66	565,73	0,0034	78,1987	49,836	0,0121
CV (%)	11,67	12,85	21,17	17,01	15,88	21,14	20,29

Fonte: Dados obtidos no estudo; ns – indicador da influência não significativa; * P < 0.05; ** P < 0.01; CV - Coeficiente de Variação.

4.5. Área foliar e área foliar específica

A área foliar (AF) foi significativamente ($p < 0,05$) influenciada pela micorrização para as concentrações de sais, sendo a espécie DH responsável pelas maiores médias em todos os níveis de salinidade, sobretudo quando comparadas com SM e AS. O percentual de incremento na AF observado em função da inoculação com DH em comparação com SM nas maiores concentrações de sais (30 e 40 mmol_c L⁻¹) foi de 133,84 e 143,89% respectivamente ($p < 0,05$), o que sugere o caráter atenuador do estresse proporcionado pela salinidade em plantas não-micorrizadas (Figura 9A1).

O efeito das espécies de FMA's foi diferenciado e ficou evidenciado que o tratamento AS foi o menos eficiente, especialmente em função da exposição das mudas de mamoeiro às três maiores concentrações de sais, 20, 30 e 40 mmol_c L⁻¹, onde ficaram constatado os menores valores de AF e cujas médias para esse tratamento foram 186,26, 268,24 e 193,19% respectivamente menores do que as proporcionadas por DH e 159,93, 86,52 e 117,47% respectivamente menores do que GC (Figura 9A1).

A partir do desdobramento da interação entre as concentrações de sais para cada uma das espécies de FMA evidenciou-se as maiores médias de AF em plantas micorrizadas com o uso de GC e DH, cujos valores máximos estimados foram de 274,8 e 402,4 cm² em função das concentrações de sais de 17,3 e 9,58 mmol_c L⁻¹ de água, respectivamente. No caso de AS e SM observou-se uma tendência linear de diminuição nas médias de AF em resposta ao aumento da

salinidade em água de irrigação, onde para cada $\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$ a diminuição foi de 4,9 e 2,38 cm^2 , respectivamente para AS e SM (Figura 9A2).

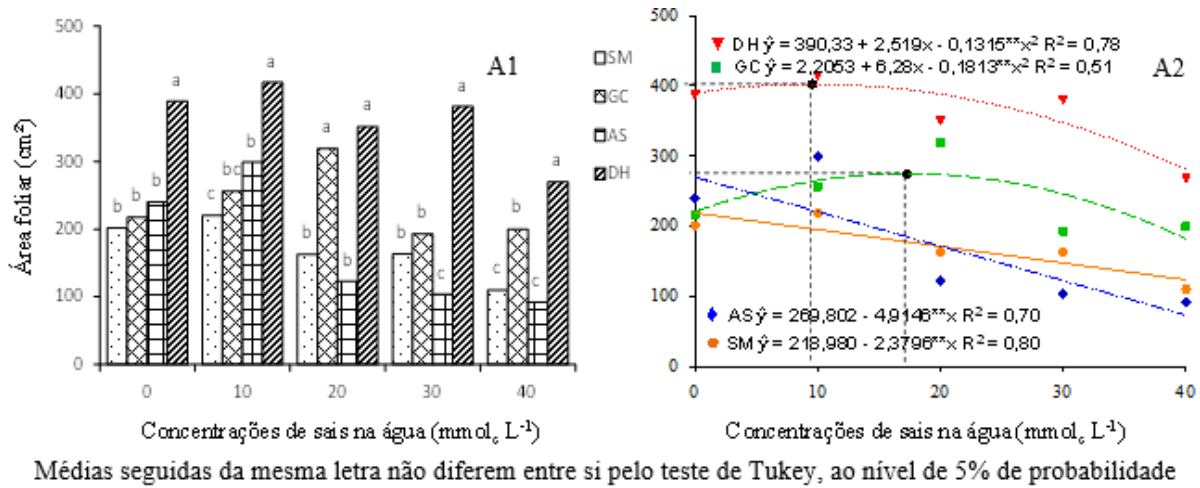


Figura 9 - Área Foliar (A) de mudas de mamoeiro, 65 DAE, micorrizadas e submetidas a concentrações de sais, em água de irrigação. Desdobramento da interação entre as micorrizas para cada nível de salinidade (A1) e entre os níveis de salinidade, para cada FMA (A2), UFERSA, 2019.

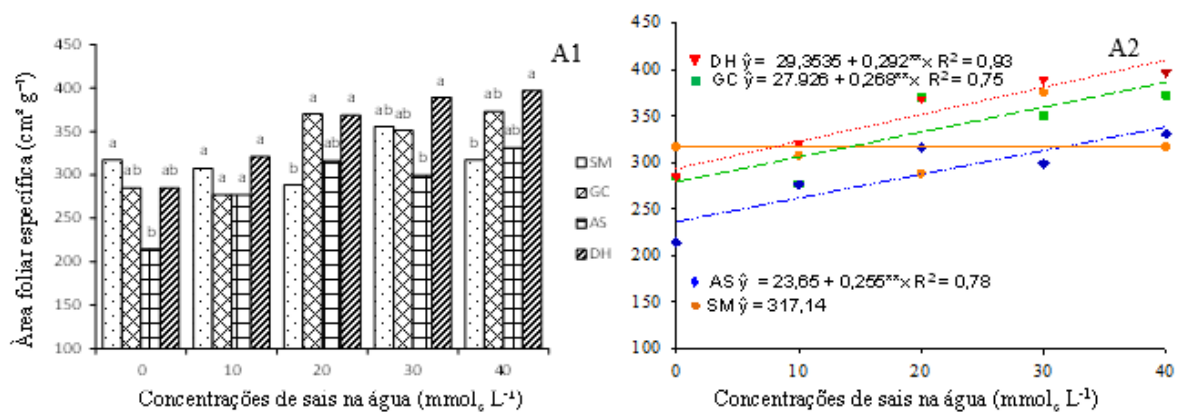
A redução da área foliar evidenciada pela elevação da concentração de sais (Figura 9A2), sobretudo mais intensamente em mudas não-micorrizadas pode estar relacionada com a diminuição do conteúdo relativo de água (Figura 6) uma vez que, segundo Gholamhoseini et al. (2013), a perda de água nas folhas diminui o alongamento e a divisão celular e contribui para a flacidez das mesmas. Ainda, reforçando a tese disposta, foi observada uma forte correlação entre CRA e a AF ($r = 0,61$) e desta última com a %CM ($r = 0,83$) (Tabela 6).

Estudos comprovam que a redução da área foliar é decorrente de desequilíbrios fisiológicos que culminam na redução da expansão foliar (BARBOSA et al., 2013), sendo este parâmetro um dos mais importantes para caracterizar o crescimento das plantas, tendo em vista que as folhas é o sitio de realização da fotossíntese, estando diretamente relacionado com os ganhos de produtividade (OLIVEIRA et al., 2009). Peçanha et al. (2017) em seu estudo com duas cultivares de mamoeiro submetidas a soluções nutritivas com diferentes condutividades elétricas concluíram que a redução da área foliar proporcionada pela elevação da salinidade está diretamente relacionada a limitações na absorção de água e consequente perda de turgor celular.

As micorrizas ao melhorarem a absorção de água e de nutrientes pelas plantas em ambientes salinos proporcionam ganhos significativos de AF quando comparadas a plantas não-inoculadas (ELHINDI et al., 2017), como ficou comprovado no presente estudo e em outros desenvolvidos em momentos anteriores a exemplo do realizado por Lima et al. (2011) com o

uso de diferentes espécies de FMA's para produção de mudas de mamoeiro, cultivar Golden (Grupo Solo) e por Zhang et al. (2018) em seus estudos sobre o impacto da colonização micorrízica no alívio do estresse salino em plantas de *Ricinus communis*, o qual atribui a redução da área foliar a degradação de estruturas celulares.

Ao contrário do comportamento observado para AF (Figura 9A2) a AFE das plantas micorrizadas aumentou linearmente em função da elevação da salinidade. Contudo, para as plantas sem FMA's os dados não se ajustaram aos modelos de regressão linear ou quadrático, em função das concentrações de sais (Figura 10A2). A AFE foi menor ou estatisticamente igual ($p>0,05$) em plantas micorrizadas quando comparadas com as não-micorrizadas para os tratamentos 0 e 10 $\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$ de sais, contudo quando submetidas a maior concentração de sais (40 $\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$) a espécie DH proporcionou a maior média (39,69 $\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$) a qual foi estatisticamente superior ($p<0,05$) ao alcançado pelas plantas não-micorrizadas (Figura 10A1) e estatisticamente igual ($p>0,05$) aos tratamentos AS e GC.



Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade

Figura 10 - Área foliar específica (A) de mudas de mamoeiro, 65 DAE, micorrizadas e submetidas a concentrações de sais, em água de irrigação. Desdobramento da interação entre as micorrizas para cada nível de salinidade (A1) e entre os níveis de salinidade, para cada FMA (A2), UFERSA, 2019.

Fica evidenciado com base nos valores observados para AFE que a anatomia e a morfologia foliar foram fortemente influenciadas pela inoculação com FMA's, o que permite uma maior interceptação da radiação solar. Contudo, este comportamento em função da elevação da salinidade favorece a fragilização das estruturas foliares uma vez que, segundo França et al. (2014) este é um resultado da divisão e alongamento celular e resulta na expansão foliar sem contudo haver o acúmulo de massa de matéria seca nestes órgãos, o que deixa as folhas mais delgadas.

4.6. Razão de área foliar e razão de peso foliar

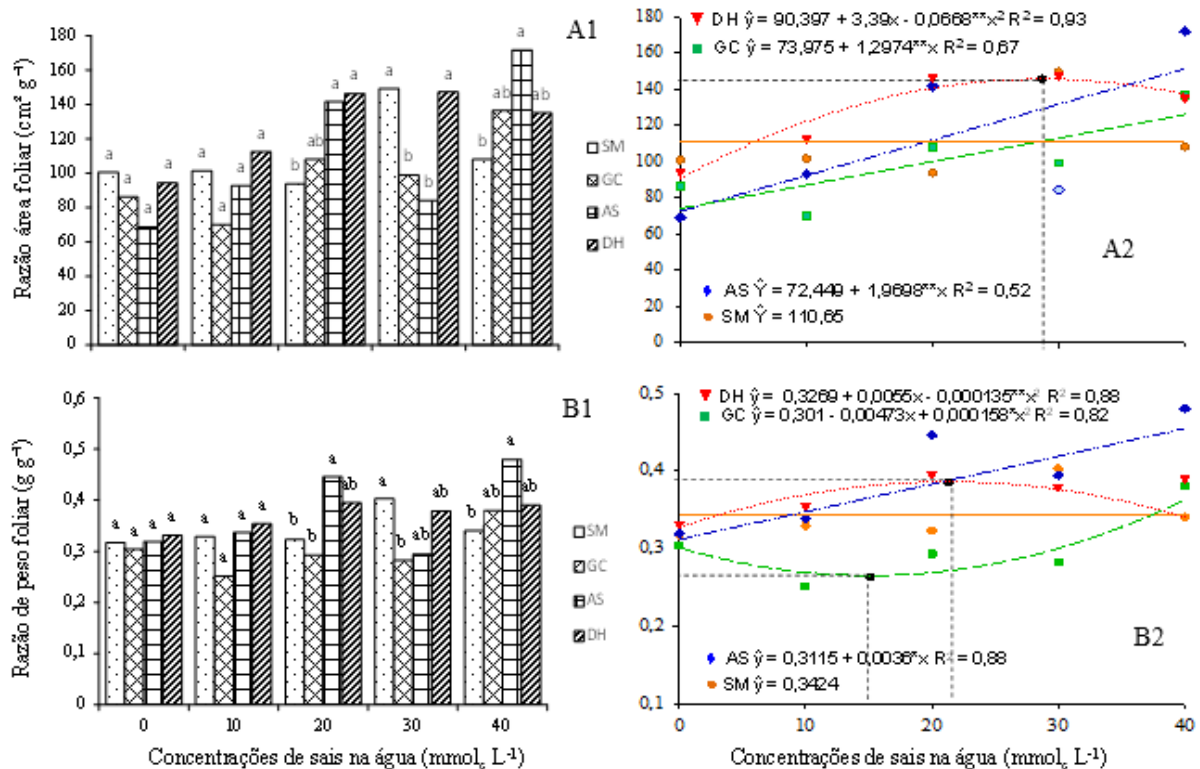
Evidenciou-se que a RAF foi similar ($p > 0,05$) independente do uso de micorrizas, bem como da espécie testada, nas concentrações 0 e 10 $\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$ e estatisticamente diferentes ($p < 0,05$) em função dos demais tratamentos salinos e biológicos. Para as doses 20 e 40 $\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$ de sais os tratamentos SM e GC proporcionaram menores RAF e para 30 $\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$ os menores valores foram observados por GC e AS (Figura 11A1 e B1).

Ficou notório que em condições de baixa salinidade (0 e 10 $\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$) os FMA's não exerceram influência nessas variáveis, contudo em condições mais salinas (20, 30 e 40 $\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$) estes microorganismos proporcionaram as maiores médias tanto da RAF quanto da RPF, sendo a espécie AS, na concentração de 40 $\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$, estatisticamente similar a GC e DH ($p > 0,05$) e diferente do tratamento SM ($p < 0,05$) (Figura 11A1 e B1).

A elevação na concentração de sais favoreceu a uma tendência de comportamento linear crescente da RAF de mudas de mamoeiro micorrizadas com As e GC, partindo de uma média de 68,8 e 86,2 na concentração inicial alcançando a 171,6 e 136,5 respectivamente na concentração máxima. Para as espécies DH observou-se um valor máximo de RAF da ordem de 145,49 $\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$ em função da concentração de sais equivalente a 28,7 $\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$. Com relação RPF, um comportamento similar ao supracitado foi evidenciado para as espécies de FMA's As e DH, onde, para AS os valores médios desta variável partiram de 0,32 na concentração inicial e atingiram 0,48 na concentração máxima de sais e para DH o valor máximo obtido foi de 0,38 em função de 21,3 $\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$ de sais (Figura 11B2).

No geral, as plantas expostas a salinidade tenderam a utilizar uma maior área foliar por grama de MMST acumulada, sendo este acúmulo variável em função da espécie de FMA.

Ao considerar este parâmetro, pode-se inferir que a espécie AS pode ser considerada a menos importante no alívio do estresse salino em mudas de mamoeiro, pois plantas micorrizadas com esta espécie necessitaram de uma maior superfície assimilatória para produzir uma quantidade de biomassa similar à produzida por aquelas inoculadas com as demais espécies, em uma mesma condição de salinidade, o que sugere um indicativo de estresse, devido à menor eficiência fotossintética ou ao maior gasto energético na manutenção e restauração de compostos de carbono.



Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade

Figura 11 - Razão de área foliar (A) e razão de peso foliar (B) de mudas de mamoeiro, 65 DAE, micorrizadas e submetidas a concentrações de sais, em água de irrigação. Desdobramento da interação entre as micorrizas, para cada nível de salinidade (A1 e A2) e entre os níveis de salinidade, para cada FMA (B1 e B2), UFRSA, 2019.

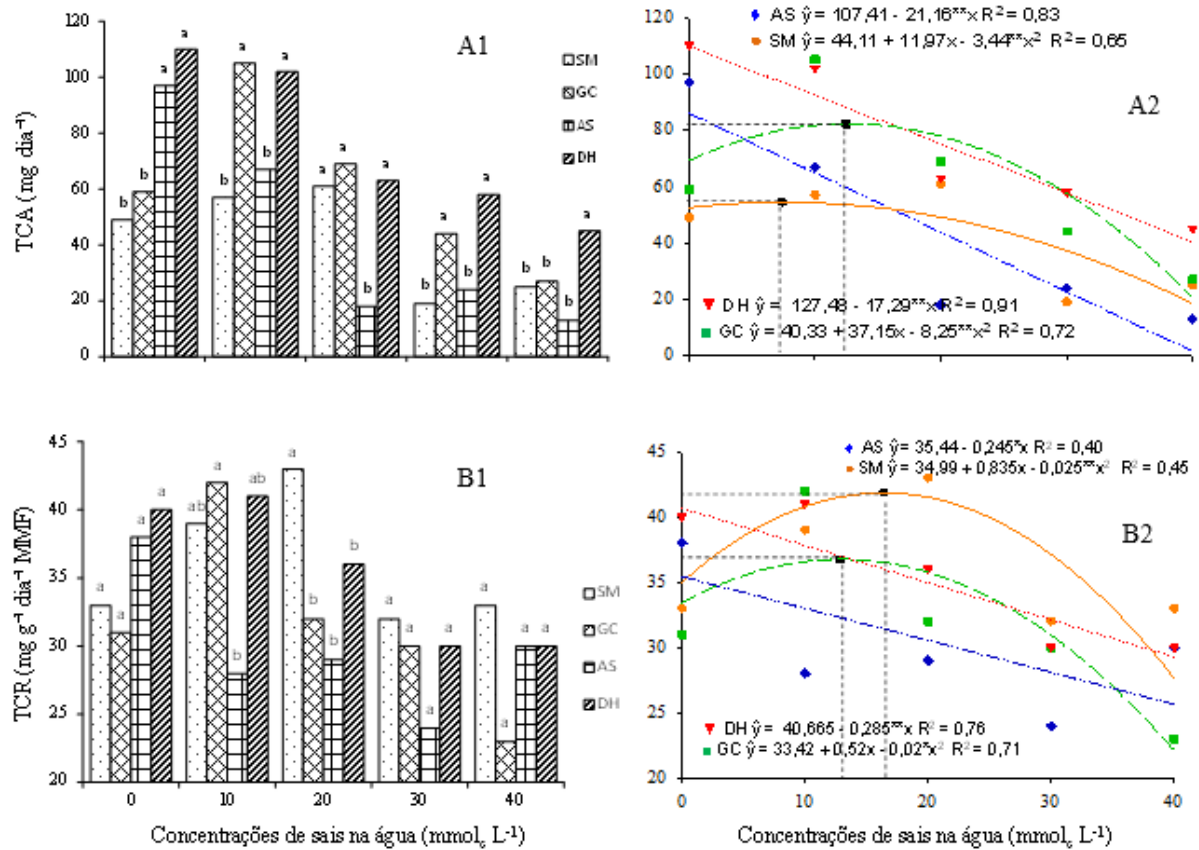
4.7. Taxa de crescimento absoluto (TCA) e relativo (TCR)

A TCA e a TCR no período de 45 a 65 DAE foram influenciadas significativamente ($p < 0,05$) pelo uso de FMA's para todos os níveis de salinidade, sendo perceptível o efeito depressivo da salinidade nesses parâmetros, cuja maior severidade dos danos foi verificada pela ausência da inoculação micorrízica, a qual por sua vez proporcionou efeito diferenciado a depender da espécie (Figura 12A1 e A2).

Em mudas de mamoeiro irrigadas com água de boa qualidade (0 mmolc L^{-1}) a média de TCA de 110 mg dia^{-1} proporcionada pela micorriza DH foi 124%, 86,44%, 13,4% superior ao SM, GC e AS, respectivamente. O uso da espécie DH possibilitou as melhores TCA praticamente em todas as concentrações de sais e foi estatisticamente superior as demais espécies de FMA's na concentração mais elevada, 40 mmolc L^{-1} , onde o incremento de biomassa diária foi da ordem de 66,66 e 246% superior a GC e AS, nesta ordem (Figura 12A1).

A TCR não foi influenciada ($p > 0,05$) pelos tratamentos micorrízicos nas concentrações extremas de sais (0 e 40 mmolc L^{-1}) mas tão somente em função de 20 mmolc L^{-1} ($p < 0,05$), onde

constatou-se que o não uso de FMA (SM) foi o tratamento mais eficiente e que as diferentes espécies de micorriza proporcionaram um acúmulo de massa de matéria seca, em função de uma biomassa acumulada inicial, estatisticamente similar entre si (Figura 12B1).



Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade

Figura 12 - Taxa de crescimento absoluto (A) e taxa de crescimento relativo (B) de mudas de mamoeiro 65 DAE, micorrizadas e submetidas a concentrações de sais em água de irrigação. Desdobramento da interação entre as micorrizas, para cada nível de salinidade (A1 e B1) e entre os níveis de salinidade (A2 e B2), para cada FMA, UFERSA, 2019.

A elevação gradativa da salinidade foi responsável pela redução significativa da TCA e TCR, independente do tratamento micorrízico, onde para a inoculação com os FMA's DH e AS foi observado uma tendência linear decrescente, e para GC e SM o melhor ajuste da distribuição dos scores foi através de um modelo de regressão quadrático. A elevação na concentração de sais até 7,4 mmol_c L⁻¹, proporcionou uma TCA de 54,3 mg dia⁻¹ em mudas de mamoeiro não-micorrizadas, decrescendo a partir deste ponto (Figura 12A2). Todavia em plantas micorrizadas nesta mesma concentrações de sais foram estimados os valores de 70,59, 79,99 e 97,39 mg dia⁻¹, respectivamente para as espécies de FMA's AS, GC e DH. Este comportamento comprova o efeito amenizador do estresse salino proporcionado pelas micorriza na produção de mudas de mamoeiro.

Para TCR o comportamento foi similar a TCA, contudo o maior acúmulo de biomassa ($41,88 \text{ mg g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$) em função de um peso inicial foi observado em mudas não-micorrizadas na concentração $16,40 \text{ mmolc L}^{-1}$, sendo que para esta mesma concentração os valores estimados com ao uso de GC, As e DH foram de 35,98, 36,57 e 31,42, respectivamente.

O alívio do estresse salino pela inoculação micorrízica e dimensionada a partir destes parâmetros de crescimento pode estar relacionado ao efeito melhorado na absorção de água (Figura 6) e nutrientes por estes microrganismos, o que implica diretamente em alterações morfofisiológicas na planta. Verificou-se, também, que a %CM correlacionou-se positivamente com a TCA ($r=0,58$), e a espécie DH, cuja maior %CM foi constatada, foi a que favoreceu a atenuação mais acentuada do estresse salino sobre as variáveis avaliadas no presente estudo.

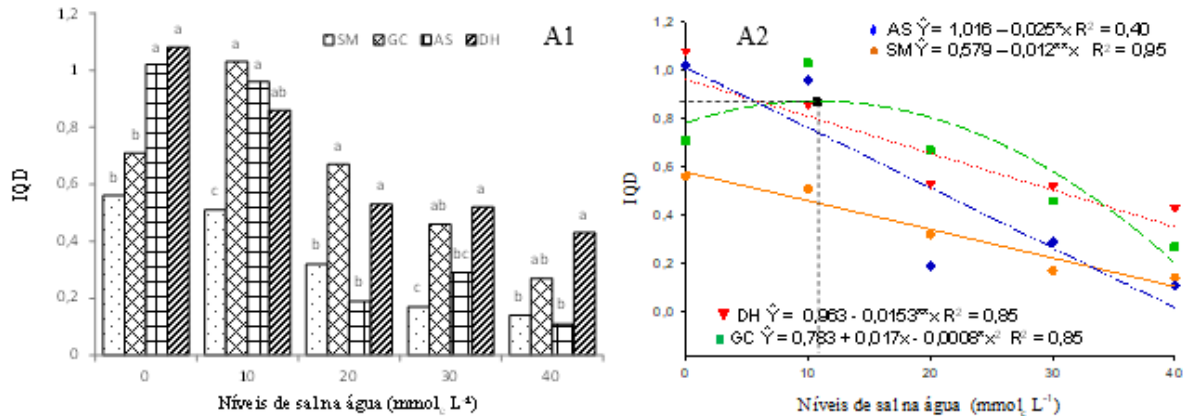
4.8. Índice de qualidade de Dickson

A qualidade das mudas de mamoeiro definidas com base no IQD foi significativamente influenciada pela micorrização para as concentrações de sais ($p<0,05$), onde se observou que a inoculação com a espécie DH proporcionou as maiores médias em comparação com SM, para todas as concentrações de sais na água, seguidas das espécies GC e AS. Nas concentrações 20, 30 e 40 mmolc L^{-1} a espécie AS foi responsável por um percentual de 178,95, 79,31 e 290,9% respectivamente menores aos IQD's determinados por DH (Figura 13A1).

Os níveis de salinidade afetaram negativamente o IQD, sendo constatado um decréscimo linear das médias para esta variável nas mudas inoculadas com os FMA's DH e AS, bem como no tratamento SM. Na ausência de FMA's o IQD partiu de 0,56 na dose de 0 mmolc L^{-1} de sais para 0,14 na concentração máxima de sais (40 mmolc L^{-1}). Para as mudas de mamoeiro micorrizadas com a espécie DH, os valores foram de 1,08 a 0,43, respectivamente para a maior e menor concentração de sais, o que reflete o caráter atenuador do efeito depressivo da salinidade por estes microrganismos. A inoculação com o FMA GC proporcionou um IQD máximo (0,87) em função de $10,73 \text{ mmolc L}^{-1}$, decrescendo em seguida, até alcançar um valor de 0,27 na concentração mais elevada de sais (Figura 13A2).

O IQD é um parâmetro relacionado à robustez das mudas e permite uma compreensão geral acerca da distribuição da fitomassa nos diferentes órgãos vegetais, sendo assim, quanto maior os valores deste índice maior será a qualidade das mudas, bem como a sua capacidade de desenvolvimento em campo (ARAÚJO et al., 2016). Neste sentido, fica evidenciado que as micorrizas podem aliviar o efeito negativo da salinidade sobre a qualidade das mudas de mamoeiro e que a magnitude da proteção é variável em função da espécie inoculada. Uma Redução na qualidade das mudas de espécies frutíferas, medidas a partir do IQD, em função do

incremento da salinidade em água de irrigação também foi observada por outros autores como Nascimento Neto (2017) em mudas de mamoeiro Havaí e Medeiros et al. (2016) no seu estudo com maracujazeiro amarelo.



Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade

Figura 13 – Índice de Qualidade de Dickson (A) de mudas de mamoeiro 65 DAE, micorrizadas e submetidas a concentrações de sais em água de irrigação. Desdobramento da interação entre as micorrizas, para cada nível de salinidade (A1) e entre os níveis de salinidade, para cada FMA (A2), UFERSA, 2019.

As análises de correlação de Pearson dos índices fisiológicos e de qualidade de Dickson (IQD) das mudas de mamoeiro submetidas à micorrização e aos níveis de salinidade estão expressas na Tabela 6. Verifica-se uma correlação significativa para a maioria das variáveis ao nível $p < 0,01$ e $p < 0,05$ de probabilidade, bem como níveis de correlação variando entre fraco ($0,1 \geq r \leq 0,3$), moderado ($0,4 \geq r \leq 0,6$) e forte ($0,7 \geq r \leq 1,0$), conforme classificação proposta por Figueiredo Filho e Silva Júnior (2009).

Pode-se observar correlação positiva forte e significativa entre a variável %CM e as variáveis CRA, IQD ($p < 0,05$), AF e TCA (0,01). No que se refere a variável CRA, ficou constatado que a mesma não se correlacionou significativamente apenas com a variável RPF, contudo, correlacionaram-se fortemente e negativamente com RAF ($p < 0,05$) e positivamente com AF, TCA, TCR ($p < 0,01$) TCR e IQD ($p < 0,05$).

A forte correlação positiva entre a %CM e as variáveis CRA e AF possibilita a visualização da importância do papel das micorrizas no alívio do estresse salino tendo em vista que as mudas de maior qualidade, com base nos maiores IQD's, foram aquelas com a maior hidratação e com maior área de captação de luz.

Tabela 6 - Coeficiente de correlação simples de Pearson entre as médias de percentagem de colonização micorrízica (%CM), conteúdo relativo de água (CRA) para a área foliar (AF), área foliar específica (AFE), razão de área foliar (RAF), razão de peso foliar (RPF), taxa de crescimento absoluto (TCA), taxa de crescimento relativo (TCR) e índice de qualidade de Dickson (IQD) de mudas de mamoeiro Formosa, Tainung N° 1, em função da micorrização e da água de irrigação com níveis de sais crescentes, obtidos aos 65 DAE, UFERSA, 2019.

	%CM	CRA	AF	AFE	RAF	RPF	TCA	TCR	IQD
%CM	1	0,47*	0,81**	0,13 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,58**	0,25 ^{ns}	0,49*
CRA		1	0,65**	0,46*	-0,50*	-0,38 ^{ns}	0,80**	0,41*	0,47*
AF			1	0,12 ^{ns}	-0,06 ^{ns}	-0,2 ^{ns}	0,76**	0,37 ^{ns}	0,71**
AFE				1	0,75**	0,31 ^{ns}	-0,46*	0,42*	-0,52**
RAF					1	0,86**	-0,58**	-0,37 ^{ns}	-0,63**
RPF						1	-0,51*	-0,24 ^{ns}	-0,53**
TCA							1	0,71**	0,93**
TCR								1	0,49*

*p<0,01; **p<0,05; ns – não significativo.

Os dados dos quadrados médios das variáveis biométricas e de acúmulo de biomassa nos diferentes órgãos vegetais estão representados na Tabela 7, a partir da qual se evidencia uma interação significativa entre os fatores de estudo, salinidade da água de irrigação e espécies de FMA's, a diferentes níveis de probabilidade, onde, para MMSC, a interação foi significativa a 0,05 e para as demais variáveis o nível de significância foi de 0,01.

Tabela 7 - Resumo da análise de variância para massa de matéria seca da raiz (MMSR), massa de matéria seca do caule (MMSC), massa de matéria seca da folha (MMSF), massa de matéria seca total (MMST), altura da planta (ALT), comprimento da raiz (CR), diâmetro do caule (DC) e número de folhas (NF) de mudas de mamoeiro Formosa, Tainung N° 1, em função da micorrização e da água de irrigação com níveis de sais crescentes, obtidos aos 65 DAE, UFERSA, 2019.

Fontes de Variação	Quadrados médios							
	MMSR	MMSC	MMSF	MMST	ALT	CR	DC	NF
Salinidade (S)	1,184**	0,515**	0,990**	7,611**	71,093**	245,34**	21,617**	4,479**
Micorrizas (M)	4,501**	0,115**	0,927**	11,343**	77,731**	175,07**	13,760**	28,362**
S x M	0,496**	0,062*	0,103**	1,226**	14,749**	38,998**	2,236**	1,687**
Bloco	0,091 ^{ns}	0,054 ^{ns}	0,007 ^{ns}	0,188*	0,583 ^{ns}	4,754 ^{ns}	1,664*	0,612 ^{ns}
Resíduo	0,039	0,027	0,004	0,113	1,375	5,236	0,631	0,708
CV (%)	19,98	29,76	8,69	14,81	6,31	12,86	11,99	8,24

Fonte: Dados obtidos no estudo; ns – indicador da influência não significativa; * P < 0,05; ** P < 0,01; CV - Coeficiente de Variação.

4.9 Massa de matéria seca das folhas, caule, raiz e total

A biomassa das mudas de mamoeiro em suas diferentes partes estruturais foi influenciada significativamente ($p < 0,05$) pela a inoculação micorrízica nos níveis de salinidade testados, sendo a magnitude deste efeito variável em função das espécies de FMA's (Figura 14).

As micorrizas proporcionaram uma maior MMSF, MMSC, MMSR e MMST em todas as concentrações de sais, quando comparadas às sem micorrizas (Figura 14), onde se evidenciou que a inoculação com DH e GC proporcionaram as maiores médias, sobretudo nos níveis mais salinos (20, 30 e 40 $\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$) quando comparadas com a espécie AS e com a não utilização de FMA.

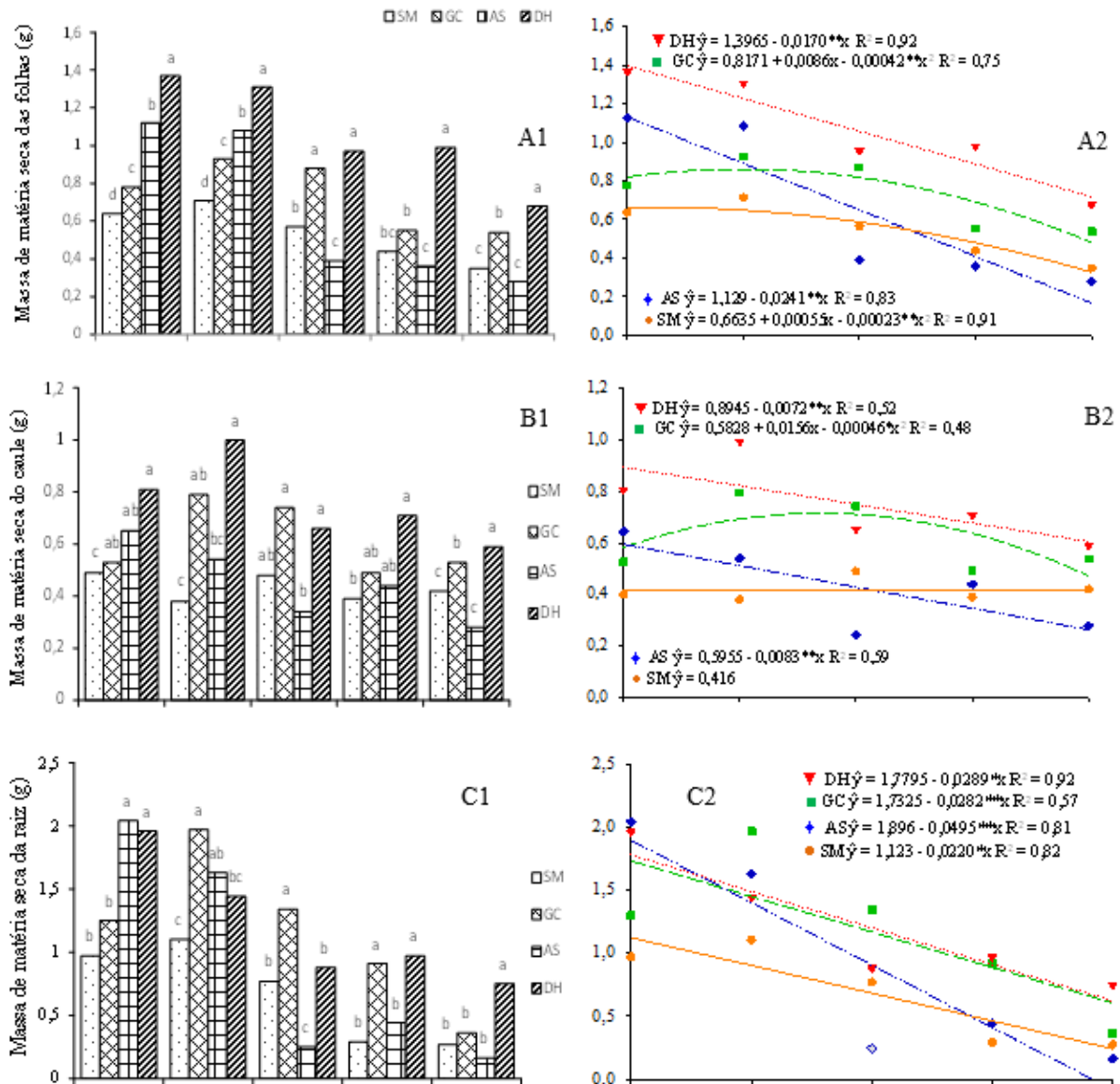
O incremento da salinidade proporcionou um decréscimo linear na fitomassa dos diferentes órgãos vegetal em função da micorrização com DH onde verificou-se médias variando de 1,37 a 0,68 gramas de MMSF, 0,81 a 0,59 gramas de MMSC, 1,96 a 0,75 gramas de MMSR e de 4,13 a 2,01 gramas de MMST para as concentrações de 0 a 40 $\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$, respectivamente. Porém, quando comparado com as médias obtidas sem o uso de micorrizas constatou-se que esses valores foram estatisticamente superiores ($p < 0,05$) (Figura 14), o que reflete o caráter atenuador da salinidade proporcionado por esta espécie de FMA. Com relação à inoculação com GC, observou-se que esta possibilitou uma MMSF de 0,777g em função de 24 $\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$ e uma MMST de 2,55g em função de 28,18 $\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$ de sais, valores estes similares aos alcançados pela mesma espécie com o uso de água sem sais (0 $\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$), o que reflete a tolerância desta espécie a salinidade (Figura 14A2 e D2).

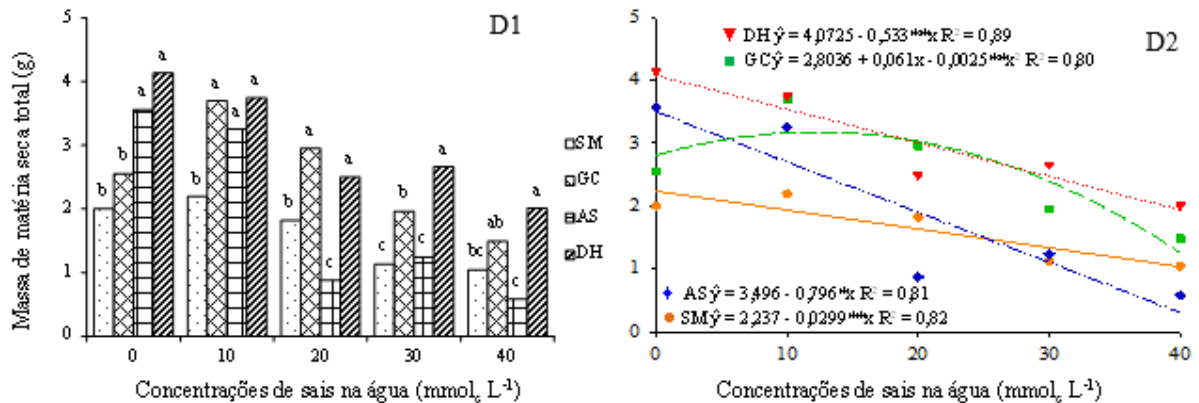
As médias de MMST proporcionadas pela a inoculação micorrízica com as espécies DH e GC foram superiores ($p < 0,05$) as proporcionadas por SM em todos os níveis de salinidade, sendo o percentual de superioridade proporcionado pela espécie DH equivalente a 106,5; 70,77; 37,36; 135,39 e 93,27% e por GC equivalente a 27,5; 68,95; 62,1; 73,45 e 43,27%, em função das concentrações de sais 0, 10, 20, 30 e 40 $\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$ de sais, respectivamente (Figura 14D1).

As mudas inoculadas com AS tiveram as menores médias de MMST (0,88 e 0,58g) quando expostas as concentrações 20 e 40 $\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$ de sais, as quais foram 105,81 e 79,31% menores do que as observadas em mudas de mamoeiros não micorrizadas (SM), respectivamente, nestas condições (Figura 14D1), o que revela um possível efeito de dreno de fotoassimilados proporcionado por esta espécie de FMA.

Evidencia-se que as espécies responsáveis por favorecerem os maiores acúmulos de biomassa em mudas de mamoeiro são também as mesmas que proporcionaram as maiores

%CM (Figura 5), os melhores estados de hidratação dos tecidos foliares (Figura 6), os menores danos nas biomembranas (Figura 7), os maiores acúmulos de pigmentos fotossintéticos e as maiores áreas foliares (Figura 8 e 9), dentre outras melhorias, as quais podem ter favorecido uma regulação osmótica, iônica e oxidativa mais eficiente, refletindo na promoção de uma maior fotossíntese líquida.





Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade

Figura 14 - Massa de matéria seca das folhas (A), caule (B), raiz (C) e total (D) de mudas de mamoeiro, 65 DAE, micorrizadas e submetidas a concentrações de sais, em água de irrigação. Desdobramento da interação entre as micorrizas, para cada nível de salinidade (A1, B1, C1 e D1) e entre os níveis de salinidade (A2, B2, C2 e D2), para cada FMA, UFRS, 2019.

A micorrização exerce um papel fundamental no alívio do estresse salino numa ampla variedade de plantas, sendo capaz de elevar a produção de biomassa nestas condições (PORCEL et al., 2016). Melhorias no acúmulo de biomassa em inúmeras espécies vegetais micorrizadas e expostas a condições de estresse salino são frequentemente relatadas (AMANIFAR et al., 2019; AZIMI et al., 2018; HASHEM et al., 2018; HARRIS-VALLE et al., 2017; ESTRADA et al., 2013; DAEI et al., 2009) e evidencia a importância destes microorganismos na manutenção da sustentabilidade dos agroecossistemas. No entanto, as respostas ao estresse podem variar dependendo da espécie de FMA (HARRIS-VALLE et al., 2017).

Corroborando com os resultados, Amanifar et al. (2019) ao avaliarem o efeito de concentrações crescentes de sais na água de irrigação no crescimento inicial de mudas de *Glycyrrhiza glabra* L. com e sem micorrizas, constaram que a elevação da salinidade reduziu a produção de biomassa, porém que esta redução foi minimizada pelo FMA.

Incrementos na produção de biomassa da ordem de 69,9% ($p < 0,01$) e 76,4% ($p < 0,01$) também foram observados em plantas de *Ricinus communis*, micorrizadas com diferentes espécies de FMA's quando comparados com o não uso de micorrizas, sob stress hídrico e salino, respectivamente (ZHANG et al., 2018). Almeida et al. (2014) em seu estudo com diferentes substratos e doses de inóculo micorrízico em mudas de mamoeiro observaram maiores médias de MMSPA, MMSR e MMST para as maiores doses de FMA's, independentemente do tipo de substrato.

A maior produção de biomassa em plantas micorrizadas, quando expostas ao estresse hídrico e salino, está relacionada ao aumento no crescimento das hifas extrarradiculares (HARRIS-VALLE et al., 2017) que por sua vez possibilita melhorias na absorção de água e de

nutrientes (DAEI et al., 2009; ZHU et al., 2018) e influencia positivamente a condutância estomática, taxa fotossintética e eficiência no uso da água (HE et al., 2017).

5.0 Variáveis de crescimento: Altura, comprimento da raiz, diâmetro do caule e número de folhas

A altura e o crescimento da raiz das mudas de mamoeiro foram severamente comprometidos pelo incremento de sais na água de irrigação, porém a micorrização possibilitou as melhores repostas de crescimento para estas duas variáveis independentemente do nível salino aplicado (Figura 15).

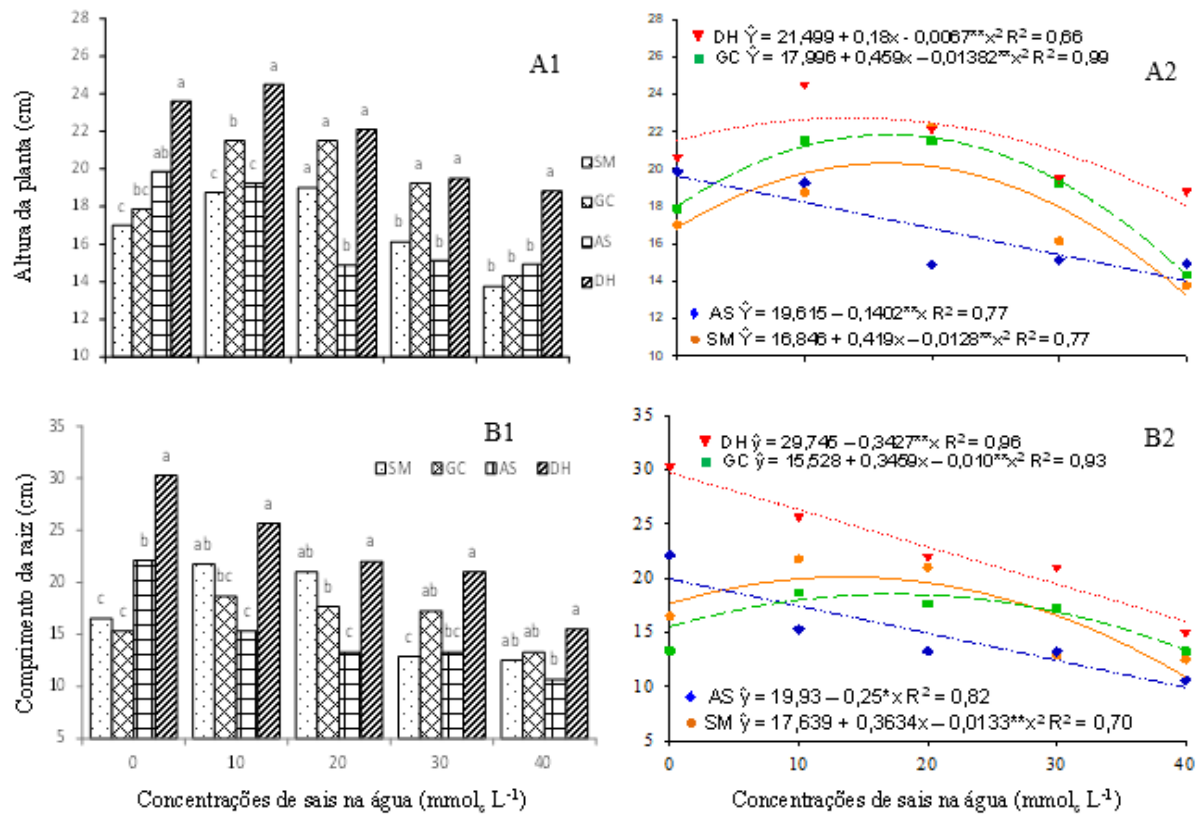
A espécie de FMA DH proporcionou uma altura significativamente superior ($p < 0,05$) a alcançada pelas plantas não micorrizadas, onde os percentuais de aumento foram de 38,94; 30,66; 16,42; 20,96 e 36,87%, respectivamente para as concentrações de sais de 0, 10, 20, 30 e 40 $\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$ (Figura 15A1). Com relação ao comprimento da raiz, embora as maiores médias também tenham sido observadas em função da micorrização com a espécie DH, foi constatada uma diferença significativa ($p < 0,05$) com a espécie AS e o tratamento SM tão somente para as concentrações 0 e 30 $\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$ de sais, cuja diferença percentual foi da ordem de 83,33 e 63,17%, respectivamente (Figura 15B1).

Considerando que a altura ideal das mudas de mamoeiro para o transplântio em campo está entre 15 e 20 cm de comprimento, com o tempo de produção variável em função das condições de cultivo (CHAVES et al., 2000; MANICA, 2006; COSTA et al., 2010), verificou-se que a espécie DH foi a única capaz de produzir mudas dentro da faixa de altura desejada, quando expostas ao nível de salinidade mais elevado, 40 $\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$ de sais, cujo valor alcançado foi de 18,82 cm. Para as demais espécies, as alturas observadas nesta mesma condição foram de 13,75, 14,32 e 14,92 cm, respectivamente para SM, GC e AS.

A partir do desdobramento da interação entre as concentrações de sais para cada uma das espécies de FMA evidenciou-se as maiores médias de ALT em plantas micorrizadas com o uso de DH e GC e sem micorrizas (SM), cujos valores máximos estimados foram de 22,7, 21,81 e 20,27 cm em função das concentrações de sais de 13,43, 16,63 e 16,36 $\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$, respectivamente. No caso de AS o aumento na concentração de sais tendeu a diminuir linearmente as médias de ALT, que partiu de 19,87 cm em 0 $\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$ e decresceu até alcançar o valor de 14,92 cm em 40 $\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$ (Figura 15A2).

A raiz tendeu a decrescer linearmente em função da elevação na concentração de sais quando micorrizadas com DH e AS, sendo a primeira espécie de FMA relativamente menos tolerante a salinidade embora tenha proporcionado as maiores médias absolutas. Para a

micorrização com GC foi constatado um crescimento da raiz de 15,5 cm em função da concentração de 34,66 $\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$ de sais, crescimento este similar ao alcançado pela irrigação com água na concentração de 0 $\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$ (Figura 15B2) o que caracteriza o papel atenuador desta micorriza aos efeitos deletérios da salinidade no comprometimento do crescimento das mudas de mamoeiro.



Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade

Figura 15 - Altura (A) e comprimento da raiz (B) de mudas de mamoeiro, 65 DAE, micorrizadas e submetidas a concentrações de sais, em água de irrigação. Desdobramento da interação entre as micorrizas, para cada nível de salinidade (A1 e B1) e entre os níveis de salinidade, para cada FMA (A2 e B2), UFERSA, 2019.

Reduções na altura pelo aumento na concentração de sais na água também foram observados por Sá et al. (2013) em mamoeiro, os quais não conseguiram produzir mudas dentro do padrão recomendado para o transplante, dentro de um período de 45 dias de cultivo e observaram uma redução da ordem de 54,2% da altura para o nível de 4,8 dS m^{-1} , quando comparado ao nível de 1,2 dS m^{-1} . O uso de micorrizas para produção de mudas de citros irrigadas com águas salinas foi avaliado por Navarro et al. (2014), os quais evidenciaram melhorias no crescimento, mensurados a partir do comprimento da parte aérea e da matéria seca da raiz, independentemente do nível salino na água de irrigação, pela inoculação com FMA's.

O uso das micorrizas na fase de produção de mudas constitui-se uma estratégia eficiente na redução dos impactos negativos da salinidade no crescimento inicial de muitas espécies vegetais (WU et al., 2006; KHALIL et al., 2011; MIRANSARI et al., 2017) sendo o grau de alívio ao estresses variável em função da espécie utilizada (ZHANG et al., 2018) o que pode estar relacionado adaptabilidade genotípica entre os agentes simbiotes (BAUM et al., 2009; DAEI et al., 2009), bem como a capacidade desses microorganismos em tolerar a salinidade (RABAB & REDA, 2018). Segundo Wu et al. (2006) a melhoria no crescimento das mudas micorrizadas está diretamente relacionado a melhorias no ajustamento osmótico e a elevação na taxa fotossintética. Ainda, conforme Huang et al. (2010) as micorrizas são capazes de amenizar o efeito do estresse oxidativo resultante da alta salinidade, a partir da produção de antioxidantes e da eliminação eficiente das ERO's.

O maior crescimento das raízes de plantas micorrizadas, segundo Russo et al. (2008), está relacionado a ativação de mecanismos de divisão celular pelos FMA's durante a infecção intraradicular destes microorganismos, bem como, segundo Liu et al. (2018), a uma maior concentração do hormônio ácido indolacético (AIA) e a expressão de APXs em raízes de plantas micorrizadas.

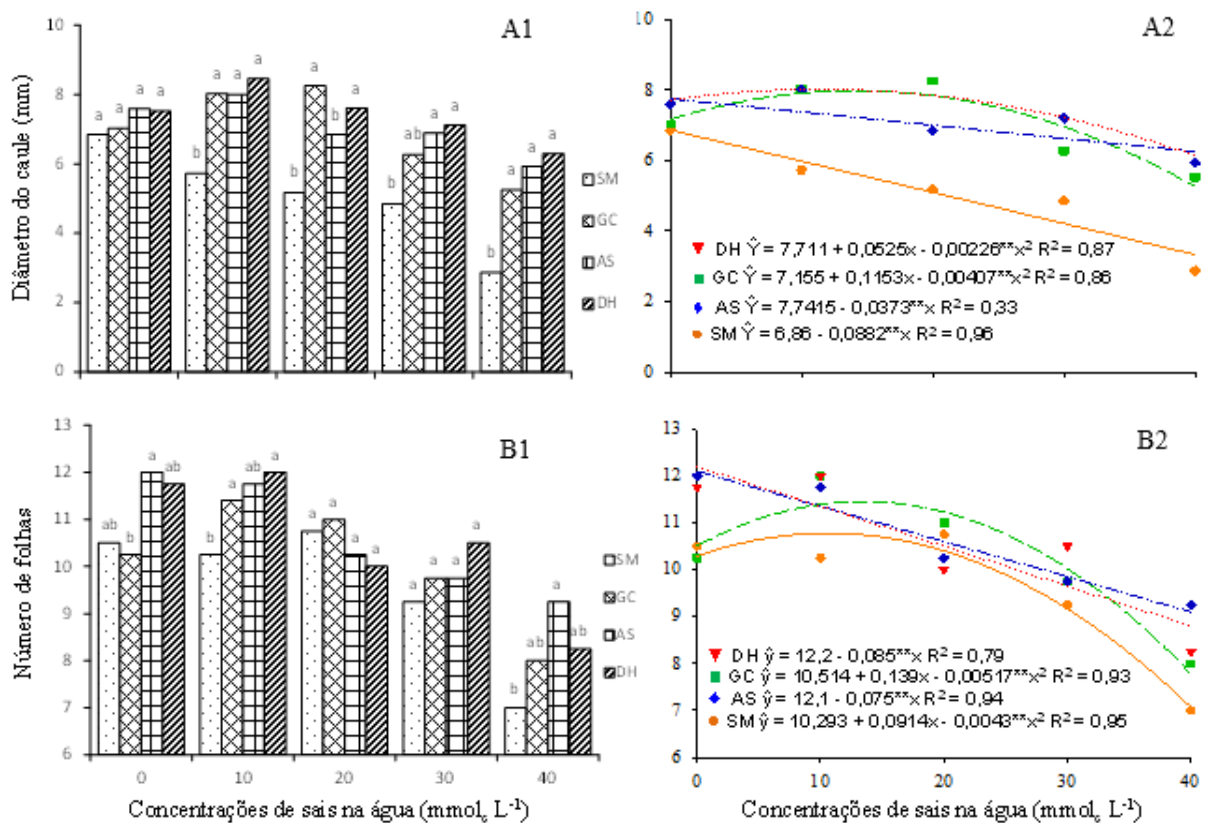
O diâmetro do caule (DC) foi afetado pelo incremento de sais na água de irrigação, sendo que na ausência dos FMA's foram observados os menores DC's independentemente da concentração de sal. A inoculação com DH foi responsável pelas maiores médias, sobretudo nas condições mais salinas de 30 e 40 $\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$, quando comparado com a não utilização de micorrizas, sendo a diferença percentual de 46,8 e 119,5%, respectivamente (Figura 16A1). O uso de GC e DH possibilitou um DC de 7,16 e 6,99 mm (90% do diâmetro máximo) para as concentrações de 28,26 e 32,53 $\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$, respectivamente.

Um decréscimo linear do DC foi observado nas plantas não micorrizadas e naquelas inoculadas com AS, contudo ficou constatada uma redução mais drástica nas plantas sem FMA, onde o percentual de redução entre a concentração 0 e 40 $\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$ para este tratamento foi de 137,28%, valor muito superior aos 78,03% observados em plantas micorrizadas com AS (Figura 16A2).

Estudos anteriores evidenciaram o efeito depreciativo da salinidade da salinidade no diâmetro do caule de mudas frutíferas corroborando com os resultados do presente estudo, como o ensaio realizado por Nascimento Neto (2017) que observou reduções no DC da ordem 44 e 45,5% em mudas de mamoeiro irrigadas diariamente e em dias alternados com águas de 0,3 e 5,0 dS m^{-1} , respectivamente. Da mesma forma Sá et al. (2013) também evidenciaram reduções

significativas nesta variável, onde para o incremento de uma unidade de concentração (dS m^{-1}) na água verificaram uma redução de 0,12 mm no DC de duas cultivares de mamoeiro.

Para o uso de micorrizas na produção de mudas frutíferas, estudos anteriores comprovam o efeito positivo destes microorganismos no crescimento vegetal, especialmente na promoção de caules com maiores diâmetros, como o ensaio realizado por Anjos et al. (2005) que ao avaliarem a influência de diferentes espécies de FMA's na produção de mudas de maracujazeiro, observaram maiores DC, cujo incremento alcançou 45% a mais do que o observado em plantas não micorrizadas. Da mesma forma, Samarão et al. (2011) também produziram mudas de graviola com um maior DC em função da inoculação com diferentes espécies de FMA's, sendo o efeito variável para cada espécie testada.



Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade

Figura 16 - Diâmetro do caule (A) e número de folhas (B) de mudas de mamoeiro, 65 DAE, micorrizadas e submetidas a concentrações de sais, em água de irrigação. Desdobramento da interação entre as micorrizas, para cada nível de salinidade (A1 e A2) e entre os níveis de salinidade, para cada FMA (B1 e B2), UFERSA, 2019.

Assim como o DC, o número de folhas (NF) também foi reduzido com o incremento de sais e da mesma forma o uso das diferentes espécies de FMA's foram responsáveis por proporcionar as maiores médias (Figura 16B1), aliviando assim o efeito deletério da salinidade.

A espécie de FMA GC destacou-se como sendo a mais tolerante ao incremento da salinidade uma vez que permitiu um número de folhas de aproximadamente 10,25 unidades em função da concentração de $28,58 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$, valor este semelhante ao produzido pela mesma espécie em $0 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$ de sais. Um decréscimo linear do número de folhas foi observado nas plantas inoculadas com AS e DH, contudo ficou constatada uma redução mais drástica nas plantas micorrizadas com a espécie DH, onde o percentual de redução entre a concentração 0 e $40 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$ para este tratamento foi de 42,42%, valor superior aos 22,91% observados em plantas micorrizadas com AS (Figura 16B2).

O grau de relação entre as variáveis de crescimento em função da interação entre os diferentes fatores de estudo (micorrizas e concentrações de sais em água) foi avaliado pelo teste de correlação linear de Pearson (r) e encontra-se disposto na Tabela 8, onde, a partir da qual se podem evidenciar diferentes níveis de significância ao avalia-las pelo teste t a 5% de probabilidade.

Uma correlação positiva e significativa ($p < 0,05$) variando entre moderada e forte foi observada entre a %CM e as variáveis MMSC ($r = 0,76$), MMSF ($r = 0,73$), MMST ($r = 0,61$), ALT ($r = 0,73$), CR ($r = 0,67$) e DC ($r = 0,59$), porém a %CM não se correlacionou significativamente ($p > 0,05$) com a MMSR ($r = 0,42$) e o NF ($r = 0,38$), embora estas duas últimas correlações sejam consideradas moderadas, de acordo com a classificação proposta por Figueiredo Filho e Silva Júnior (2009).

O CR correlacionou-se positivamente ($p < 0,01$) com todas as variáveis de crescimento, o que permite inferir o quão importante é a ampliação na área explorada no fornecimento de condições adequadas para a formação de mudas de boa qualidade, uma vez que melhorias na absorção de água, bem como de nutrientes (Figuras 17, 18 e 19) são evidenciadas nestas condições e favorecidas pela micorrização, como que pôde ser visualizado a partir da correlação positiva, forte e significativa ($p < 0,01$) entre a %CM e o CRA (Figura 6).

Tabela 8 - Coeficiente de correlação simples de Pearson entre as médias de percentagem de colonização micorrízica (%CM), massa de matéria seca da raiz (MMSR), massa de matéria seca do caule (MMSC), massa de matéria seca da folha (MMSF), massa de matéria seca total (MMST), altura da planta (ALT), comprimento da raiz (CR), diâmetro do caule (DC) e número de folhas (NF) de mudas de mamoeiro Formosa, Tainung N° 1, em função da micorrização e da água de irrigação com níveis de sais crescentes, obtidos aos 65 DAE, UFERSA, 2019.

	%CM.	MMSR	MMSC	MMSF	MMST	ALT	CR	DC	NF
%CM.	1	0,42 ^{ns}	0,76 ^{**}	0,73 ^{**}	0,61 ^{**}	0,73 ^{**}	0,67 ^{**}	0,59 ^{**}	0,38 ^{ns}
MMSR		1	0,72 ^{**}	0,87 ^{**}	0,96 ^{**}	0,79 ^{**}	0,71 ^{**}	0,69 ^{**}	0,8 ^{**}
MMSC			1	0,86 ^{**}	0,86 ^{**}	0,86 ^{**}	0,73 ^{**}	0,66 ^{**}	0,56 ^{**}
MMSF				1	0,96 ^{**}	0,89 ^{**}	0,83 ^{**}	0,72 ^{**}	0,75 ^{**}
MMST					1	0,88 ^{**}	0,79 ^{**}	0,72 ^{**}	0,77 ^{**}
ALT						1	0,86 ^{**}	0,71 ^{**}	0,72 ^{**}
CR							1	0,48 [*]	0,66 ^{**}
DC								1	0,81 ^{**}
NF									1

*p<0,01; **p<0,05; ns – não significativo.

5.1 Concentração e acúmulo de nutrientes no tecido foliar

Os dados dos quadrados médios das concentrações e do acúmulo de nutrientes em folhas de mamoeiro estão representados na Tabela 9, a partir da qual se evidencia uma interação significativa entre os fatores de estudo, salinidade da água de irrigação e espécies de FMA's, a diferentes níveis de probabilidade ($p<0,05$ e $p<0,01$), onde, para a concentração de P, a interação foi significativa a 0,05 e para os demais elementos nutrientes o nível de significância foi de 0,01. Efeito isolado ($p<0,01$) dos fatores de estudo, também foram observados, para todas as variáveis. A interação significativa entre os níveis de salinidade e os FMA's para a concentração e acúmulo dos nutrientes revelam a eficiência de absorção diferenciada pelas combinações entre as espécies micorrízicas e os níveis salinos.

Tabela 9 - Resumo da análise de variância para concentração e acúmulo de Nitrogênio total (N), Fósforo (P), Potássio (K), Sódio (Na), relação entre Potássio e Sódio (K/Na) e cloro (Cl) no tecido foliar de mudas de mamoeiro Formosa, Tainung N° 1, em função da micorrização e da água de irrigação com níveis de sais crescentes, obtidos aos 65 DAE, UFERSA, 2019.

Fontes de Variação	Quadrados médios para concentração de nutrientes (g kg ⁻¹)					
	N total	P	K	Na	K/Na	Cl
Salinidade (S)	57,1392**	2,2901**	31,6708**	25,7486**	2,291**	3664,162**
Micorrizas (M)	99,0427**	4,8654**	39,777**	354,626**	149,148**	728,1109**
S x M	51,7031**	2,273*	6,6294**	24,373**	2,418**	166,7055**
Bloco	2,6499 ^{ns}	0,48 ^{ns}	0,164 ^{ns}	0,826 ^{ns}	0,0524 ^{ns}	7,0217*
Resíduo	4,92	0,162	0,45	0,734	0,217	8,030
CV (%)	7,33	9,55	7,98	13,13	16,12	7,04
Fontes de Variação	Quadrados médios para acúmulo de nutrientes (mg planta ⁻¹)					
	N total	P	K	Na	Cl	
Salinidade (S)	1110,656**	17,7567**	129,721**	48,3642**	1039,8477**	
Micorrizas (M)	1191,72**	13,2265**	187,666**	22,4318**	2941,40**	
S x M	166,265**	1,2791**	9,564**	7,0766**	242,2782**	
Bloco	5,06 ^{ns}	0,447 ^{ns}	0,454 ^{ns}	0,8592 ^{ns}	19,6089 ^{ns}	
Resíduo	5,804	0,142	0,640	0,4385	13,907	
CV (%)	10,41	12,35	12,04	17,51	13,37	

Fonte: Dados obtidos no estudo; ns – indicador da influência não significativa; * P < 0.05; ** P < 0.01; CV - Coeficiente de Variação.

O aumento na concentração de sais na água reduziu a concentração e o acúmulo de nitrogênio (N) no tecido foliar de mudas de mamoeiro micorrizadas de forma diferenciada a depender da espécie de FMA utilizada, sendo os menores níveis desse nutriente observados em SM, sobretudo nas concentrações 20, 30 e 40 mmol_c L⁻¹, quando em comparação com a micorrização com as espécies DH e GC (Figura 17A1).

Os teores de N em plantas micorrizadas com a espécie DH aumentou linearmente com a elevação das concentrações de sais, variando entre 28,9 e 36,84 g kg⁻¹ em função de 0 e 40 mmol_c L⁻¹ de sais, representando um acréscimo de 0,17 g kg⁻¹ de N por mmol_c de sais acrescentado em cada litro de água (Figura 17A2). Nas mudas micorrizadas com DH também foram observados os maiores acúmulos de N, principalmente nas águas onde foram adicionados os sais (10, 20, 30 e 40 mmol_c L⁻¹), sendo maior do que os valores observados em mudas sem micorrizas e inoculadas com as espécies GC e AS em todos os níveis salinos.

Quando comparado o acúmulo de nutrientes proporcionado pelas diferentes espécies de FMA's em função da elevação da salinidade de 0 a 40 mmol_c L⁻¹ constatou-se uma redução da ordem de 47,12; 76,66 e 36,89%, respectivamente para GC, AS e DH, valores estes que evidenciam a maior tolerância da espécie DH ao efeito negativo da salinidade na absorção deste nutriente (Figura 17B1).

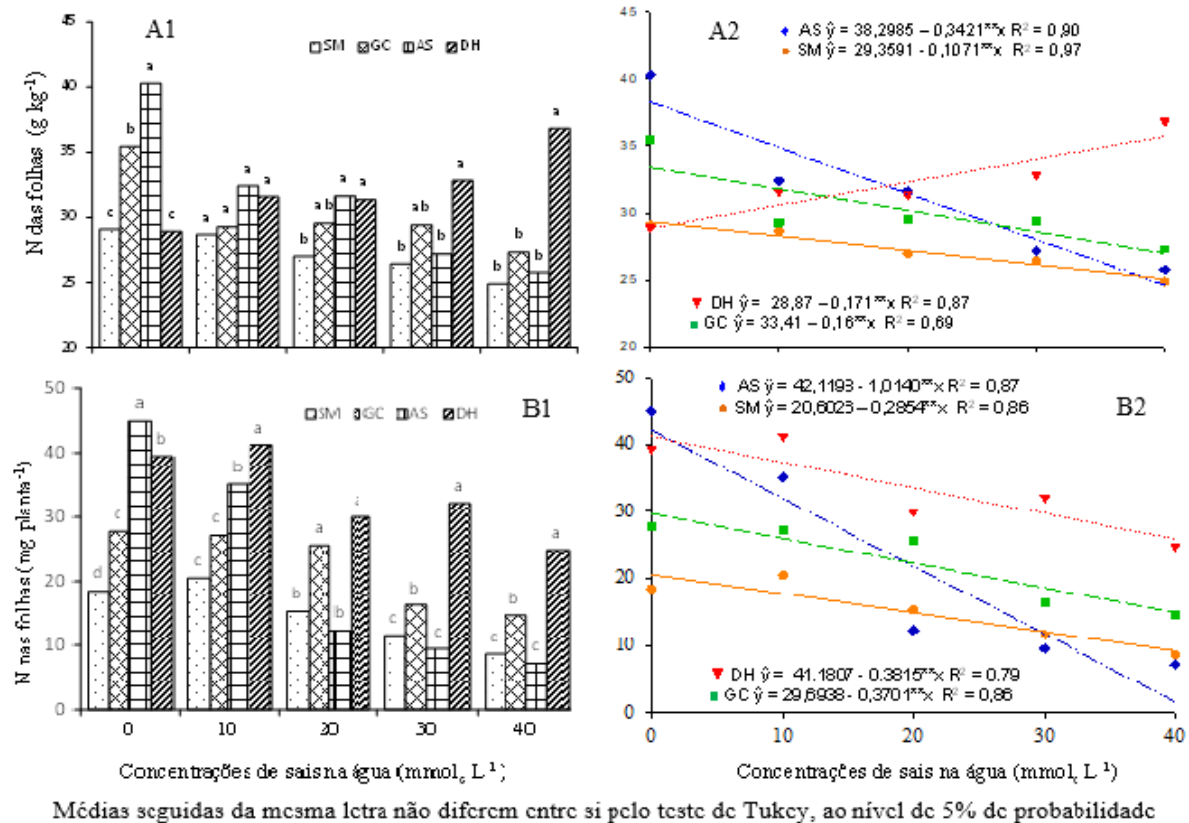


Figura 17 - Concentração (A) e acúmulo (B) de Nitrogênio total (N) em folhas de mudas de mamoeiro, 65 DAE, micorizadas e submetidas a concentrações de sais, em água de irrigação. Desdobramento da interação entre as micorrizas para cada nível de salinidade (A1 e B1) e entre os níveis de salinidade (A2 e B2), para cada FMA, UFRSA, 2019.

Os teores de nitrogênio observados no presente estudo para todos os tratamentos, com exceção dos 40,27 g kg⁻¹ observados em função de AS na concentração 0 mmolc L⁻¹, estão fora da faixa de 40 a 50 g kg⁻¹, considerada ideal para plantas de mamoeiro por Malavolta et al. (1997), contudo não foi visualizado efeitos de deficiência de nitrogênio nas mudas ao longo do período experimental, o que pode estar relacionado ao fato de que os níveis propostos pelo autor supracitado são válidos para a fase de florescimento e não para a de produção de mudas.

Assim como visualizado no presente estudo, melhorias na concentração de N em folhas de plantas de girassol micorizadas e submetidas ao estresse hídrico foram observadas por Gholamhoseini et al. (2013), os quais constataram incrementos de 17 e 6% deste nutriente em plantas micorizadas com as espécies *Glomus mosseae* e *Glomus hoi*, o que segundo os autores está relacionado a maior eficiência na absorção de água, bem como a ampliação da área explorada pelas hifas fúngicas associadas aos pelos radiculares. Um dos mecanismos relacionados à melhoria na absorção de nitrogênio proporcionada pelos FMA's está relacionado à capacidade dos mesmos em converter o N-orgânico do solo em N-mineral, uma vez que conforme Schimel e Bennett (2004), os fungos micorrízicos são capazes de excretar proteases

que decompõem a matéria orgânica e subsequentemente capturam compostos contendo nitrogênio, proporcionando assim uma ligação direta entre o nitrogênio complexado organicamente no solo e a planta.

Maiores concentrações de fósforo (P) foram evidenciadas em plantas não micorrizadas (SM) quando expostas aos níveis mais baixos de salinidade 0, 10 e 20 mmol_c L⁻¹ em comparação a inoculação com as diferentes espécies de FMA's, GC, AS e DH, contudo em condições severas de salinidade, as maiores concentrações de P passaram a ser visualizadas em função da micorrização com AS, para 30 mmol_c L⁻¹ e DH, para 40 mmol_c L⁻¹ (Figura 18A1).

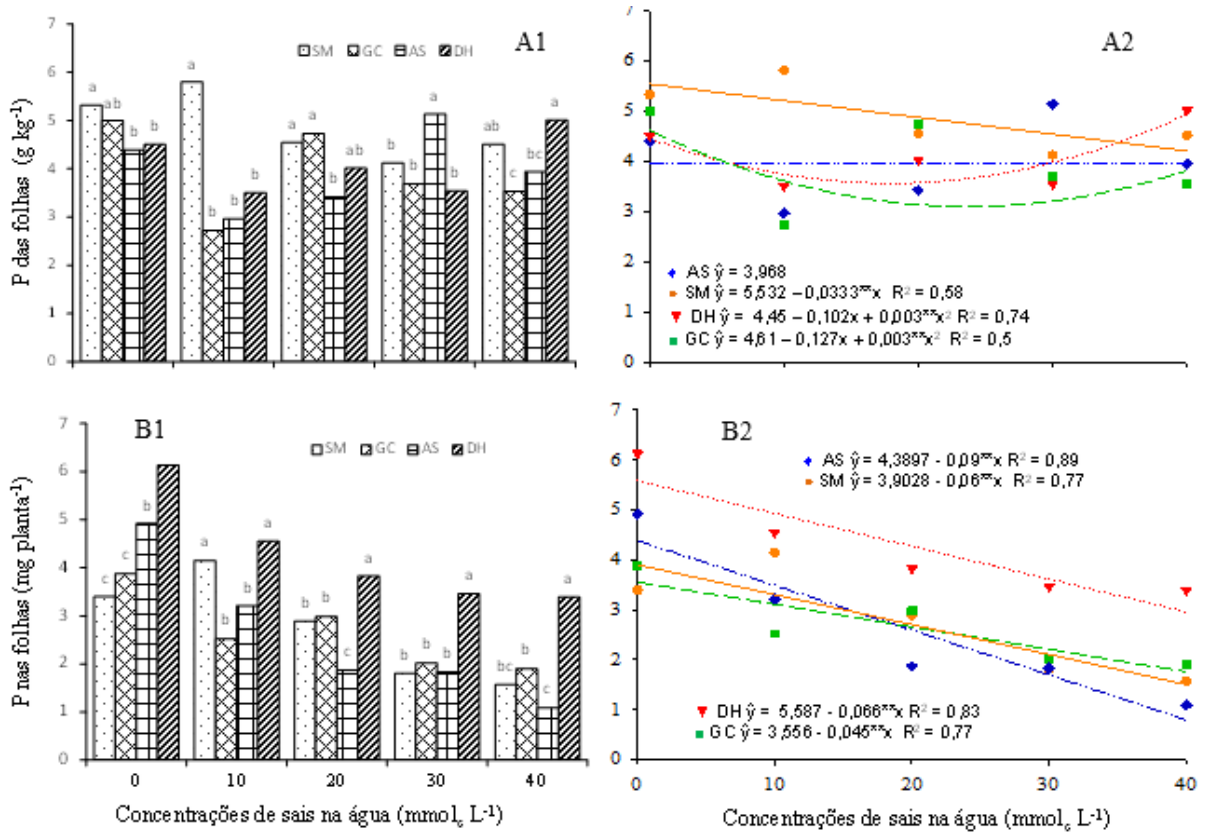
Os maiores níveis de P em função da não-micorrização, quando comparados com os demais tratamentos, pode ser atribuído a um efeito de concentração, tendo em vista que ao se avaliar o acúmulo deste elemento mineral foram constatados os maiores valores em função da micorrização, especialmente com a espécie DH (Figura 18B1), a qual foi também responsável pelas maiores médias de MMSF para todos os tratamentos salinos (Figura 14A).

Ao se avaliar o desdobramento da interação entre as concentrações de sais e as espécies de FMA ficou evidenciada uma tendência de diminuição da concentração de P em função da inoculação com as espécies GC e DH, até as concentrações de sais 23,52 e 16,6 mmol_c L⁻¹, cujas médias de P observadas foram da ordem de 3,09 e 3,61 g kg⁻¹, respectivamente (Figura 18A2), sendo que as mesmas tenderam a elevar em até 14,24 e 38,78% a partir destes pontos. Com relação ao tratamento SM foi observado uma tendência linear decrescente da concentração de P em relação a elevação da salinidade, onde a concentração de P variou de 5,32 g kg⁻¹ em água sem sal a 4,51 g kg⁻¹ na dose máxima de 40 mmol_c L⁻¹, o que representa uma perda de 0,03 g kg⁻¹ de P por mmol_c de sal acrescentado para cada litro de água de irrigação.

Para o acúmulo de P evidenciou-se uma tendência linear de diminuição deste nutriente em função da elevação da salinidade, sendo as perdas variáveis para os tratamentos micorrízicos, onde o menor acúmulo de P foi observado nas plantas não micorrizadas bem como em função da inoculação com AS e GC, sendo o tratamento AS responsável pelas maiores perdas relativas, as quais corresponderam a 0,09 mg de P por mmol_c de sais por litro de água (Figura 18B2). A espécie DH foi responsável por manter o maior acúmulo de P para todos os níveis de sais, mesmo que este tenha diminuído em 37,52% pelo acréscimo de sais de 0 a 40 mmol_c L⁻¹.

O importante papel dos fungos micorrízicos arbusculares na nutrição de mineral de plantas cultivadas ou nativas tem sido amplamente estudado e, merece destaque a eficiência aumentada na aquisição de fósforo a partir do solo, em um processo de troca por compostos de carbono ofertado pelo organismo vegetal (DAEI et al., 2009; SMITH e SMITH, 2012;

ELHINDI et al., 2017). Segundo Khabou et al. (2014) o incremento na absorção de P em plantas micorrizadas pode ser explicado pela ampliação do volume e extensão do solo explorado bem como pelo aumento da superfície de absorção em contato com o solo.



Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade

Figura 18 - Concentração (A) e acúmulo (B) de fósforo (P) em folhas de mudas de mamoeiro, 65 DAE, micorrizadas e submetidas a concentrações de sais, em água de irrigação. Desdobramento da interação entre as micorrizas para cada nível de salinidade (A1 e B1) e entre os níveis de salinidade (A2 e B2), para cada FMA, UFRSA, 2019.

As diferenças observadas no acúmulo de fósforo nos tecidos foliares de mudas de mamoeiro micorrizadas, no presente estudo, podem ser explicadas pela variabilidade existente nas características do micélio externo dos genótipos distintos de FMA no que diz respeito às dimensões, padrões de ramificação bem como a capacidade de absorver nutrientes a distâncias específicas da raiz (SMITH & READ, 2008). Outro aspecto relevante é a alta capacidade de translocação do P dos locais de absorção para o sítio de transferência dentro do tecido cortical da raiz por algumas espécies de FMA (SMITH & SMITH, 2012) e ainda, conforme Grace et al. (2009), pode estar relacionada a diminuição da absorção direta deste nutriente pelas plantas menos colonizadas, pois acredita-se que a sinalização das plantas às micorrizas afetem estes mecanismos de absorção direta.

Em ambientes salinos as micorrizas melhoram a absorção de P (LATEF et al., 2011; NAVARRO et al., 2014; KHABOU et al., 2014; ELHINDI et al., 2017) o que segundo Giri et al. (2007) pode ser considerado o mecanismo primário pelo qual os FMA's mitigam os efeitos adversos do estresse salino sobre o crescimento vegetal, fato esse evidenciado por Navarro et al. (2014) que ao estudarem o efeito da salinidade nos componentes morfofisiológicos de porta-enxerto de citrus com e sem micorrizas concluíram que o maior crescimento destas mudas estava relacionado a melhorias na nutrição fosfatada devido a maior absorção de P pelas plantas micorrizadas em relação à ausência destes microorganismos. Para Elhindi et al. (2017) a nutrição fosfatada, melhorada pelos FMA's, influencia positivamente o crescimento vegetal em condições severas de salinidade devido a manutenção da estabilidade do tonoplasto o que permite uma compartimentalização eficiente do íon cloreto, diminuindo a sua ação tóxica nas vias metabólicas.

A salinidade afetou as concentrações e o acúmulo de potássio (K^+) de forma diferenciada a depender do tratamento micorrízico, sendo as menores médias evidenciadas na ausência de FMA's para todas as concentrações de sais, quando comparadas com a inoculação com DH (Figura 19). A inoculação com a espécie DH e GC foram as que proporcionaram as maiores médias de concentração e de acúmulo de K^+ para os níveis de salinidade igual ou superior a $10 \text{ mmol}_e \text{ L}^{-1}$, mesmo sendo constatada uma redução destes valores para as maiores concentrações de sais na água de irrigação (Figura 19A1 e B1).

Para concentração de K^+ uma tendência linear decrescente com o aumento da salinidade foi observada nas plantas inoculadas com as espécies DH, GC e em SM, cujas reduções foram equivalentes a 0,045, 0,028 e 0,073 g kg^{-1} por mmol_e de sais, para as três espécies de FMA's, respectivamente (Figura 19A2). Neste sentido, ficou evidenciada a menor tolerância das plantas não-micorrizadas ao estresse salino, quando comparada as perdas relativas na concentração de K^+ .

O conteúdo de K^+ decresceu linearmente com o aumento das concentrações de sais para todos os tratamentos micorrízicos, com reduções de 0,233, 0,231, 0,133 e 0,095 mg planta^{-1} para a inoculação com DH, AS, SM e GC, respectivamente (Figura 19B2). Apesar do maior grau de redução no acúmulo de K^+ nas mudas de mamoeiro inoculadas com as espécies de FMA DH, observa-se que nas mesmas foram constatados os maiores conteúdos de K^+ em todas as concentrações de sais, o que pode estar relacionado a maior eficiência na síntese de matéria seca no tecido foliar por esta espécie micorrízica (Figura 14A), bem como ao maior CRA nos tecidos foliares (Figura 6A). Relações positivas e significativas entre os teores de potássio em

plantas micorrizadas e o grau de tolerância a salinidade foram observadas por Elhindi et al. (2017).

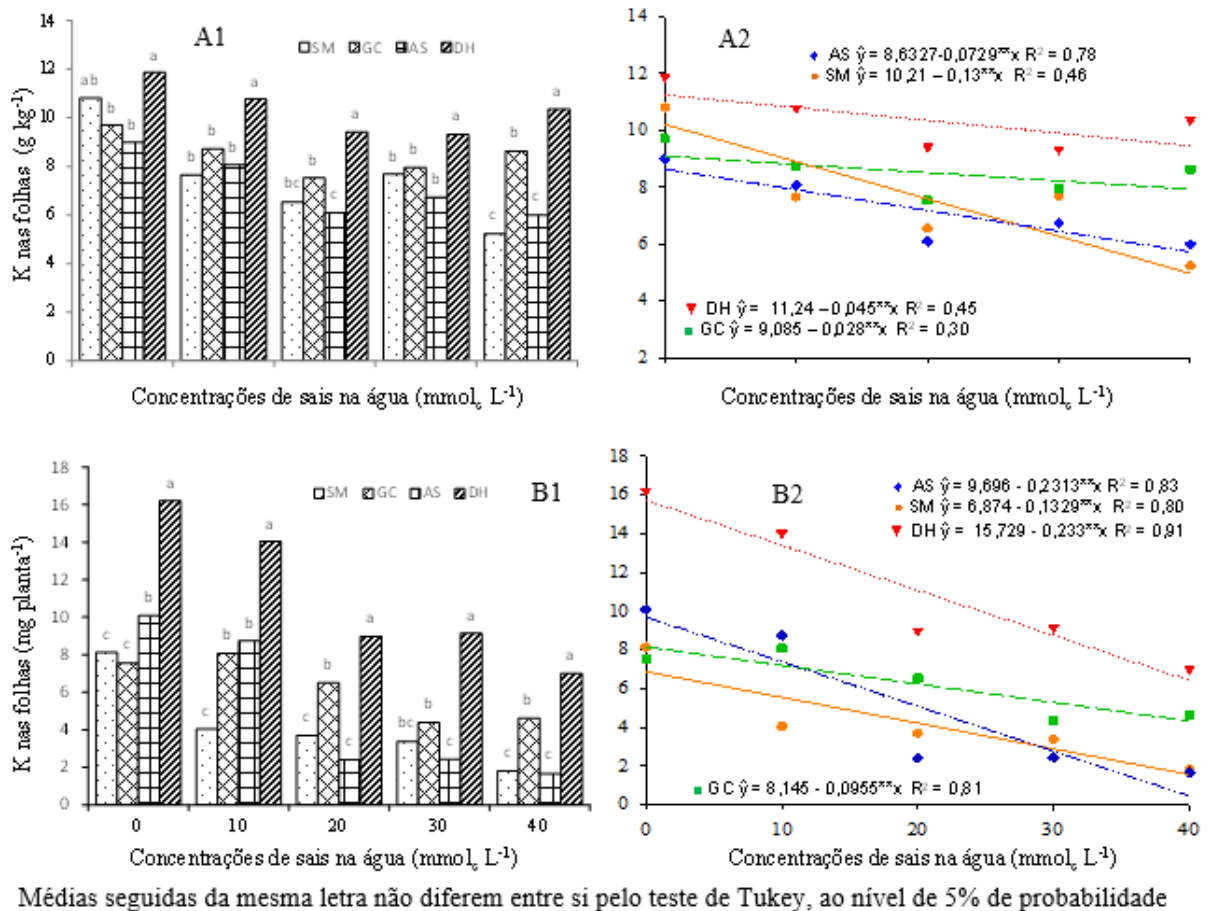


Figura 19 - Concentração (A) e acúmulo (B) de potássio (K) em folhas de mudas de mamoeiro, 65 DAE, micorrizadas e submetidas a concentrações de sais, em água de irrigação. Desdobramento da interação entre as micorrizas para cada nível de salinidade (A1 e B1) e entre os níveis de salinidade (A2 e B2), para cada FMA, UFRSA, 2019.

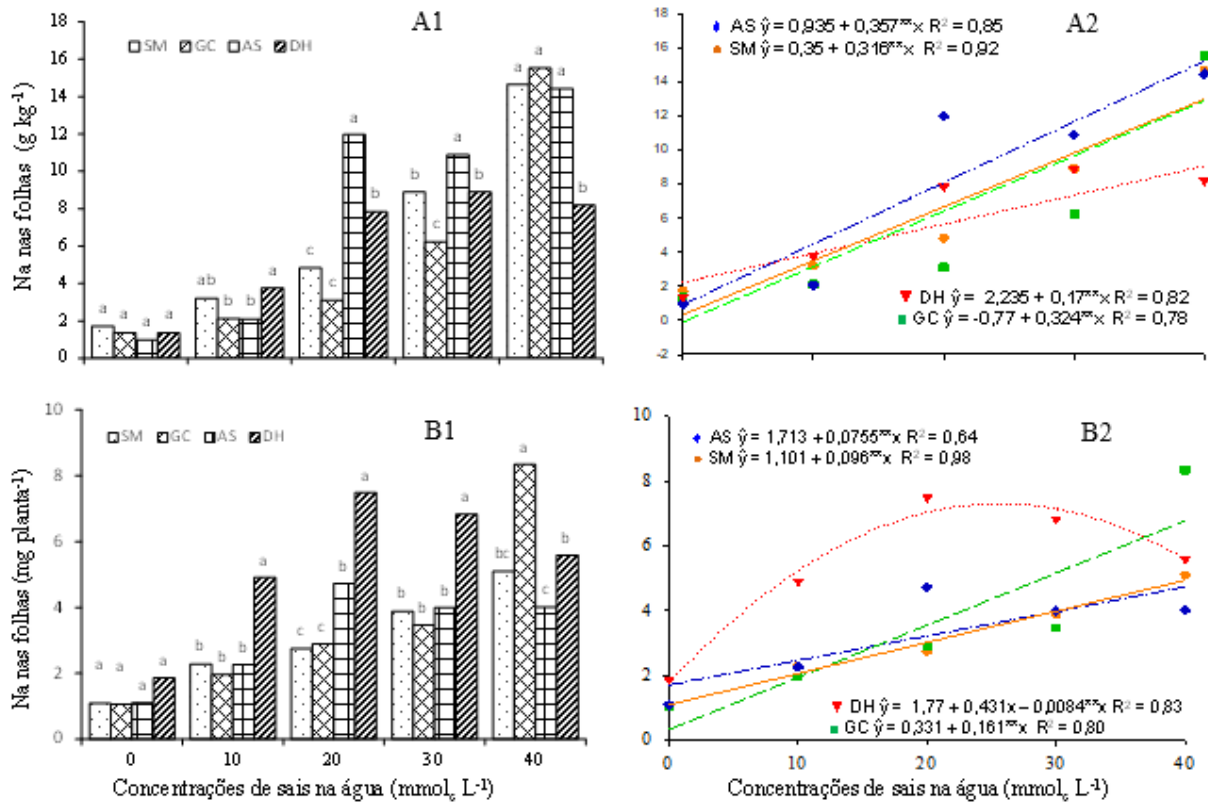
Reduções nos teores de K⁺ na parte aérea de plantas de melão expostas a níveis crescentes de salinidade foram observadas por (LÚCIO et al., 2013). Os mesmos autores também constataram que a inoculação com FMA's proporcionaram maiores acúmulos de K⁺ quando comparados com as plantas não inoculadas. Da mesma forma, Hashem et al. (2018) observaram reduções na absorção de K⁺ por *Cucumis sativus* L. em condições salinas, contudo melhorias na absorção deste elemento foram identificadas em plantas de micorrizadas, cujo teor foi 46,71% superior as plantas não-inoculadas em condições de alta salinidade. Ainda conforme estes autores, a redução na absorção deste íon acontece devido ao efeito antagônico do sódio (Na) ao competirem pelos mesmos sítios de absorção uma vez que, segundo Blumwald (2000) em ambientes salinos torna-se mais difícil das proteínas transportadoras distinguirem entre Na e K⁺ quando a proporção destes íons não difere na solução do solo, o que resulta na diminuição

da absorção de K^+ e conseqüentemente um menor acúmulo nos tecidos vegetais. Outro motivo para redução da absorção de K^+ é ação do $NaCl$ na depolarização das membranas que tem como consequência a desativação de canais específicos de K^+ , favorecendo assim a maior incorporação de N^+ ao protoplasma das células vegetais (SILVEIRA et al., 2010).

Em plantas expostas a salinidade o potássio atua como osmorregulador e no controle da modulação da abertura e fechamento estomático, permitindo um ajustamento osmótico mais eficiente e conseqüentemente uma maior resistência ao estresse (TALAAT et al., 2014; ZU et al., 2018) além de ser um importante nutriente (WU et al., 2013), neste sentido, as melhorias nos componentes morfofisiológicos e bioquímicos evidenciadas em plantas micorrizadas, sobretudo com as espécies DH e GC, que foram as espécies mais infectivas (Figura 5) podem estar relacionadas a maior concentração e acúmulo de deste nutriente no tecido foliar das mudas de mamoeiro proporcionada pelas espécies de FMAs supracitadas.

A salinidade afetou as concentrações e o acúmulo de Sódio (Na^+) de forma diferenciada a depender do tratamento micorrízico, sendo observadas diferenças estatísticas entre estes tratamentos ($p < 0,05$) para as concentrações de sais maiores ou iguais a $10 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$. Para o nível salino de $40 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$ a espécie DH foi responsável pelas menores concentrações de Na^+ ($8,2 \text{ g kg}^{-1}$), contudo pelos maiores acúmulos no tecido foliar nos níveis salinos de 20 e 30 $\text{mmol}_c \text{ L}^{-1}$ (Figura 20B1 e B2). Esses resultados são uma consequência da maior absorção de Na^+ , dada a sua maior disponibilidade na solução do solo, tendo em vista que, dentre as fontes de sais utilizadas para o preparo da solução salina, o cloreto de sódio correspondeu a 70% do tal dos sais.

O aumento da concentração de sais na água de irrigação elevou as concentrações de Na^+ linearmente, com incrementos médios para os diferentes tratamentos microbiológicos de 0,170, 0,316, 0,324 e $0,357 \text{ g kg}^{-1}$, a cada aumento unitário na salinidade da água, respectivamente para DH, SM, GC e AS (Figura 20A2). O aumento da concentração de sais até $25,65 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$, aumentou o acúmulo de Na^+ até um valor máximo de $7,43 \text{ mg planta}^{-1}$, decrescendo conseqüentemente até atingir as $5,59 \text{ mg planta}^{-1}$ no nível mais elevado de salinidade ($40 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$) em mudas de mamoeiro inoculadas com espécie de FMA DH. Para as demais espécies de FMA, o aumento da salinidade proporcionou uma tendência de aumento linear do acúmulo de Na^+ , onde ficou evidenciado que até o acúmulo de $2,9 \text{ mg planta}^{-1}$, obtido em função de $16,16 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$, a espécie AS proporcionou as maiores médias de Na^+ quando comparada com GC e até o acúmulo de $3,96 \text{ mg planta}^{-1}$, obtido em função de $29,85 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$, quando comparada com o tratamento SM (Figura 20B2).



Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade

Figura 20 - Concentração (A) e acúmulo (B) de sódio (Na) em folhas de mudas de mamoeiro, 65 DAE, micorrizadas e submetidas a concentrações de sais, em água de irrigação. Desdobramento da interação entre as micorrizas para cada nível de salinidade (A1 e B1) e entre os níveis de salinidade (A2 e B2), para cada FMA, UFERSA, 2019.

O aumento na salinidade da água de irrigação favorece a maior concentração e o acúmulo de Na^+ nas células dos tecidos de diferentes órgãos vegetais (HASHIM et al., 2018), no entanto a utilização de fungos micorrízicos arbusculares permite uma diminuição significativa da absorção deste íon (WU et al., 2013; NAVARRO et al., 2014; ZHU et al., 2018) que embora atue como osmorregulador, permitindo um ajustamento osmótico mais eficiente e uma consequente redução do potencial hídrico (MIRANSARI, 2017), tornasse tóxico quando em excesso, sendo necessário um efetivo armazenamento deste íon no vacúolo para uma consequente diminuição de sua concentração no citosol, mantendo-a em níveis atóxicos para as células vegetais (MUNNS & TESTER, 2008). Para estes autores as concentrações em que o Na^+ se torna tóxico ainda não são bem definidas.

Resultados de estudos anteriores corroboram com os observados no presente trabalho a cerca da diminuição na concentração de Na^+ no tecido foliar de plantas cultivadas submetidas a concentrações crescentes de sais, em função da micorrização com diferentes espécies de FMA's. Esta redução na absorção de Na^+ por contada micorrização conforme Elhindi et al.

(2017) é um do mecanismo parcial de alívio ao estresse salino quando associado a redução na transferência deste íon da raiz para parte aérea.

Wu et al. (2013) em seu estudo com mudas de citrus (*Poncirus trifoliata*), sem e com micorrizas por um período de 61 dias, submetidas a condições salinas (0 e 100 mM de NaCl) por um período de 45 dias, observaram que houve uma elevação na concentração de Na⁺ no tecido foliar em função da salinidade independente da inoculação micorrízica, porém o uso das micorrizas minimizaram em até 31% a concentração deste íon em condição de estresse salino (100 mM de NaCl), quando comparadas com o não uso das micorrizas. Amanifar et al. (2019) observaram resultados similares ao estudarem o efeito da irrigação com níveis crescentes de sais em plantas de *Glycyrrhiza glabra*, com e sem micorrizas. Da mesma forma Daei et al. (2009) ao avaliarem o efeito de diferentes espécies de FMA's na atenuação do estresse salino em plantas de trigo observaram que houve uma redução significativa na concentração de Na⁺ no tecido foliar das plantas com maior %CM.

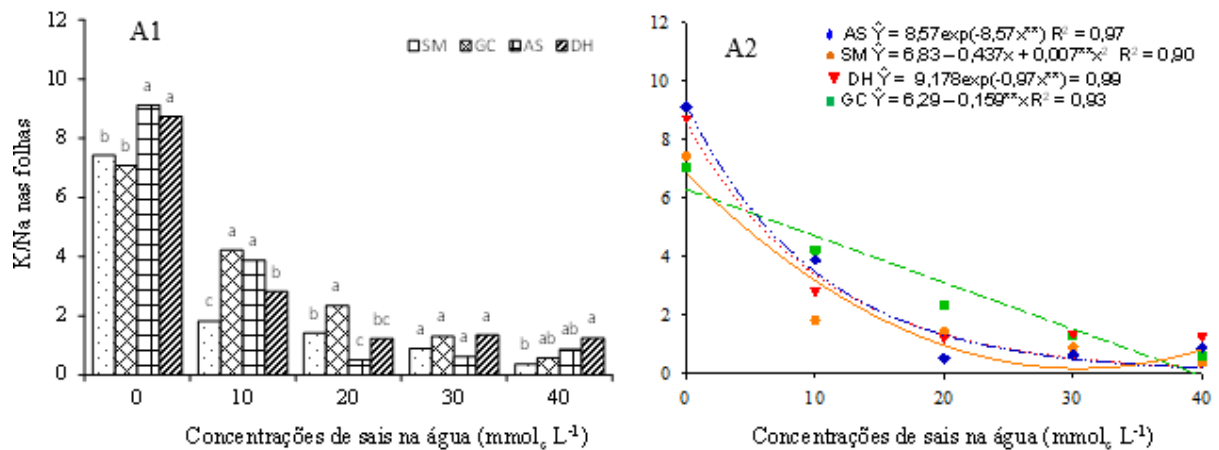
Hashem et al. (2018) observaram um aumento no conteúdo de Na⁺ no tecido foliar de *Cucumis sativus* L. em condições salinas, contudo uma redução no teor deste elemento de 23% foi identificada em plantas micorrizadas em comparação com as plantas não-inoculadas com FMA's em condições de alta salinidade.

A relação entre os níveis de K⁺ e Na⁺ foi fortemente afetada pelo aumento da salinidade, sendo as maiores relações constatadas nas plantas micorrizadas e cujo efeito foi variável em função da espécie de FMA, contudo percebe-se que independente do uso destes microorganismos a relação K⁺/Na⁺ decresceu drasticamente com o aumento da salinidade (Figura 21). Tal comportamento pode ser justificado pelo incremento do NaCl e a manutenção das doses de K⁺, as quais foram comuns para todos os tratamentos. Contudo, observou-se que mesmo nestas condições houve um favorecimento a absorção de K⁺ pelas plantas micorrizadas com as espécies DH e GC nas concentrações mais elevadas de sais (30 e 40 mmol L⁻¹) (Figura 21). Neste sentido percebe-se que a maior absorção de K⁺ com relação ao sódio pode ter relação direta com a maior %CM por estas espécies (Figura 5).

Um efeito diferenciado por distintas espécies de FMA's no alívio estresse salino, assim como observado no presente estudo, foram evidenciados por Daei et al. (2009), em plantas de trigo, os quais concluíram que as plantas com maior percentagem de colonização foram as que obtiveram uma menor razão K⁺/Na⁺ e conseqüentemente um maior rendimento.

Resultados semelhantes foram observados por Elhindi et al. (2017) em seu estudo a cerca do efeito da salinidade na nutrição mineral de plantas de *Ocimum basilicum* L. micorrizadas, ao constarem que apesar da redução na razão K⁺/Na⁺ pela elevação da salinidade,

a inoculação micorrizal foi capaz de permitir os maiores valores para esta variável independente do nível salino, aliviando, assim, o desequilíbrio iônico induzido pelo excesso de sais, sendo este, conforme os mesmos autores, um indicativo claro do papel das micorrizas no aumento da absorção de K^+ em condições de estresse salino. Khalouf et al. (2017), também constaram a influência positiva da micorrização no alívio do estresse salino a partir da melhoria na absorção de K^+ e redução na absorção de Na^+ por plantas de *Solanum lycopersicum* L. e que a razão K^+/Na^+ correlacionou-se positivamente com crescimento desta espécie vegetal.



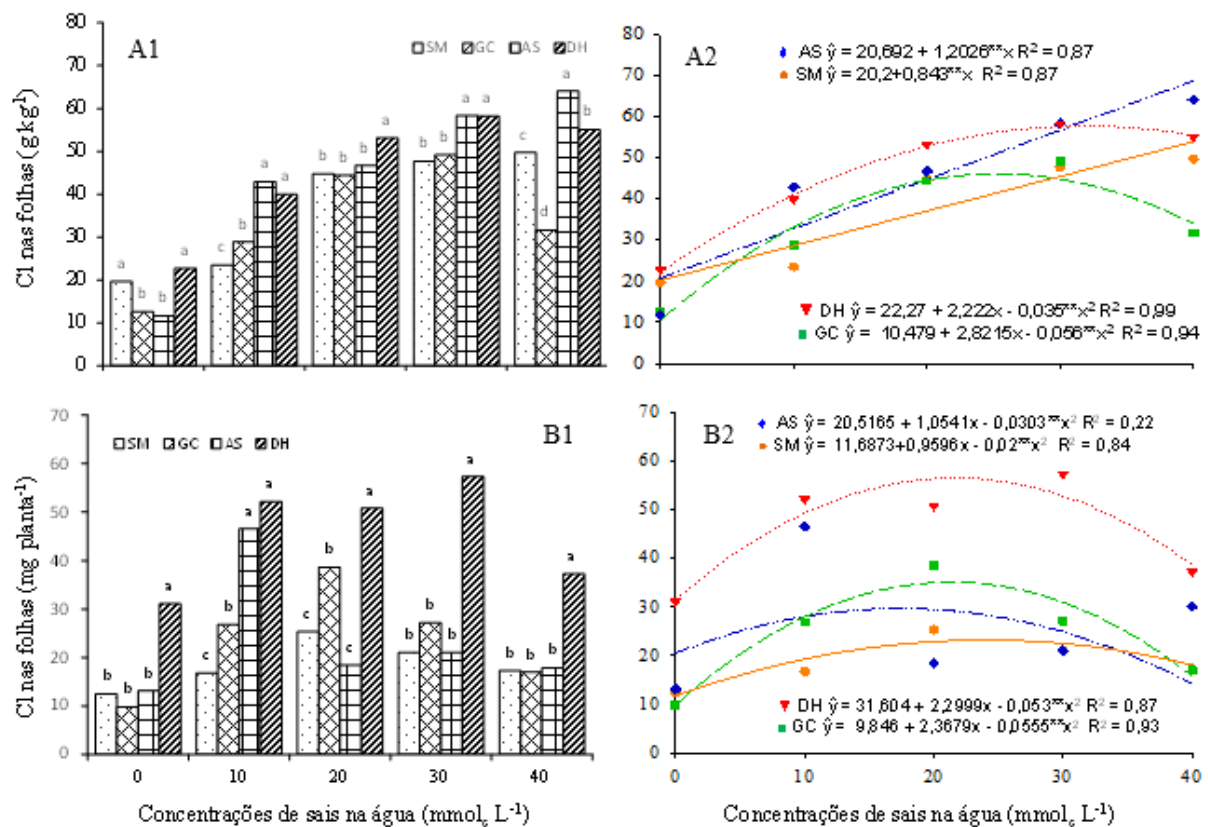
Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade

Figura 21 - Relação entre concentrações de Potássio e Sódio (K/Na) em folhas de mudas de mamoeiro, 65 DAE, micorrizadas e submetidas a concentrações de sais, em água de irrigação. Desdobramento da interação entre as micorrizas, para cada nível de salinidade (A1) e entre os níveis de salinidade (A2), para cada FMA, UFRSA, 2019.

As concentrações ($g\ kg^{-1}$) e o acúmulo ($mg\ planta^{-1}$) de Cl^- , foram maiores em plantas micorrizadas em todas as concentrações de sais, onde para 0 e 20 $mmol\ c\ L^{-1}$ de sais foi observada a maior concentração de Cl^- em função da micorrização com DH, cujas médias foram 15,76 e 18,65%, respectivamente, superior ao tratamento SM e para 10, 30 e 40 $mmol\ c\ L^{-1}$ as maiores concentração de Cl^- ficaram por conta da micorrização com a espécie AS, cuja percentagem de incremento com relação ao tratamento SM foi de 83, 22,36 e 28,9%, respectivamente (Figura 22A1). Com relação ao acúmulo de Cl^- foram constadas as maiores médias em função da inoculação com as espécies DH, as quais foram estatisticamente superiores aos tratamentos SM e GC em todos níveis salinos e aquelas atingidas em função da inoculação com AS nas concentrações de 0, 20, 30 e 40 $mmol\ c\ L^{-1}$ de sais (Figura 22B1).

O aumento da concentração de sais na água de irrigação elevou as concentrações de Cl^- linearmente, com incrementos médios para os diferentes tratamentos microbiológicos de 0,84 e 1,2 $g\ kg^{-1}$, a cada aumento unitário na salinidade da água, respectivamente para SM e AS (Figura 22A2). O aumento da concentração de sais até 25,18 e 31,74 $mmol\ c\ L^{-1}$, aumentou o

acúmulo de Cl^- até um valor máximo de 35,5 e 57,53 mg planta^{-1} , decrescendo consequentemente até atingir as 31,66 e 55,09 g kg^{-1} no nível mais elevado de salinidade (40 $\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$) em mudas de mamoeiro inoculadas com as espécies de FMA GC e DH, respectivamente. Para os demais tratamentos o aumento da salinidade proporcionou uma tendência de aumento linear do acúmulo de Cl^- no tecido foliar de mudas de mamoeiro, com a elevação das concentrações de sais, variando entre 19,66 e 49,73 g kg^{-1} em função de 0 e 40 $\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$ de sais, representando assim um acréscimo de 0,75 g kg^{-1} de Cl^- por mmol_c de sais acrescentado em cada litro de água, nos tratamentos SM e para o uso da espécie AS evidenciou-se uma variação entre 11,69 e 64,09 para as doses mínimas e máximas de sais, o que equivale a um acréscimo de 1,31 g kg^{-1} de Cl^- por $\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$ de sais.



Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade

Figura 22 - Concentração (A) e acúmulo (B) de Cloreto (Cl) em folhas de mudas de mamoeiro, 65 DAE, micorrizadas e submetidas a concentrações de sais, em água de irrigação. Desdobramento da interação entre as micorrizas para cada nível de salinidade (A1 e B1) e entre os níveis de salinidade (A2 e B2), para cada FMA, UFERSA, 2019.

Esses resultados são uma consequência da maior absorção de Cl^- , dada a sua maior disponibilidade na solução do solo, tendo em vista que todas as fontes de sal utilizadas possuíam cloreto na sua constituição.

Percebesse que as maiores concentrações e acúmulo de Cl^- observadas nas plantas micorrizadas, em especial naquelas onde se utilizou a espécie DH, não foi um fator limitante para o crescimento vegetal (Figura 15A), sugerindo que este íon não mantém relação com tolerância das mudas à salinidade. Da mesma forma, Navarro et al. (2014) verificaram que as maiores concentrações de Cl^- em folhas de porta-enxerto de citrus micorrizadas, em relação ao controle, sem micorrizas, não influenciaram negativamente no crescimento e nas repostas fisiológicas destas e relataram não haver relação entre a tolerância à salinidade e as concentrações deste íon. Lúcio et al. (2013) concluíram que em plantas de meloeiro micorrizadas as concentrações de Cl^- são maiores do que o tratamento controle até uma salinidade de $3,0 \text{ dS m}^{-1}$. Porém, um resultado divergente do encontrado no presente estudo foi observado por Elhindi et al. (2017), os quais ao avaliarem o teor de cloreto no tecido foliar de plantas de manjerição micorrizadas e submetidas níveis crescente de salinidade observaram que, apesar da elevação na concentrações Cl^- com o aumento da salinidade, as micorrizas permitiram uma redução significativa nas concentrações de íon.

O não comprometimento dos parâmetros morfofisiológicos das mudas de mamoeiro em plantas cujas concentrações de Cl^- foram as mais elevadas pode estar relacionado a um sequestro eficiente deste ânion para o vacúolo o que favoreceu ao status hídrico (Figura 6) bem como uma diminuição nos danos as membranas plasmáticas (Figura 7).

O grau de relação entre as variáveis nutricionais em função da interação entre os diferentes fatores de estudo (micorrizas e concentrações de sais em água) foi avaliado pelo teste de correlação linear de Pearson (r) e encontra-se disposto na Tabela 10, onde, a partir da qual se podem evidenciar diferentes níveis de significância ao avalia-las pelo teste t a 5% de probabilidade.

Uma correlação positiva e significativa ($p < 0,01$) forte foi observada tão somente entre a %CM e a concentração foliar de potássio ($r = 0,6$) e entre a concentração de Na^+ e Cl^- (0,66), também se observou uma correlação negativa significativa ($p < 0,01$) forte entre Na^+ e K^+/Na^+ ($r = -0,76$), bem como entre K^+/Na^+ e Cl^- ($r = -0,81$). No caso das correlações para o acúmulo de nutrientes foi constatado que %CM uma relação positiva e significativa com N, P, K^+ e Cl^- , cujos coeficientes foram de 0,64, 0,49, 0,78 e 0,68, respectivamente, não se correlacionando significativamente ($p > 0,05$) tão somente com o conteúdo de Na^+ .

Tabela 10 - Coeficiente de correlação simples de Pearson entre as médias de percentagem de colonização micorrízica (%CM), para a Concentração e acúmulo de Nitrogênio total (N), Potássio (K), Fósforo (P), Sódio (Na) e a relação entre K e Na (K/Na) em folhas de mudas de mamoeiro Formosa, Tainung N° 1, em função da micorrização e da água de irrigação com níveis de sais crescentes, obtidos aos 65 DAE, UFERSA, 2019.

CONCENTRAÇÃO DE NUTRIENTES (g kg ⁻¹)							
	%CM	N	P	K	Na	K/Na	Cl
%CM	1	-0,08 ^{ns}	-0,35 ^{ns}	0,6 ^{**}	-0,21 ^{ns}	0,21 ^{ns}	0,02 ^{ns}
N		1	0,15 ^{ns}	0,18 ^{ns}	0,23 ^{ns}	0,17 ^{ns}	-0,09 ^{ns}
P			1	-0,06 ^{ns}	0,24 ^{ns}	-0,24 ^{ns}	-0,33 ^{ns}
K				1	-0,22 ^{ns}	0,47 [*]	-0,15 ^{ns}
Na					1	-0,76 ^{**}	0,66 ^{**}
K/Na						1	-0,81 ^{**}
Cl							1
ACÚMULO DE NUTRIENTES (mg planta ⁻¹)							
	%CM	N	P	K	Na	Cl	
%CM	1	0,64 ^{**}	0,49 [*]	0,78 ^{**}	0,30 ^{ns}	0,68 ^{**}	
N		1	0,81 ^{**}	0,88 ^{**}	-0,26 ^{ns}	0,48 [*]	
P			1	0,80 ^{**}	-0,39 ^{ns}	0,19 ^{ns}	
K				1	-0,18 ^{ns}	0,49 [*]	
Na					1	0,43 [*]	
Cl						1	

*p<0,01; **p<0,05; ns – não significativo.

5. CONCLUSÕES

As micorrizas tiveram a sua capacidade de infecção comprometida pelos níveis de salinidade na água de irrigação, sendo a espécie *D. heterogama* considerada tolerante ao estresse salino e compatível com o mamoeiro Formosa, Tainung N^a 1, condição que refletiu positivamente no alívio do efeito depreciativo da salinidade nos componentes morfofisiológicos das mudas de mamoeiro;

A espécie de FMA *D. heterogama* possibilita um crescimento da parte aérea aos 65 DAE dentro do padrão comercial de 20 cm altura a uma concentração de sais de 33,85 mmol_c L⁻¹;

O status hídrico e nutricional das mudas de mamoeiro é comprometido, a diferentes níveis de intensidade pelo uso das águas salinas, a depender da espécie micorrízica utilizada, sendo intensificado pela não utilização das micorrizas e atenuado pelo uso das espécies *G. candida* e *D. heterogama*;

O uso das micorrizas possibilita a produção de mudas de mamoeiro com qualidade superior as não micorrizadas, independentemente do nível salino da água de irrigação, sendo as espécies *D. heterogama* e *G. candida* recomendadas, dado o alívio significativo do efeito deletério da salinidade nos componentes morfofisiológicos de mudas de mamoeiro até à concentração de 40 mmol_c L⁻¹;

A espécie micorrízica *A. scrobiculata* não proporciona melhorias na morfofisiologia das mudas de mamoeiro em função da irrigação com águas salinas, não sendo recomendada como agente biológico atenuador do estresse salino.

6. REFERÊNCIAS

- ABD-ALLA, M. H.; NAFADY, N. A.; BASHANDY, S. R.; HASSAN, A. A.; Mitigation of effect of salt stress on the nodulation, nitrogen fixation and growth of chickpea (*Cicer arietinum* L.) by triple microbial inoculation, **Rhizosphere**. v. 10, p. 100-148, 2019.
- AHANGER, M. A.; HASHEM, A.; ABD-ALLAH, E. F.; AHMAD, P. Arbuscular mycorrhiza in crop improvement under environmental stress. In: Ahmad, P. (Ed.), **Emerging Technologies and Management of Crop Stress Tolerance**, vol. 2. Elsevier Inc., 2014.
- ALVES, S. S. V. **Desempenho de culturas sob estresse salino em solos representativos do agropólo Mossoró-Assú**. 2012, 118 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia). – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2012.
- ALMEIDA, J. P. N.; LESSA, B. F. T.; PAIVA, E. P.; ARRAIS, I. G.; TOSTA, M. S.; MENDONÇA, V. Inoculação de fungo micorrízico e utilização de substratos comerciais para produção de plântulas de mamoeiro (*Carica papaya* L.). **Revista de Ciências Agrárias**. v. 37, p. 280-285, 2014.
- AMANIFAR S.; KHODABANDELOO M.; MOHSENFARD E.; ASKARI M. S.; ASHRFI M. Alleviation of salt stress and changes in glycyrrhizin accumulation by arbuscular mycorrhiza in liquorice (*Glycyrrhiza glabra*) grown under salinity stress, **Environmental and Experimental Botany**. v. 160, p. 25-34, 2019. DOI: 10.1016/j.envexpbot.2019.01.001
- ANJOS, É. C. T.; CAVALCANTE, U. M. T.; SANTOS, V. F.; MAIA, L. C. Produção de mudas de maracujazeiro doce micorrizadas em solo desinfestado e adubado com fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 40, p. 345-351, 2005.
- ANTUNES, P. M.; LEHMANN, A.; HART, M. M.; BAUMECKER, M.; RILIG, M. C. Long term effects of soil nutrient deficiency on arbuscular mycorrhizal communitis. **Functional Ecology**. v. 26, p. 532-540, 2012.
- ARAÚJO, E. F.; ARAUCO, A. M. S.; LACERDA, J. J. J.; RATKE, R. F.; MEDEIROS, J. C. Crescimento e balanço nutricional de mudas de *Enterolobium contortisiliquum* com aplicação de substratos orgânicos e água residuária. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 36, n. 86, p. 169-177, 2016.

AUDRY, P.; SUASSUNA, J. A. **A qualidade da água na irrigação do trópico semi-árido um estudo de caso.** In: Seminário Franco-Brasileiro de Pequena Irrigação. Recife. Anais... Recife: CNPq, SUDENE, 1995.p.147-153.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **Qualidade da água na agricultura.** Campina Grande: UFPB, 1999. 153p. Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29.

AZIMI, A.; FARZAM, M.; PERSSARAKLI, M.; KIANIAN, M. K. Mycorrhiza inoculation effects on seedling establishment, survival and morphological properties of *Ziziphora clinopodioides* Lam., **Journal of Plant Nutrition.** v. 41, p. 2692-2704, 2018. DOI: 10.1080/01904167.2018.1509999

BARBOSA, T. C.; RODRIGUES, R. B.; COUTO, H. T. Z. Tamanhos de recipientes e o uso de hidrogel no estabelecimento de mudas de espécies florestais nativas. **Hoehnea.** v. 40, n. 3, p. 537-556, 2013.

BAUM, C.; EL-TOHAMY, W.; GRUDA, N. Increasing the productivity and product quality of vegetable crops using arbuscular mycorrhizal fungi: A review. **Scientia Horticulturae,** v. 187, p. 131-141, 2015.

BAUM, C.; TOLJANDER, Y. K.; ECKHARDT, K. U.; WEIH, M. The significance of host-fungus combinations in ectomycorrhizal symbioses for the chemical quality of willow foliage. **Plant and Soil,** v. 323, p. 213-224, 2009.

BELLOT, M. J. G.; ORTUÑO, M. F.; NORTES, P. A.; SÁNCHEZ, J. V.; BAÑÓN, S.; BLANCO, M. J. S. Mycorrhizal euonymus plants and reclaimed water: Biomass, water status and nutritional responses. **Scientia Horticulture,** v. 186, p. 61-69, 2015. DOI: 10.1016/j.scienta.2015.02.022.

BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas: noções básicas.** Jaboticabal: FUNEP, 2003. 42 p.

BERBARA, R. L. L.; FONSECA, H. M. A. C. **Colonização radicular e esporulação de fungos micorrízicos arbusculares in vitro,** In: Avanços em fundamentos e aplicação de micorrizas (Ed.) SIQUEIRA, J. O. UFLA/DCS e DCF, Lavras, 1996, Cap. 3.

BERBARA, R. L. L.; SOUZA, F. A.; FONSECA, H. M. A. C. **Fungos micorrízicos arbusculares: Muito além da nutrição**, In: Nutrição Mineral de Plantas. Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, Viçosa, 2006. 432p.

BEZERRA NETO, E.; BARRETO, L. P. **Análises químicas e bioquímicas em plantas**. Recife: UFRPE, Editora Universitária da UFRPE, 2011, 261p.

BHATTACHARJEE, M., K. G. MUKERJI, J. P. TEWARI, AND W. P. SKOROPAD. Structure and hyperparasitism of a new species of Gigaspora. **Transactions of the British Mycological Society**. v. 78, p. 184-188, 1982.

BLUMWALD E. Sodium transport and salt tolerance in plants. **Current Opinion in Cell Biology**. v. 12, p. 431-434, 2000.

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

CATSKY, J. Water saturation deficit: relative water content. In: SLAVIK, B. (Ed.). **Methods of studying plant water relations**. Berlin: Springer-Verlag, 1974. p. 136-154.

CAVALCANTE, L. F.; CORDEIRO, J. F.; NASCIMENTO, J. A. M.; CAVALCANTE, T. H. L.; DIAS, T. J. Fontes e níveis da salinidade da água na formação de mamoeiro cv. Sunrise solo. **Semina: Ciências Agrárias**. v. 31, p. 1281-1290, 2010a.

CAVALCANTE, L. F.; OLIVEIRA, F. A.; CHEYI, H. R.; CAVALCANTES, I. H. L.; SANTOS, P. D. Água para agricultura: Irrigação com água de boa qualidade e água salina. In: CAVALCANTE, L. F. (Ed.). **O maracujazeiro amarelo e a salinidade da água**. João Pessoa Ed. Sal da Terra, 2012, p. 17-66.

CAVALCANTE, L. F.; VIEIRA, M. S.; SANTOS, A. F.; OLIVEIRA, W. M.; NASCIMENTO, J. A. M. Água salina e esterco bovino líquido na formação de mudas de goiabeira cultivar Paluma. **Revista Brasileira de Fruticultura**. v. 32, n. 1, p. 251-261, 2010b.

CHAVES, J. C. M.; CAVALCANTI JUNIOR, A. T.; CORREIA, D.; SOUZA, F. X.; ARAÚJO, C. A. T. **Normas de produção de mudas**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, Documentos 41, 2000. 37p.

CHAUDHARY, M. T.; WAINWRIGHT, S. J.; MERRETT, M. J. Comparative NaCl tolerance of *Lucerne* plants regenerated from salt-selected suspension cultures. **Plant Science**. v. 144, p. 221-232, 1996.

COELHO, E. F.; FILHO, M. A. C.; CRUZ, J. L. **Fundamentos e Manejo da Fertirrigação do Mamoeiro**. Cruz das Almas, EMBRAPA, 2008, 28p.

COELHO, I. R.; CAVALCANTE, U. M. T.; CAMPOS, M. A. S.; SILVA, F. S. B. Uso de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) na promoção do crescimento de mudas de pinheira (*Annona squamosa* L., Annonaceae). **Acta Botânica Brasilica**. v. 26, p. 933-937, 2012.

COSTA, C. M. C.; CAVALCANTE, U. M. T.; GOTO, B. T.; SANTOS, V. F.; MAIA, L. C. Fungos micorrízicos arbusculares e adubação fosfatada de mudas de mangabeira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 40, n. 3, p. 225-232, 2005.

COSTA, E.; LEAL, P. A. M.; SANTOS, L. C. R. DOS; VIEIRA, L. C. R. Crescimento de mudas de mamoeiro conduzidas em diferentes ambientes protegidos, recipientes e substratos na região de Aquidauana, estado do Mato Grosso do Sul. **Acta Scientiarum Agronomy**. v. 32, p. 463-470, 2010.

COSTA, J. P. N.; CAVALCANTE JÚNIOR, E. G.; MEDEIROS, J. F.; GUEDES, R. A. A. Evapotranspiração e rendimento do milho a diferentes lâminas e Salinidade da água de irrigação. **Irriga & INOVAGRI**. p. 74-80, 2015.

DAEI, G.; ARDEKANI, M. R.; REJALI, F.; TEIMURI, S.; MIRANSARI, M. Alleviation of salinity stress on wheat yield, yield components, and nutrient uptake using arbuscular mycorrhizal fungi under field conditions. **Journal of Plant Physiology**. v. 166, p. 617-625, 2009.

DERRIEN, C. S.; SELOSSE, M. A.; KENRICK, P.; MARTIN, F. M. The origin and evolution of mycorrhizal symbioses: from palaeomycology to phylogenomics. **New Phytologist**. v. 220, p. 1012-1030, 2018, DOI: 10.1111/nph.15076

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

DINIZ, G. L.; SALES, G. N.; SOUSA, V. F. O.; ANDRADE, F. H. A.; SILVA, S. S.; NOBRE, R. G. Produção de mudas de mamoeiro sob salinidade da água de irrigação e adubação fosfatada. **Revista de Ciências Agrárias**. v. 41, p. 218-228, 2018

ELHINDI, K. M.; EL-DIN, A. S.; ELGORBAN, A. M. The impact of arbuscular mycorrhizal fungi in mitigating salt-induced adverse effects in sweet basil (*Ocimum basilicum* L.). **Saudi Journal of Biological Sciences**. v. 24, p. 170-179, 2017. DOI: 10.1016/j.sjbs.2016.02.010.

ESTRADA, B.; AROCA, R.; BAREA, J. M.; RUIZ-LOZANO, J. M. Native arbuscular mycorrhizal fungi isolated from a saline habitat improved maize antioxidant systems and plant tolerance to salinity. **Plant Science**. v. 201, p. 42-51, 2013.

FAROOQ, M.; GOGOI, N.; HUSSAIN, M.; BARTHAKUR, S.; PAUL, S.; BHARADWAJ, N.; MIGDAD, H. M.; ALGHAMDI, S. S.; SIDDIQUE, K. H. M. Effects, tolerance mechanisms and management of salt stress in grain legumes. **Plant Physiology and Biochemistry**. v. 118, p. 199-217, 2017.

FERNANDES, P. D. **Análise de crescimento e desenvolvimento vegetal**. Campina Grande: UFPB, Departamento de Engenharia Agrícola, 2000, 22p.

FERREGUETTI, G. A. Custos de Produção e rentabilidade da cultura do mamão. In: **VII Simpósio do papaya brasileiro: Produção e Sustentabilidade Hídrica**. Vitória, Espírito Santo. Anais. 2018. Disponível em: <<http://papayabrasil.com.br/cd/dados/apresentacao.html>> acesso em: 20/01/2019,

FERREIRA, D. F. SISVAR: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e agrotecnologia**. v. 38, n.2, p. 109-112. 2014. DOI: 10.1590/S1413-70542014000200001

FIGUEIREDO FILHO, D. B.; SILVA JÚNIOR, J. A. Desvendando os Mistérios do Coeficiente de Correlação de Pearson (r). **Revista Política Hoje**, v. 18, n. 1, p. 115-146, 2009.

FRANÇA, A. C.; CARVALHO, F. P.; FANCO, M. H. R.; AVELAR, M.; SOUZA, B. P.; STÜRMER, S. L. Crescimento de mudas de cafeeiro inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. v. 9, n. 4, p. 506-511, 2014.

FRANK, A. B.; TRAPPE, J. M. On the nutritional dependence of certain trees on root symbiosis with belowground fungi (an English translation of A.B. Frank's classic paper of 1885). **Mycorrhiza**. v. 15, p. 267–275, 2005.

GALARÇA, S. P.; LIMA, C. S. M.; SILVEIRA, G.; RUFATO, A. R. Correlação de Pearson e análise de trilha identificando variáveis para caracterizar porta-enxerto de *Pyrus communis* L. **Ciência e Agrotecnologia**. v. 34, p. 1413-7054, 2010.

GARG, N.; SINGLA, P. The role of *Glomus mosseae* on key physiological and biochemical parameters of pea plants grown in arsenic contaminated soil. **Scientia Horticulture**. v. 143, p. 92-101, 2012.

GHOLAMHOSEINI, M.; GHALAVAND, A.; DOLATABADIAN, A.; JAMSHIDI, E. KHODAEI-JOGHAN, A. Effects of arbuscular mycorrhizal inoculation on growth, yield, nutrient uptake and irrigation water productivity of sunflowers grown under drought stress. **Agricultural Water Management**. v. 117, p. 106-114, 2013.

GIOVANNETTI, M.; MOSSE, B. An Evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots. **New Phytologist**. v. 28, p. 489-500, 1980.

GIRI, B.; KAPOOR, R.; MUKERJI, K. G. Improved tolerance of *Acacia nilotica* to salt stress by arbuscular mycorrhiza, *Glomus fasciculatum* may be partly related to elevated K/Na ratios in root and shoot tissues. **Microbial Ecology**. v. 54 n. 4 p. 753–760, 2007. DOI:10.007/s00248-007-9239-9.

GOTO, B. T.; SILVA, G. A.; YANO-MELO, A. M.; MAIA, L. C. Checklist of the arbuscular mycorrhizal fungi (*Glomeromycota*) in the Brazilian semiarid. **Mycotaxon**. v. 113, p. 251-254, 2010.

GRACE, E. J.; COTSAFTIS O.; TESTER M.; SMITH F. A.; SMITH S. E. Arbuscular mycorrhizal inhibition of growth in barley cannot be attributed to extent of colonization, fungal phosphorus uptake or effects on expression of plant phosphate transporter genes. **New Phytol**. v. 181, p. 938–949, 2009. DOI: 10.1111/j.1469-8137.2008.02720.x

GURGEL, M. T.; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R.; SANTOS, F. J. S.; BEZERRA, I. L. Uso de águas salinas na produção de mudas enxertadas de aceroleira. **Caatinga**, v. 20, p. 16-23, 2007.

HASHEM, A.; ALQARAWI, A. A.; RADHAKRISHNAN, R.; AL-ARJANI, A. F.; ALDEHAISH, H. A.; EGAMBERDIEVA, D.; ABD-ALLAH, E. F. Arbuscular mycorrhizal fungi regulate the oxidative system, hormones and ionic equilibrium to trigger salt stress tolerance in *Cucumis sativus* L. **Saudi Journal of Biological Sciences**. v. 25, p. 1102-1114, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2018.03.009>

HASHEM, A.; ABD-ALLAH, E. F.; ALQARAWI, A. A.; EGAMBERDIEVA, D. Induction of salt stress tolerance in cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] by arbuscular mycorrhizal fungi. **Legume Research**. v. 38, p. 579–588, 2015.

HASHEM, A.; ABD-ALLAH, E. F.; ALQARAWI, A. A.; WIRTH, S.; EGAMBERDIEVA, D. Comparing symbiotic performance and physiological responses of two soybean cultivars to arbuscular mycorrhizal fungi under salt stress. **Saudi Journal of Biological Sciences**. v. 26, p. 38-48, 2019. DOI: 10.1016/j.sjbs.2016.11.015.

HE, F.; SHENG, M.; TANG, M. Effects of *Rhizophagus irregularis* on photosynthesis and antioxidative enzymatic system in *Robinia pseudoacacia* L. under drought stress. **Frontiers Plant Science**. v. 8, 183, 2017. DOI: 10.3389/fpls.2017.00183.

HUANG, Z.; HE, C.; HE, Z.; ZOU, Z.; ZHANG, Z. The effects of arbuscular mycorrhizal fungi on reactive oxyradical scavenging system of tomato under salt tolerance. **Agricultural Sciences in China**, v. 9, p. 1150 - 1159, 2010.

HARRIS-VALLE, C.; ESQUEDA, M.; GUTIÉRREZ, A.; CASTELLANOS, A. E.; GARDEA, A. A.; BERBARA, R. Physiological response of *Cucurbita pepo* var. *pepo* mycorrhized by Sonoran desert native arbuscular fungi to drought and salinity stress. **Brazilian Journal of Microbiology**. v. 49, p. 45-53, 2018. DOI: 10.1016/j.bjm.2017.04.005

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção agrícola municipal: Culturas temporárias e permanentes - 2017**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em 02 maio, 2019.

KHABOU, W.; HAJJI, B.; ZOUARI, M.; RIGANE, H.; ABDALLAH, F. B. Arbuscular mycorrhizal fungi improved growth and mineral uptake of olive tree under gypsum substrate. **Ecological Engineering**. v. 73, p. 290-296, 2014. DOI: 10.1016/j.ecoleng.2014.09.054

KHALIL, H. A.; EISSA, A. M.; EL-SHAZLY, S. M.; NASR, A. M. A. Improved growth of salinity-stressed citrus after inoculation with mycorrhizal fungi. **Scientia Horticulture**. v. 130, p. 624-632, 2011. DOI: 10.1016/j.scienta.2011.08.019

KHALLOUFI, M.; MARTÍNEZ-ANDÚJAR, C.; LACHAÂL, M.; KARRAY-BOURAOUI, N.; PÉREZ-ALFOCEA, F.; ALBACETE, A. The interaction between foliar GA3 application and arbuscular mycorrhizal fungi inoculation improves growth in salinized tomato (*Solanum lycopersicum* L.) plants by modifying the hormonal balance. **Journal of Plant Physiology**. v. 214, p. 134-144, 2017. DOI: 10.1016/j.jplph.2017.04.012

LAMBAIS, M. R.; RAMOS, A. C. **Sinalização e transdução de sinais em micorrizas arbusculares**. In: SIQUEIRA, J. O.; SOUZA, F. A.; CARDOSO, E. J. B. N.; TSAI, S. M. (Ed.) *Micorrizas: 30 anos de pesquisas no Brasil*. Lavras: Editora UFLA, 2010. cap. 4.

L. B. M. Laboratório de Biologia de Micorrizas. Glomeromycota. Disponível em <<https://glomeromycota.wixsite.com/lbmicorrizas>> acesso em 20 de abril de 2019.

LEITÃO, T. E. M. F. S.; TAVARES, J. C.; RODRIGUES, G. S. O.; GUIMARÃES, A. A.; DEMARTELAERE, A. C. F. Avaliação de mudas de mamão submetidas a diferentes níveis de adubação nitrogenada. **Caatinga**. v. 22, p. 160-165, 2009.

LICHTHENTHALER H. K. **Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes**. In: PACKER, L., DOUCE, R. (Eds.) *Meth Enzimol*, v. 148, p. 350-382, 1987.

LIMA, K. B.; MARTINS, M. A.; FREITAS, M. S. M; OLIVARES, F. L. Fungos micorrízicos arbusculares, bactérias diazotróficas e adubação fosfatada em mudas de mamoeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, p. 932-940, 2011.

LIMA, M. G. S.; LOPES, N. F.; BACARIN, M. A. E.; MENDES, C. R. Efeito do estresse salino sobre a concentração de pigmentos e prolina em folhas de arroz. **Bragantia**, v. 63, n. 3, p. 335-340, 2004.

LIU, C. Y.; WANG, P.; ZANG, D. J.; ZOU, Y. N.; KUCA, K.; WU, Q. S. Mycorrhiza-induce change in root hair growth is associated with IAA accumulation and expressions of *EXPs* in trifoliate orange under two P levels. **Scientia Horticulturae**. v. 234, p. 227-235, 2018. DOI: 10.1016/j.scienta.2018.02.052

LÚCIO, W. S.; LACERDA, C. F.; MENDES FILHO, P. F.; HERNANDEZ, F. F. F.; NEVES, A. L. R.; GOMES FILHO, E. Crescimento e respostas fisiológicas do meloeiro inoculado com fungos micorrízicos arbusculares sob estresse salino. **Semina: Ciências Agrárias**. v. 34, n. 4, p. 1587-1602, 2013. DOI: 10.5433/1679-0359.2013v34n4p1587

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Potafos, Piracicaba, Brasil. 1997, 281 p.

MANICA, I. **Cultivares e melhoramentos**. In: MANICA, I.; MARTINS, D. S.; VENTURA, J. A. (Eds.). Mamão: tecnologia de produção pós-colheita, exportação, mercados. Porto Alegre: Cinco continentes, 2006. p. 49-82.

MARDUKHI, B.; REJALI, F.; DAEI, G.; ARDAKANI, M. R.; MALAKOUTI, M. J.; MIRANSARI, M. Arbuscular mycorrhizas enhance nutrient uptake in different wheat genotypes at high salinity levels under field and greenhouse conditions. **Comptes Rendus Biologies**. v. 334, p. 564-571, 2011.

MEDEIROS, S. A. S.; CAVALCANTE, L. F.; BEZERRA, M. A. F.; NASCIMENTO, J. A. M., BEZERRA, F. T. C.; PRAZERES, S. S. Água salina e biofertilizante de esterco bovino na formação e qualidade de mudas de maracujazeiro amarelo. **Irriga**. v. 21, n. 4, p. 779-795, 2016.

MENDONÇA, V.; ABREU, N. A. A. DE; GURGEL, R. L. DA S.; FERREIRA, E. A.; ORBES, M. Y.; TOSTA, M. S. Doses de nitrogênio e superfosfato simples no crescimento de mudas de mamoeiro 'Formosa'. **Revista Ciência e Agrotecnologia**. v. 30, n. 6, p. 1065-1070, 2006.

MIRANSARI, J. Arbuscular Mycorrhizal Fungi and Soil Salinity. In: JOHNSON, N.C.; GEHRING, C.; JANSA, J. (Org.). **MYCORRHIZAL MEDIATION OF SOIL: Fertility, structure and carbon storage**. Amsterdam: Ed. ELSEVIER, 2017. p. 263-277.

MIRANSARI, M.; BAHRAMI, H. A.; REJALI, F. MALAKOUTI, M. J. Using arbuscular mycorrhiza to reduce the stressful effects of soil compaction on wheat (*Triticum aestivum* L.) growth. **Soil Biology Biochemistry**. v. 40, p. 1197–206, 2008.

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

MONTEIRO, E. M. S. **Resposta de leguminosas arbóreas à inoculação com rizóbio e fungos micorrízicos em solo ácido**. Itaguaí: UFRRJ, 1990, 221p. (Teses de Doutorado).

MUNNS, R.; TESTER, M. Mechanisms of salinity tolerance. **Annual Review of Plant Biology**. v. 59, p. 651-681, 2008.

MURKUTE, A. A.; SHARMA, S.; SINGH, S. K. Response of mycorrhizal citrus rootstock plantlets to salt stress. **Indian Journal Horticulture**. v. 66, p. 456-460, 2009.

NASCIMENTO NETO, E. C. **Morfofisiologia de mamoeiro sob frequência de irrigação com água salina em substratos com hidrogel**. 2017, 51f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) Areia: UFPB/CCA, 2017.

NAVARRO, A.; BAÑÓN, S.; MORTE, A.; SÁNCHEZ-BLANCO, M. J. Effects of nursery pre-conditioning through mycorrhizal inoculation and drought in *Arbutus unedo* L. plants. **Mycorrhiza**. v. 21, p. 53–64, 2011.

NAVARRO, A.; ELIA, A.; CONVERSA, G.; CAMPI, P.; MASTRORILLI, M. Potted mycorrhizal Carnation plants and saline stress: growth, quality and nutritional plant responses. **Science Horticulture**. v. 140, p. 131–139, 2012.

NAVARRO, J. M.; TORNERO, O. P.; MORTE, A. Alleviation of salt stress in citrus seedlings inoculated with arbuscular mycorrhizal fungi depends on the rootstock salt tolerance. **Journal of Plant Physiology**. v. 171, p. 76-85, 2014. DOI: 10.1016/j.jplph.2013.06.006

NAVARRO, J. M.; MORTE, A. Mycorrhizal effectiveness in *Citrus macrophylla* at low phosphorus fertilization. **Journal of Plant Physiology**. v. 232, p. 301-310, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2018.11.027>

OEHL, F.; SOUZA, F. A.; SIEVERDING, E. Revision of *Scutellospora* and description of five new genera and three new families in the arbuscular mycorrhizal-forming Glomeromycetes. **Mycotaxon**. v. 106, p. 311–360, 2008.

OLIVEIRA, F. A.; MEDEIROS, J. F.; OLIVEIRA, M. K. T.; LIMA, C. J. G. S.; ALMEIDA JUNIOR, A. B.; AMÂNCIO, M. G. Desenvolvimento inicial do milho pipoca irrigado com água de diferentes níveis de salinidade. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. v. 4, n. 2, p. 149-155, 2009.

PARNISKE, M. Arbuscular Mycorrhizal: The motherpf plant root endosymbioses. **Nat. Rev. Microbiol.** v. 6, p. 763-775, 2008.

PEÇANHA, A. L.; SILVA, J. R.; RODRIGUES, W. P.; FERRAZ, T. M.; NETTO, A. T.; LIMA, R. S. N.; LOPES, T. S.; RIBEIRO, M. S.; DEUS, B. C. S.; COUTO, T. R.; SCHAFFER, B.; CAMPOSTRINI, E. Leaf gas exchange and growth of two papaya (*Carica papaya* L.) genotypes are affected by elevated electrical conductivity of the nutrient solution. **Scientia Horticulture.** v. 218, p. 230-239, 2017.

PHILLIPS, J. M.; HAYMAN, D. S. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. **Transactions British Mycological Society.** v. 55, p. 18-29, 1970.

PORCEL, R.; AROCA, R.; AZCON, R.; RUIZ-LOZANO, J. M. Regulation of cation transporter genes by the arbuscular mycorrhizal symbiosis in rice plants subjected to salinity suggests improved salt tolerance due to reduced Na⁺ root-to-shoot distribution. **Mycorrhiza.** v. 26, p. 673-684, 2016.

POZO, M.; AZCOÓN-AGUILAR, C. Unravelling mycorrhiza induced resistance. **Current Opinion in Plant Biology.** v. 10, p.393-398, 2007.

RABAB, A. M.; REDA, E. A. Synergistic Effect of Arbuscular Mycorrhizal Fungi on Growth and Physiology of Salt Stressed *Trigonella foenum-graecum* Plants. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology.** v. 16, p. 538-544, 2018. DOI: 10.1016/j.bcab.2018.08.018.

RITER NETTO, A. F.; FREITAS M. S. M.; MARTINS, M. A.; CARVALHO, A. J. C.; VITORAZI FILHO, J. A. Efeito de fungos micorrízicos arbusculares na bioprodução de fenóis totais e no crescimento de *Passiflora alata* Curtis. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais.** v. 16, p. 1-9, 2014

RUIZ-LOZANO, J. M.; AZCON, R.; GOMEZ, M. Alleviation of salt stress by arbuscular mycorrhizal *Glomus* species in *Lactuca sativa* plants. **Physiology Plant.** v. 98, p. 767-772, 1996.

RUIZ-LOZANO, J. M.; AZCÓN, R.; GÓMEZ, M. Effects of Arbuscular-Mycorrhizal *Glomus* Species on Drought Tolerance: Physiological and Nutritional Plant Responses. **Applied and Environmental Microbiology.** v. 61, p. 456-460, 1995.

SÁ, F. V. S.; BRITO, M. E. B.; MELO, A. S.; NETO, P. A.; FENANDES, P. D.; FERREIRA, I. B. Produção de mudas de mamoeiro irrigadas com água salina. **Revista Brasileira de Engenharia agrícola e ambiental**. v. 17, p. 1047-1054, 2013.

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

SANTOS, D. B.; COELHO, E. F.; SIMÕES, W. L.; SANTOS JÚNIOR, J. A. COELHO FILHO, M. A.; BATISTA, R. O. Influência do balanço de sais sobre o crescimento inicial e aspectos fisiológicos do mamoeiro. **Magistra**. v. 27, p. 44-53, 2015.

SAXENA, B.; SHUKLA, K.; GIRI, B. Arbuscular mycorrhizal fungi and tolerance of salt stress in plants. In: WU, Q. S. (Ed.). **Arbuscular mycorrhizas and stress tolerance of plants**. Singapore. Ed. Springer Nature Singapore Pte Ltd. 2017, p. 67-98

SCHIMEL, J. P.; BENNETT, J. (2004) Nitrogen mineralization: Challenges of a changing paradigm. **Ecology**. v. 85, p. 591-602, 2004.

SHANAHAN, J. F.; EDWARDS I. B.; QUICK J. S. E.; FENWICK J. R.; Membrane thermostability and heat tolerance of spring wheat. **Crop Science**. v. 30, p. 247–251, 1990.

SHARIFI, M.; GHORBANLI, M. EBRAHIMZADEH, H. Improved growth of salinity-stressed soybean after inoculation with salt per-treated mycorrhizal fungi. **Journal of plant Physiology**. v. 164, p. 1144-1151, 2007.

SHENG, M.; TANG, M.; CHEN, H.; YANG, B.; ZHANG, F.; HUANG, Y. Influence of arbuscular mycorrhizae on photosynthesis and water status of maize plants under salt stress. **Mycorrhiza**. v. 18, p. 287-296, 2008.

SILVEIRA, J. A. G.; ARAÚJO, S. A. M.; LIMA, J. P. M. S.; VIÊGAS, R. A. Roots and leaves display contrasting osmotic adjustment mechanisms in response to NaCl-salinity in *Atriplex numularia*. **Environmental and Experimental Botany**. v. 66, p. 1-8, 2009.

SILVEIRA, J. A. G.; SILVA, S. L. F.; SILVA, E. N.; VIÊGAS, R. A. **Mecanismos biomoleculares envolvidos com a resistência ao estresse salino em plantas**. In: CHEYI, H.

R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F.; GOMES FILHO, E. (2ª Ed.) Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados. Fortaleza: Editora INCT Sal, 2016, Cap. 13.

SIQUEIRA, J. O; LAMBAIS, M. R.; STÜRMER, S. L. Fungos micorrízicos arbusculares: Características, associação simbiótica e aplicação na agricultura. **Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento**. v. 25, p. 12-21, 2002.

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

SMITH, S. E.; SMITH, F. A. Fresh perspectives on the roles of arbuscular mycorrhizal fungi in plant nutrition and growth. **Mycologia**. v. 104, p. 1-13, 2012, DOI: 10.3852/11-229

SOUSA, A. B. O.; BEZERRA, M. A.; FARIAS, F. C. Germinação e crescimento inicial de clones de cajueiro comum sob irrigação com água salina. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 15, p. 390-394, 2011.

SOUSA, G. B.; CAVALCANTE, L. F.; CAVALCANTE, I. H. L.; CAVALCANTE, M. Z.B.; NASCIMENTO, J. A. Salinidade do substrato contendo biofertilizante para formação de mudas de maracujazeiro irrigado com água salina. **Caatinga**. v. 21, p. 172-180, 2008.

SOUZA, F. A.; SILVA, E. M. R. **Micorrizas arbusculares na revegetação de áreas degradadas**. In Avanços em fundamentos e aplicação de micorrizas. (Ed.) SIQUEIRA, J.O. UFLA/DCS e DCF, Lavras, 1996. Cap. 9.

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

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6º ed. Porto Alegre, Artmed, 2017, 528 f.

TALAAT, N. B.; SHAWKY, B .T. Protective effects of arbuscular mycorrhizal fungi on wheat (*Triticum aestivum* L.) plants exposed to salinity. **Environmental and Experimental Botany**. v. 98, p. 20-31, 2014.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2.ed. Porto Alegre, Departamento de Solos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 1995. 174p. (Boletim Técnico de Solos, 5).

TRAPPE, J. M. **Phylogenetic and ecological aspects micotrophy in the angiosperms from an evolutionary standpoint**. In: Ecophysiology of VA micorrhyzal plants. SAFIR, G. (Ed.) CRC Press, Boca Raton, Florida, 1987, p. 5-25.

TRAPPE, J. M. Three new Endogonaceae: *Glomus constrictus*, *Sclerocystis clavispora* and *Acaulospora scrobiculata*. **Mycotaxon**. v. 6, p. 359-366, 1977.

TRINDADE, A. V.; SIQUEIRA, J. O.; ALMEIDA, F. P. Dependência micorrízica de variedades comerciais de mamoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n.12, p. 1485-1494, 2001.

VAN DER HEIJDEN, M. G. A.; MARTIN, F. M.; SELOSSE, M. A.; SANDERS, I. R. Mycorrhizal ecology and evolution: the past the present, and the future. **New Phytologist**. v. 205, p. 1406-1423, 2015.

WU, Q. S.; LOU, Y. G.; LI, Y. Plant growth and tissue sucrose metabolism in the system of trifoliate orange and arbuscular mycorrhizal fungi. **Scientia Horticulturae**. v. 181, p. 189-193, 2015.

WU, Q. S.; XIA, R. X. arbuscular mycorrhizal fungi influence growth, osmotic adjustment and photosynthesis of citrus under well-watered and water stress conditions. **Journal of Plant Physiology**. v. 163, p. 417-425, 2006.

WU, Q. S.; ZOU, Y. N.; HE, X. H. Mycorrhizal symbiosis enhances tolerance to NaCl stress through selective absorption but not selective transport of K^+ over Na^+ in trifoliate orange. **Scientia Horticulturae**. v. 160, p. 366-374, 2013.

WU, Q. S.; ZOU, Y. N.; HE, X. H. Contributions of arbuscular mycorrhizal fungi to growth, photosynthesis, root morphology and ionic balance of citrus seedlings under salt stress. **Acta Physiol Plant**. v. 32, p. 297–304, 2010.

ZHANG, T.; HU, Y.; ZHANG, K.; TIAN, C.; GUO, J. Arbuscular mycorrhizal fungi improve plant growth of *Ricinus communis* by altering photosynthetic properties and increasing pigments under drought and salt stress. **Industrial Crops Products**. v. 117, p. 13-19, 2018.

ZHU, X.; SONG, F.; LIU, S.; LIU, F.; LI, X. Arbuscular mycorrhiza enhances nutrient accumulation in wheat exposed to elevated CO₂ and soil salinity. **Journal of Plant Nutrition Soil Science**. v. 000, p. 1-11, 2018.