



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

TESE DE DOUTORADO

**ECOFISIOLOGIA DA ACEROLEIRA IRRIGADA COM ÁGUA SALINA SOB
DOSES DE NITROGÊNIO E FÓSFORO**

FRANCISCO VANIES DA SILVA SÁ

Campina Grande, PB
Fevereiro de 2018

FRANCISCO VANIES DA SILVA SÁ

Engenheiro Agrônomo

**ECOFISIOLOGIA DA ACEROLEIRA IRRIGADA COM ÁGUA SALINA SOB DOSES
DE NITROGÊNIO E FÓSFORO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Área de Concentração em Irrigação e Drenagem, do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande, em cumprimento às exigências para obtenção do título de Doutor em Engenharia Agrícola.

Orientadores: Prof. D. Sc. Hans Raj Gheyi

D. Sc. Geovani Soares de Lima

Campina Grande, PB
Fevereiro de 2018

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

S111e Sá, Francisco Vanies da Silva.
Ecofisiologia da aceroleira irrigada com água salina sob doses de nitrogênio e fósforo / Francisco Vanies da Silva Sá. – Campina Grande, 2018.
150 f. : il. color.

Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2018.

"Orientação: Prof. Dr. Hans Raj Gheyi, Prof. Dr. Geovani Soares de Lima".
Referências.

1. *Malpighia emarginata*. 2. Irrigação. 3. Fisiologia Vegetal. 4. Nutrição Mineral. 5. Estresse Salino. I. Gheyi, Hans Raj. II. Lima, Geovani Soares de. III. Título.

CDU 634.3(043)



PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA TESE

FRANCISCO VANIES DA SILVA SÁ

ECOFISIOLOGIA DA ACEROLEIRA IRRIGADA COM ÁGUA SALINA SOB DOSES
DE NITROGÊNIO E FÓSFORO

APROVADO: 20 de fevereiro de 2018

BANCA EXAMINADORA

Dr. Hans Raj Gheyi
Orientador - UAEA/UFPG

Dr. Geovani Soares de Lima
Orientador - PNP/CAPE/UFPG

Dr. Claudivan Feitosa de Lacerda
Examinador - DENA/UFPG

Dr. Reginaldo Gomes Nobre
Examinador - UAGRA/CCTA/UFPG

Dr. Lourival Ferreira Cavalcante
Examinador - CCA/UFPB

Dr. Carlos Alberto Vieira de Azevedo
Examinador - UAEA/CTR/UFPG

Aos meus pais, Francisco Forte da Silva e Maria de Lourdes da Silva Sá, e aos meus avós, Sebastião Forte de Sá, Maria Eliza da Silva Sá, José Emanuel da Silva e Ilza Monteiro de Farias Silva, pelo apoio, incentivo, integridade, moral e conduta em me fazer acreditar que com muito esforço e força de vontade conseguimos mudar nosso destino.

OFEREÇO

Com muito carinho, à minha esposa, Emanoela Pereira de Paiva, pelo seu amor, amizade, compreensão e incentivo, por me fazer erguer a cabeça nos momentos mais difíceis e por me motivar para concluir esse trabalho.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, ser supremo ao qual devo minha existência;

À Universidade Federal de Campina Grande e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, pelos momentos vividos na pós-graduação e pelos ensinamentos prestados;

Aos professores Hans Raj Gheyi e Geovani Soares de Lima, pelas suas sábias orientações, e pelos votos de confiança durante o processo de doutoramento;

Ao Conselho Nacional de Pesquisa, Ciência e Tecnologia (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos;

Ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade, INCT-SAL, pelo apoio a pesquisa.

Aos meus pais, Francisco Forte da Silva e Maria de Lourdes da Silva Sá, e aos meus avôs, Sebastião Forte de Sá, Maria Eliza da Silva Sá, José Emanuel da Silva e Ilza Monteiro de Farias Silva, por estarem presente em toda a minha existência;

À minha esposa, Emanoela Pereira de Paiva, por me fortalecer ao longo dessa jornada e pelo incentivo e colaborações na conclusão desse trabalho;

Aos amigos e colegas da pós-graduação e da equipe de pesquisa, em especial a Luderlândio de Andrade Silva, Rômulo Carantino Lucena Moreira e Adaan Sudário Dias, pela sua eterna amizade, companheirismo e atuação fundamental para a conclusão deste trabalho;

Aos professores Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, pelo grande apoio, simplicidade, amizade e ensinamentos repassados;

À Universidade Federal Rural do Semi-Árido, em nome do professor Miguel Ferreira Neto e à Universidade Estadual da Paraíba, em nome do professor Alberto Soares de Melo, pela parceria e serviços prestados para conclusão deste trabalho;

Aos conselheiros Claudivan Feitosa de Lacerda, Lourival Ferreira Cavalcante, Reginaldo Gomes Nobre e Carlos Alberto Vieira de Azevedo, pelas contribuições dadas a este trabalho;

A todos aqueles que estiveram presentes e colaboraram direta ou indiretamente para o cumprimento desta etapa da minha vida. Um grande abraço.

"Quantas chances desperdicei, quando o que eu mais queria era provar para todo o mundo o que eu não precisava provar nada pra ninguém".

Renato Russo

"Não importa que o passado seja tão desolador. Você sempre poderá começar tudo de novo".

Buda

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	Pág. x
LISTA DE FIGURAS.....	xii
RESUMO.....	xv
ABSTRACT.....	xvii

CAPÍTULO I - Introdução geral, objetivos e revisão de literatura

1. INTRODUÇÃO GERAL.....	20
2. OBJETIVOS.....	22
2.1. Objetivo Geral.....	22
2.2. Objetivos Específicos.....	22
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	23
3.1. Aspectos gerais da cultura da acerola:.....	23
3.2. Água para irrigação em regiões semiáridas.....	25
3.3. Efeitos de sais no solo.....	26
3.4. Efeito de sais sobre as plantas.....	28
3.4.1. Efeito osmótico.....	28
3.4.2. Efeito específico e iônico dos sais	29
3.5. A aceroleira e a salinidade.....	30
3.5.1. Interação adubação fosfatada e salinidade.....	31
3.4.1. Interação adubação nitrogenada e salinidade.....	33
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	35

CAPÍTULO II – Metodologia Geral

1. METODOLOGIA GERAL.....	45
1.1. Local do experimento.....	45
1.2. Delineamento experimental e tratamentos.....	45
1.3. Implantação e condução do experimento.....	45
1.3.1. Instalação do experimento.....	45
1.3.2. Preparo da água e irrigação.....	46
1.3.3. Adubação.....	47
1.3.4. Tratos fitossanitários e poda.....	48
1.4. Variáveis analisadas.....	50
1.4.1. Avaliação biométrica.....	50
1.4.2. Avaliação fisiológica	50
1.4.2.1. Trocas gasosas.....	50
1.4.2.2. Florescência da clorofila a.....	51
1.4.2.3. Determinação do estado hídrico foliar.....	51
1.4.2.4. Teor de clorofila e carotenoides.....	52
1.4.2.5. Porcentagem de dano na membrana celular nas folhas.....	52
1.4.2.6. Teor de macronutrientes e sódio.....	53
1.4.2.7. Caracterização da Produção.....	53
2. ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....	53
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	54

CAPÍTULO III - Aspectos fisiológicos da aceroleira irrigada com água salina sob proporções de P/N: fase vegetativa

RESUMO.....	57
ABSTRACT.....	57
1. INTRODUÇÃO.....	58
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	59
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	65
4. CONCLUSÕES.....	78
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	78

CAPÍTULO IV - Aspectos fisiológicos da aceroleira irrigada com água salina sob proporções de P/N: fase vegetativa/reprodutiva

RESUMO.....	84
ABSTRACT.....	84
1. INTRODUÇÃO.....	85
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	86
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	92
4. CONCLUSÕES.....	101
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	101

CAPÍTULO V - Morfofisiologia e produção da aceroleira irrigada com água salina sob proporções de fósforo e nitrogênio

RESUMO.....	109
ABSTRACT.....	109
1. INTRODUÇÃO.....	110
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	112
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	116
4. CONCLUSÕES.....	125
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	123

CAPÍTULO VI - Crescimento, composição mineral foliar e produção da aceroleira irrigada com água salina sob proporções de fósforo e nitrogênio

RESUMO.....	128
ABSTRACT.....	129
1. INTRODUÇÃO.....	129
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	131
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	134
4. CONCLUSÕES.....	142
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	142

CAPÍTULO VII – CONSIDERAÇÕES FINAIS

CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	147
---------------------------	-----

ANEXOS

ANEXOS.....

150

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO II

Tabela 1. Características químicas e físico-hídricas do solo utilizado no experimento.....	Pág. 46
---	---------

CAPÍTULO III

Tabela 1. Características químicas e físico-hídricas do solo utilizado no experimento.....	60
---	----

Tabela 2. Resumo do teste F para as variáveis: teor relativo de água (TRA), déficit de saturação hídrica (DSH), taxa de assimilação de CO₂ (A), concentração interna de CO₂ (Ci), eficiência instantânea da carboxilação (EiCi), condutância estomática (gs), transpiração (E), eficiência intrínseca do uso da água (EiUA), fluorescência inicial (Fo), máxima (Fm), variável (Fv), eficiência quântica do fotossistema II (Fv/Fm), clorofila a (C_{loa}), b (C_{lob}), carotenoides (carot), % de dano celular (EE), taxa de crescimento absoluto do porta-enxerto (TCA-DPE), da copa (TCA-DC), taxa de crescimento relativo do porta-enxerto (TCR-DPE), da copa (TCR-DC) e número de folhas (NF) de plantas de acerola irrigadas com águas salinas e adubadas com nitrogênio e fósforo aos 45 dias após aplicação dos níveis salinos.....

66

CAPÍTULO IV

Tabela 1. Características químicas e físico-hídricas do solo utilizado no experimento.....	87
---	----

Tabela 2. Resumo do teste F para as variáveis: teor relativo de água (TRA), déficit de saturação hídrica (DSH), taxa de assimilação de CO₂ (A), concentração interna de CO₂ (Ci), eficiência instantânea da carboxilação (EiCi), condutância estomática (gs), transpiração (E), eficiência intrínseca do uso da água (EiUA), fluorescência inicial (Fo), máxima (Fm), variável (Fv), eficiência quântica do fotossistema II (Fv/Fm), clorofila a (C_{loa}), b (C_{lob}), carotenoides (carot), % de dano celular (EE), taxa de crescimento absoluto do porta-enxerto (TCA-DPE), da copa (TCA-DC), taxa de crescimento relativo do porta-enxerto (TCR-DPE), da copa (TCR-DC) e número de folhas (NF) de plantas de acerola irrigadas com águas salinas e adubadas com nitrogênio e fósforo aos 150 dias após aplicação dos níveis salinos.

92

CAPÍTULO V

Tabela 1. Características químicas e físico-hídricas do solo utilizado no experimento.	110
---	-----

Tabela 2. Resumo do teste F para as variáveis taxa de crescimento absoluto em diâmetro do porta-enxerto (TCA-DPE), da copa (TCA-DC), taxa de crescimento relativo em diâmetro do porta-enxerto (TCR-DPE), do enxerto (TCR-DE) de 1 a 285 dias, teor relativo de água (TRA), déficit de saturação hídrica (DSH), taxa de assimilação de CO₂ (A), concentração interna de CO₂ (Ci), eficiência instantânea da carboxilação (EiCi), condutância estomática (gs), transpiração (E), eficiência instantânea do uso da água (EiUA), fluorescência inicial (Fo), máxima (Fm), variável (Fv), eficiência quântica do fotossistema II (Fv/Fm), número de frutos por planta (NF/P), massa média de frutos (MMF), diâmetro longitudinal (DLF) e transversal (DTF) de frutos de aceroleira irrigada com águas salinas e adubada com proporções de fósforo/nitrogênio no primeiro ano de cultivo.

115

CAPÍTULO VI

Tabela 1. Características químicas e físico-hídricas do solo utilizado no experimento.....	132
---	-----

Tabela 2. Resumo de teste F para as variáveis: diâmetro do caule do porta-enxerto (DCPE), e do caule do enxerto (DCC), teor de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), sódio (Na), relação sódio/nitrogênio (Na/N), sódio/fósforo (Na/P), sódio/potássio (Na/K), sódio/cálcio (Na/Ca) e sódio/magnésio (Na/Mg) nas folhas aos 285 dias após aplicação dos tratamentos e a produção por planta de aceroleira irrigada com águas salinas e adubada com diferentes proporções de fósforo/nitrogênio aos 365 dias após aplicação dos níveis salinos.....

135

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO II	Pág.
Figura 1. Caracterização do Lisímetro (A) e transplântio das mudas de aceroleira (B e C).....	46
Figura 2. Plantas de acerola antes da poda de formação (A), com as pernadas secundárias e terciárias definidas (B), com as pernadas quaternárias definidas (D), na floração (E) e na frutificação (F).....	49
CAPÍTULO III	
Figura 1. Teor relativo de água na folha -TRA (A) e déficit de saturação hídrica - DSH (B) de plantas de aceroleira irrigadas com água salina e adubadas com proporções de fósforo e nitrogênio aos 45 dias após aplicação dos níveis salinos.....	66
Figura 2. Taxa de assimilação de CO ₂ - A (A), concentração interna de CO ₂ - Ci (B), eficiência instantânea da carboxilação - EiCi (C), condutância estomática - gs (D), transpiração - E (E) e eficiência instantânea do uso da água - EiUA (F) de aceroleiras irrigadas com água salina e adubadas com proporções de fósforo e nitrogênio aos 45 dias após aplicação dos níveis salinos.....	68
Figura 3. Fluorescência inicial (Fo) de aceroleiras irrigadas com água salina e adubadas com proporções de fósforo e nitrogênio aos 45 dias após aplicação dos níveis salinos.	72
Figura 4. Teores de clorofila a (A), b (B), carotenoides (C) e % de dano celular nas folhas (D) de aceroleiras irrigadas com água salina e adubadas com proporções de fósforo e nitrogênio aos 45 dias após aplicação dos níveis salinos.....	73
Figura 5. Taxa de crescimento absoluto (TCA) do diâmetro do porta-enxerto-DPE, mm dia ⁻¹ (A) e da copa -DC, mm dia ⁻¹ (B), taxa de crescimento relativo (TCR) do diâmetro do porta-enxerto-DPE, mm mm ⁻¹ dia ⁻¹ (C) e da copa -DC, mm mm ⁻¹ dia ⁻¹ (D) de aceroleiras irrigadas com água salina e adubadas com proporções de fósforo e nitrogênio aos 45 dias após aplicação dos níveis salinos.....	75
Figura 6. Número de folhas de aceroleiras irrigadas com água salina e adubadas com proporções de fósforo e nitrogênio aos 45 dias após aplicação dos níveis salinos.....	77
CAPÍTULO IV	
Figura 1. Concentração interna de CO ₂ -Ci (A), Taxa de assimilação de CO ₂ -A (B), eficiência instantânea da carboxilação-EiCi (C), condutância estomática-gs (D), transpiração-E (E) e eficiência instantânea do uso da água-EiUA (F) de plantas de aceroleira irrigadas com água salina e adubadas com proporções de fósforo e nitrogênio aos 150 dias após aplicação dos níveis salinos.....	94
Figura 2. Fluorescência inicial-Fo (A), máxima-Fm (B), variável-Fv (C) e eficiência quântica do PSII-Fv/Fm (D) de plantas de aceroleira irrigadas com água salina e adubadas com proporções de fósforo e nitrogênio aos 150 dias após aplicação dos níveis salinos.....	97

Figura 3. Teores de clorofila <i>a</i> (A), <i>b</i> (B), carotenoides (C) e % de dano celular nas folhas (D) de plantas de aceroleira irrigadas com água salina e adubadas com proporções de fósforo e nitrogênio aos 150 dias após aplicação dos níveis salinos.....	98
Figura 4. Taxa de crescimento absoluto (TCA - mm dia ⁻¹) e relativo (TCR -mm mm ⁻¹ dia ⁻¹) do diâmetro do porta-enxerto-DPE de 1 aos 150 dias (A e B) e número de folhas-NF (C) de plantas de aceroleira irrigadas com água salina e adubadas com proporções de fósforo e nitrogênio aos 150 dias após aplicação dos níveis salinos.....	100

CAPÍTULO V

Figura 1. Taxa de crescimento absoluto (TCA - mm dia ⁻¹) e relativo (TCR -mm mm ⁻¹ dia ⁻¹) do diâmetro do porta-enxerto - DPE (A e B) e do enxerto - DE (C e D) de 1 aos 285 de plantas de aceroleira irrigadas com água salina e adubadas com proporções de fósforo e nitrogênio, aos 285 dias após aplicação dos níveis salinos.....	116
Figura 2. Taxa de assimilação de CO ₂ -A (A), condutância estomática- <i>gs</i> (B), transpiração- <i>E</i> (C), eficiência instantânea do uso da água- <i>EiUA</i> (D) e eficiência instantânea da carboxilação- <i>EiCi</i> (E) de plantas de aceroleira irrigadas com água salina e adubadas com proporções de fósforo e nitrogênio, aos 285 dias após aplicação dos níveis salinos.....	118
Figura 3. Fluorescência máxima-F _m (A) e variável-F _v (B) de plantas de aceroleira irrigadas com água salina e adubadas com proporções de fósforo e nitrogênio, aos 285 dias após aplicação dos níveis salinos.....	120
Figura 4. Número de frutos por planta-NF/P (A), massa média de frutos-MMF (B) e diâmetro longitudinal-DLF (C) de frutos de aceroleira irrigadas com água salina e adubadas com proporções de fósforo e nitrogênio aos 365 dias após aplicação dos níveis salinos.....	122

CAPÍTULO VI

Figura 1. Diâmetro do caule do porta-enxerto- DCPE (A) e do caule do enxerto - DCE (B) de aceroleira irrigadas com água salina e adubadas com proporções de fósforo e nitrogênio aos 285 dias após aplicação dos níveis salinos.....	136
Figura 2. Teor de fósforo, P (A), cálcio, Ca (B) e sódio, Na (C e D) nas folhas de plantas de aceroleira irrigadas com água salina e adubadas com proporções de fósforo e nitrogênio aos 285 dias após aplicação dos níveis salinos.....	137
Figura 3. Relação entre os teores de sódio/nitrogênio, Na/N (A e B), sódio/fósforo, Na/P (C), sódio/potássio, Na/K (D), sódio/cálcio, Na/Ca (E) e sódio/magnésio, Na/Mg (F) nas folhas de plantas de aceroleira irrigadas com água salina e adubadas com proporções de fósforo e nitrogênio aos 285 dias após aplicação dos níveis salinos.....	140
Figura 4. Produção por planta de aceroleira irrigada com água salina e adubadas com proporções de fósforo e nitrogênio aos 365 dias após aplicação dos níveis salinos.....	142

ANEXOS

Anexo 1. Volume de água total aplicado por planta, VATA (A), consumo hídrico por planta, CH (B), volume de água drenado por planta, VD (C), e condutividade elétrica média da água de drenagem por planta aos 365 dias após aplicação do tratametos salinos.....

150

SÁ, F. V. da S. **Ecofisiologia da aceroleira irrigada com água salina sob doses de nitrogênio e fósforo**. 2018. 150f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais. Campina Grande, PB.

RESUMO

A aceroleira exerce importância socioeconômica no Brasil, devido ao elevado teor de ácido ascórbico do fruto, o que justifica ser cultivada nacionalmente, principalmente na região Nordeste, onde os problemas de salinidade da água são frequentes. Assim, a adoção de técnicas de manejo da adubação mineral com nitrogênio e fósforo pode mitigar os efeitos deletérios do estresse salino às plantas. Pelo exposto, objetivou-se com esse trabalho avaliar os efeitos da interação entre a salinidade da água de irrigação e as proporções de fósforo e nitrogênio sobre o comportamento vegetativo, fisiológico, nutricional e produtivo da aceroleira cv. BRS 366 Jaburu enxertada em variedade Criola. O experimento foi desenvolvido em ambiente protegido, em lisímetros com Neossolo Regolítico; o delineamento foi o de blocos casualizados com os tratamentos arranjados em esquema fatorial 5 x 4, referente aos níveis de condutividade elétrica da água de irrigação - CEa (0,6; 1,4; 2,2; 3,0 e 3,8 dS m⁻¹) e quatro proporções percentuais de fósforo e nitrogênio P/N (100:100; 140:100; 100:140 e 140:140% P/N), com três repetições. As plantas de acerola foram avaliadas quanto ao crescimento, fisiologia, composição foliar de macronutrientes e sódio e componentes de produção. O estado hídrico, o crescimento e as trocas gasosas da aceroleira foram influenciados pela interação salinidade e adubação durante os primeiros 45 dias após irrigação com águas de salinidade crescente, tendo a proporção 100:140% P/N proporcionado os melhores resultados. Com a idade das plantas, houve estabilização do crescimento da fase vegetativa (redução das taxas de crescimento), componentes fisiológicos e até da produção, não respondendo à adubação, e com comprometimento da condutância estomática e taxa de assimilação de CO₂ das plantas irrigadas com águas de salinidades superiores a 2,2 dS m⁻¹. O teor de clorofila *a* diminuiu, o da clorofila *b* e dos carotenoides aumentou entre as plantas que receberam incrementos na adubação, até a salinidade de 3,0 dS m⁻¹. Entretanto, os efeitos danosos do estresse salino sobre a fluorescência da clorofila *a* foram mitigados pelo incremento de 40% a mais na recomendação de adubação de P

e N para as plantas irrigadas com águas de até 3,0 dS m⁻¹, principalmente pelo incremento da adubação nitrogenada. Com o aumento da salinidade da água e do teor de sódio nos tecidos foliares, foi verificada redução no teor de fósforo apenas nas plantas que receberam 100% da recomendação de adubação de P e N. O aumento da salinidade da água a partir de 0,6 dS m⁻¹ reduziu a produção de acerola das plantas que receberam apenas a recomendação de adubação P e N. O incremento de 40% na adubação fosfatada sobre o nitrogênio (140:100% P/N) estimulou a emissão de frutos pelas plantas. A adubação com os maiores valores de da proporção P/N promoveu a maior produção até mesmo pelas plantas irrigadas com a água de salinidade de 3,0 dS m⁻¹.

Palavras-chave: *Malpighia emarginata*, Irrigação, Fisiologia vegetal, Nutrição mineral, Estresse salino.

SÁ, F. V. da S. **Ecophysiology of the west indian cherry irrigated with saline water under doses of nitrogen and phosphorus.** 2018. 150p. Thesis (Doctoral in Agricultural Engineering). Federal University of Campina Grande, Center for Technology and Natural Resources. Campina Grande, PB.

ABSTRACT

The west indian cherry plant tree exerts socioeconomic importance in Brazil, due to the high ascorbic acid content of the fruit, which justifies being cultivated nationally, mainly in the Northeast region, where water salinity problems are frequent. Thus, the adoption of management techniques of nitrogen fertilization with nitrogen and phosphorus can mitigate the deleterious effects of saline stress on the plantation. The objective of this study was to evaluate the effects of the interaction between the salinity of irrigation water and the proportions of phosphorus and nitrogen in growth vegetative, physiological, nutritional and productive west indian cherry cv. BRS 366 Jaburu grafted in the Criola variety. The experiment was carried out in a protected environment, in lysimeters with Neosol Regolítico; the design was randomized blocks with the treatments arranged in a 5 x 4 factorial scheme, referring to the levels of electrical conductivity of the irrigation water - CEa (0.6, 1.4, 2.2, 3.0 and 3, 8 dS m⁻¹) and four percent proportions of phosphorus and nitrogen P/N (100:100, 140:100, 100:140 and 140:140% P/N), with three replicates. The west indian cherry plants were evaluated for growth, physiology, leaf composition of macronutrients and sodium and production components. The salinity and fertilization interaction during the first 45 days after irrigation with increasing salinity waters was influenced by the salinity, growth and gas exchange conditions in west indian cherry. The proportion was 100: 140% P/N, which provided the best results. At the age of the plants, there was stabilization of the vegetative phase growth (reduction of the growth rates), physiological components and even of the production, not responding to the fertilization, and with compromise of the stomatal conductance and CO₂ assimilation rate of the plants irrigated with water salinity greater than 2,2 dS m⁻¹. The chlorophyll *a* decreased, chlorophyll *b* and carotenoids increased among the plants that received fertilization increments until the salinity of 3.0 dS m⁻¹. However, the harmful effects of saline stress on chlorophyll *a* fluorescence were mitigated by a 40% increase in the recommended P and N fertilization for plants irrigated with water up to 3.0 dS m⁻¹, mainly due to the increase.

With the increase of water salinity and sodium content in leaf tissues, a reduction in the phosphorus content was observed only in the plants that received 100% of the fertilization recommendation of P and N. The increase of the salinity of the water from 0.6 dS m⁻¹ reduced the cherry production of the plants that received only the P and N fertilization recommendation. The 40% increase in phosphorus fertilization on nitrogen (140:100% P/N) stimulated the emission of fruits plants. Fertilization with the highest values of the P/N proportion promoted the highest production even by the plants irrigated with the salinity water of 3.0 dS m⁻¹.

Key words: *Malpighia emarginata*, Irrigation, Plant physiology, Mineral nutrition, Saline stress.

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO GERAL, OBJETIVOS E REVISÃO DE LITERATURA

1 INTRODUÇÃO GERAL

Dentre as espécies frutíferas emergentes no cenário frutícola do Brasil, a aceroleira (*Malphigiaemarginata* DC.) vem se destacando devido ao seu elevado teor de ácido ascórbico, variando de 695 a 4827mg 100mL⁻¹ de polpa (MEZADRI et al., 2008; ROSSO et al., 2008). No Brasil, a região mais produtora é a Nordeste, com 64% da área cultivada no país, apresentando rendimento médio de 15.360 kg ha⁻¹ ano⁻¹ (ADRIANO et al., 2011; ESASHIKA et al., 2013).

Apesar da adaptabilidade da cultura às condições de solo, temperatura, umidade relativa do ar e fotoluminosidade, a carência quantitativa e qualitativa dos recursos hídricos do Nordeste – associada a teores de sais, em geral não tolerados pelas culturas sensíveis e moderadamente sensíveis – limita o sistema de produção das áreas semiáridas, que depende dessas águas para irrigação (AYERS & WESTCOT, 1999; MEDEIROS et al., 2003; CIRILO et al., 2010; SÁ et al., 2013). Os efeitos da salinidade às plantas são atribuídos à redução do potencial osmótico, à ação iônica específica de íons e ao desequilíbrio nutricional e hormonal das plantas (ESTEVES & SUZUKI, 2008; MUNNS & TESTER, 2008; SÁ et al., 2015). Nas plantas cultivadas, inúmeros outros efeitos são causados pelo excesso de sais no solo, como os distúrbios na permeabilidade das membranas celulares; alterações na condutância estomática; na eficiência quântica do fotossistema II; no processo fotossintético; e balanço nutricional que resultam na redução do desenvolvimento das plantas, independentemente da natureza dos sais (LEANDRO et al., 2008; SILVA et al., 2014; LIMA et al., 2015). Neste contexto, surge a necessidade de adotar estratégias para o manejo da salinidade da água e/ou do solo visando à manutenção da homeostase das plantas de aceroleira cultivadas sob condições de estresse salino.

A escassez hídrica e o manejo da adubação constituem os principais fatores que limitam ou elevam o rendimento das culturas. Contudo, são escassos estudos avaliando os efeitos da adubação com nitrogênio e fósforo simultaneamente em proporções de ambos os nutrientes num mesmo tratamento nas plantas em geral, inclusive na aceroleira.

Dentre as estratégias para mitigação do estresse salino, o manejo da adubação tem promovido efeitos positivos nas respostas das plantas, principalmente quando o fertilizante em foco é o nitrogenado (FURTADO et al., 2014; BEZERRA et al., 2014; GUEDES FILHO et al., 2015; LIMA et al., 2015). Essa afirmação se deve ao fato de o nitrogênio ser o elemento essencial mais exigido pela maioria das culturas, sendo

constituente de inúmeras biomoléculas, como aminoácidos que auxiliam no ajustamento osmótico, além de atuar na minimização dos efeitos das espécies reativas de oxigênio (ASHRAF & HARRIS, 2004).

Não obstante, o fósforo também exerce importante função no metabolismo das plantas, com destaque para a capacidade de armazenar energia, porém estudos com a adubação fosfatada em plantas sob estresse salino são incipientes quando comparado com a adubação nitrogenada; no entanto, alguns trabalhos relatam ação mitigadora do fósforo em plantas sob condições de estresse salino (SHIBL et al., 2001; LACERDA et al., 2006; OLIVEIRA et al., 2010; SOUSA et al., 2012; SÁ, 2016). Assim, uma adequada nutrição com nitrogênio e fósforo é de fundamental importância em plantas cultivadas sob condições de estresse salino. No entanto, são incipientes na literatura estudos que destaquem a ação sinérgica ou antagônica desses nutrientes em plantas de aceroleira cultivadas com águas salinas.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

Objetivou-se com esse trabalho avaliar os efeitos da interação entre a salinidade da água de irrigação e as proporções de de fósforo e nitrogênio sobre o comportamento vegetativo, fisiológico, nutricional e produtivo da aceroleira cv. BRS 366 Jaburu enxertada em variedade Criola.

2.2 Específicos

Comparar os efeitos da irrigação com água salina associada ao manejo da adubação sobre as trocas gasosas, a eficiência fotoquímica e relações hídricas nas fases vegetativa, floração e frutificação da aceroleira cv BRS 366 Jaburu.

Avaliar os efeitos da irrigação com água salina associada à adubação nitrogenada e fosfatada sobre o teor de macronutrientes e de sódio nos tecidos foliares de plantas de aceroleira.

Avaliar a ação mitigadora e o sinergismo entre doses de fósforo e nitrogênio sobre os efeitos deletérios do estresse salino nas plantas de aceroleira.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Aspectos gerais da cultura da acerola

A acerola (*Malpighia emarginata* DC.) é uma planta de clima tropical com origem no norte da América do Sul, América Central e ilhas do Caribe (JUNQUEIRA et al., 2004). O gênero *Malpighia* pertence à família Malpighiaceae, composta por 63 gêneros e 850 espécies, sendo o gênero *Malpighia* de maior ocorrência em regiões tropicais do continente americano (JOLY, 1983; NAKASONE & PAULL, 1998).

As plantas de aceroleira são arbustivas com hábitos de crescimento que variam de prostrado a ereto, com copa aberta ou compacta, podendo chegar a 4 m de altura, quando adultas (ARAÚJO & MINAMI, 1994). Apresentam caule e ramos de casca levemente rugosa, com coloração marrom na fase jovem e coloração acinzentada quando adulta. As folhas são simples, inteiras, opostas, de formato oval ou elíptico, pecíolo curto e uma ligeira pilosidade, que causa irritação na pele (ARAÚJO & MINAMI, 1994). A planta é exigente em luz e calor, os aspectos fenológicos e produtivos da acerola podem variar de estação para estação, de um ano para outro e também de acordo com a região onde é cultivada (CARPENTIERI-PÍPOLO et al., 2008).

As flores são dispostas em pequenos cachos pedunculados, surgem na axila das folhas de ramos novos ou em esporões laterais após surtos de crescimento vegetativo. São hermafroditas, com cinco sépalas e cinco pétalas franjadas, cuja coloração varia, entre genótipos, de branca a diferentes tonalidades de rosa. Ainda, apresenta dez estames, três estiletos, três carpelos unidos, formando um ovário globular, súpero, trilocado, cada lóculo contendo um óvulo (RITZINGER & RITZINGER, 2011).

O cálice possui duas glândulas grandes em cada sépala, localizadas na parte basal externa (JOLY, 1983). Os grãos de pólen da aceroleira são amarelos, pegajosos, não dissemináveis pelo vento, sendo a viabilidade do pólen variável entre 10% e 90%, a depender do genótipo, sendo a polinização dependente de insetos polinizadores nativos, como abelhas do gênero *Centris*spp. (RITZINGER & RITZINGER, 2011).

Os frutos da aceroleira são drupas tricarpeladas, carnosas, variando na forma, tamanho e peso varia de 3 a 16g, contendo elevado conteúdo de ácido ascórbico (vitamina C) (JUNQUEIRA et al., 2004). O epicarpo é uma película fina de coloração

vermelho-amarelada, vermelho-alaranjada ou vermelha a vermelho-púrpura; o mesocarpo é a polpa e o endocarpo é constituído por três sementes unidos, com textura pergaminácea, que dão ao fruto o aspecto trilobado. Cada caroço pode conter no seu interior uma semente, com 3 a 5 mm de comprimento, de forma ovoide e com dois cotilédones. A acerola apresenta baixa produção de sementes viáveis, tendo, em geral, uma taxa de 20% a 50% de sementes viáveis (ALMEIDA et al., 2002; RITZINGER & RITZINGER, 2011).

A aceroleira é bem adaptada a regiões de clima tropical e subtropical, tendo a temperatura de 26° como sua temperatura ideal. Embora também seja adaptada a condições de clima semiárido, a produção satisfatória dessa espécie ocorre em regiões com precipitação entre 1200 e 1600 mm anuais, bem distribuídos. A espécie também é muito exigente quanto ao tipo e fertilidade do solo, podendo ser cultivada em solos arenosos ou argilosos, desde que bem drenados e adubados. Entretanto, os solos de fertilidade mediana e os argilo-arenosos são os mais propícios ao cultivo dessa fruteira (CALGARO & BRAGA, 2012).

O Brasil é considerado o maior produtor, consumidor e exportador mundial de acerola. A cultura da acerola se adaptou bem ao clima tropical do Brasil, e atualmente é uma frutífera em plena expansão no país. A área cultivada no Brasil é estimada em cerca de 10.000 ha, com destaque para os Estados do Pernambuco, Bahia, Ceará, Paraíba, Rio Grande do Norte e Piauí, que somam 64% da produção nacional (CALGARO & BRAGA, 2012; ESASHIKA et al., 2013). Nesses estados, também estão alocadas as principais agroindústrias que processam os frutos, oriundos de plantios comerciais (FREIRE et al., 2007; CALGARO & BRAGA, 2012).

A produção da aceroleira tem início um ano após o plantio, quando se usam mudas obtidas por estaquia, e 2,5 anos, quando as mudas são produzidas por sementes. De maneira geral ocorrem quatro a sete períodos de frutificação durante o ano, podendo chegar até a sete safras em regiões com altas temperaturas e luminosidade, como no Nordeste brasileiro, principalmente em cultivos irrigados (MEZADRI et al., 2006). Estima-se, atualmente, uma produção média da aceroleira de 150 mil toneladas de frutas por ano na região Nordeste, sendo 46% desse total comercializados no mercado interno destinados à indústria de processamento e 54% ao mercado de consumo da fruta fresca (CALGARO & BRAGA, 2012).

Estudos realizados pela Embrapa Mandioca e Fruticultura ressaltam que a exploração da aceroleira apresenta resultados economicamente favoráveis, com

retorno sobre o investido de 63%. Dessa forma, é necessária, para se ter um ponto de compensação, uma comercialização de apenas 8.323 kg ha^{-1} do fruto verde ou 15.360 kg ha^{-1} do fruto maduro para a receita se igualar aos custos, havendo lucratividade quando a quantidade produzida ou o preço de venda do produto cair em até 38% (CALGARO & BRAGA, 2012).

3.2 Água para irrigação em regiões semiáridas

A disponibilidade de água nas regiões semiáridas é limitada, principalmente nos períodos de maior demanda atmosférica, que coincidem com os períodos de baixa precipitação pluviométrica (AYERS & WESTCOT, 1999; MEDEIROS et al., 2003; CIRILO et al., 2010). Esses fatores, associados à variabilidade temporal das precipitações e das características geológicas dominantes, influenciam para que nessa região ocorra pequeno volume de escoamento de água dos rios, o que resulta em uma densa rede de rios intermitentes e poucos rios perenes (CIRILO et al., 2010).

A irrigação, em muitas situações, é o recurso determinante à produção agrícola com segurança, principalmente em regiões tropicais de clima quente e seco, como é o caso do semiárido do Nordeste brasileiro (HOLANDA et al., 2016). Assim, parte dessa região utiliza águas subterrâneas para a irrigação devido à sua maior abundância, todavia, nestes recursos é comum encontrar água de poços com concentrações elevadas de sais, devido à constituição geológica da região, onde cerca de 80% de rochas são cristalinas (CIRILO et al., 2010).

A salinidade das águas no Nordeste brasileiro é um problema tão preocupante quanto a baixa precipitação, sendo necessário o entendimento de suas causas e desenvolvimento de tecnologias para o manejo de culturas e/ou recuperação de solos halomórficos (MEDEIROS et al., 2003; SOARES et al., 2006). Além do aumento dos teores de sais na água de irrigação, a composição iônica das águas é de grande importância na sua qualidade para fins agronômicos, principalmente para uso na irrigação. Kovda (1973) afirma que os principais sais presentes nos solos e águas são o cloreto de sódio (NaCl), o cloreto de cálcio (CaCl₂), o sulfato de magnésio (MgSO₄), o sulfato de sódio (Na₂SO₄), o cloreto de magnésio (MgCl₂) e o carbonato de sódio (Na₂CO₃). Medeiros (1992), avaliando a qualidade da água de mananciais da região semiárida do nordeste brasileiro, observou que a proporção 7:2:1 (referente aos cátions sódio, cálcio e magnésio), de maneira geral, é a que melhor explica a concentração de cátions presentes nas águas dessa região.

Nota-se, ainda, que o uso de água nos sistemas produtivos, especificamente na irrigação, deve atender a critérios relacionados à quantidade e à qualidade dos recursos hídricos, como mencionado por Ayers & Westcot (1999). No entanto, assim como abordado por estes autores, o aspecto qualidade tem sido pouco considerado devido à quantidade e facilidade na aquisição destes recursos até então ocorrentes. O cenário se modificou em razão da variabilidade climática e do aumento dos impactos ambientais ocasionados pela irrigação, aumentando a importância do uso de águas com melhor qualidade e manejo da irrigação preconizando o uso racional da água. Diante dessa problemática, a avaliação da qualidade da água para fins de irrigação é baseada em três fatores: salinidade, avaliada por meio da condutividade elétrica da água; sodicidade, caracterizada pela relação de adsorção de sódio - RAS e pelo grau de toxicidade, determinado por meio da avaliação da concentração de íons que causem toxidez nas plantas, com destaque para o sódio, o cloro e o boro (HOLANDA et al., 2016).

A escassez hídrica observada na região nordeste do Brasil nos anos de estiagem (2012-2016), associada à grande demanda por águas de boa qualidade nessa região, vem forçando a utilização de reservas hídricas com níveis elevados de salinidade, preservando-se o uso prioritário da “água doce” para consumo humano. Entretanto, as águas dos mananciais existentes, em pequenas propriedades e na maioria dos poços no interior da região, são de qualidade inferior, contendo elevados teores de sais, de modo que a utilização dessas águas fica condicionada à tolerância das culturas à salinidade e ao manejo adequado de irrigação (LEPRUN, 1983; MEDEIROS, 1992; MARTINS, 1993; OLIVEIRA & MAIA, 1998; CAVALCANTE et al., 2005).

3.3 Efeitos de sais no solo

A principal causa do aumento da salinidade dos solos agrícolas tem sido as irrigações mal manejadas e a falta de sistemas de drenagem, principalmente em regiões semiáridas, onde a evaporação é superior à precipitação ocasionando o acúmulo desses sais solúveis e/ou sódio trocável na superfície dos solos. Esse acúmulo excessivo de sais promove alterações na estrutura, diminuição da infiltrabilidade de água, condutividade hidráulica e aeração do solo, além do sódio trocável, altos teores de carbonato e bicarbonato, aumentando sua alcalinidade (MEDEIROS et al., 2003; BARROS et al., 2004; SILVA et al., 2011).

O principal efeito dos sais sobre o solo é o efeito osmótico, já que o alto nível salino no solo dificulta a absorção de água pelas plantas. A concentração excessiva de sais na solução do solo diminui a energia livre da água, reduzindo sua absorção pelas plantas e aumentando a condutividade elétrica (CE) (DIAS & BLANCO, 2010; SANTOS et al., 2016). Quanto mais salina for a água, menor será seu potencial osmótico e mais difícil a absorção pelas plantas, podendo chegar a uma condição de perda de água da célula para o meio, levando ao processo denominado plasmólise. Porém, sob condições salinas se verifica redução do potencial osmótico das células, sem redução de volume, o que é denominado ajustamento osmótico, ficando a plasmólise restrita a condições de severa salinidade ou quando a raiz é submetida a um choque osmótico (SANTOS et al., 2016).

O efeito dos sais sobre a estrutura do solo ocorre, basicamente, pela interação eletroquímica entre os cátions e a argila e devido ao processo de contração e expansão da argila (DIAS & BLANCO, 2010; SANTOS et al., 2016). A dispersão das argilas acarreta problemas de permeabilidade porque os poros do solo ficam obstruídos, de modo a qualquer excesso de água causar encharcamento na superfície do solo e falta de aeração, impedindo a germinação de sementes e crescimento radicular das plantas. A influência sofrida pela porosidade do solo é refletida nos seus parâmetros físico-hídricos, de modo que há diminuição da condutividade hidráulica e da infiltração de água no solo (DIAS & BLANCO, 2010).

A ação da salinidade do solo pode ir além de uma simples diminuição no potencial hídrico; pode também atingir a fertilidade do solo, modificando e tornando indisponíveis certos nutrientes, ocasionando distúrbios nutricionais e toxicidade nas plantas (MEDEIROS et al., 2016). De acordo com Garcia et al. (2008), o aumento da salinidade da água de irrigação em Neossolo e em Latossolo, por exemplo, aumenta a disponibilidade de cálcio e sódio, bem como os valores da soma de bases, CTC total e efetiva, saturação por bases, porcentagens de cálcio e sódio trocáveis, salinidade do solo, razão de adsorção de sódio e as relações cálcio/magnésio e da porcentagem de sódio trocável com a razão de adsorção de sódio.

3.4 Efeito de sais nas plantas

Águas salinas utilizadas na irrigação podem representar risco para a produção vegetal. Em certos casos, essas águas promovem alterações no crescimento e o desenvolvimento da maioria das culturas (ALENCAR et al., 2003). A presença de sais

solúveis e/ou sódio trocável na zona radicular, causando redução na produção a níveis antieconômicos, constituindo um sério problema nas áreas irrigadas, principalmente das zonas semiáridas (OLIVEIRA, 1997; LIMA, 1997). Nessas áreas, os efeitos adversos da salinidade sobre as plantas constituem um dos fatores limitantes, devido principalmente à diminuição do potencial osmótico da solução do solo e à toxidez causada pela alta concentração de íons específicos, tais como o sódio e o cloreto (MUNNS, 2002).

Além dos efeitos de ordem osmótica e iônica, o desequilíbrio nutricional ocasionado pelas alterações ocasionadas nos processos de absorção, transporte, assimilação e distribuição de nutrientes na planta, por exemplo, o excesso de Na^+ e Cl^- inibe a absorção de nutrientes, como o K^+ e Ca^{2+} , Mg^{2+} , N (NO_3^-), P (HPO_4^{2-} , H_2PO_4^-) (FARIAS et al., 2009; SILVA et al., 2009; RIBEIRO et al., 2016; SÁ, 2016).

O conhecimento do teor médio de sais na zona radicular, tolerável pelas plantas, sem afetar significativamente seus rendimentos, pode favorecer a utilização de águas com certo grau de salinidade. De acordo com Steppuhn (2001), devem ser realizados estudos visando à obtenção de índices de tolerância das culturas à salinidade, propiciando o estabelecimento do grau de restrição das águas para irrigação.

3.4.1. Efeito osmótico

O estresse osmótico é resultado de elevadas concentrações de sais dissolvidos na solução do substrato, os quais, por sua vez, reduzem potencial osmótico da solução, dificultando absorção de água, reduzindo sua disponibilidade para a planta. Desse modo, para que haja absorção de água satisfatoriamente, a planta tem que adotar estratégias chamadas de ajuste osmótico, que ocorre para que a célula vegetal assegure a manutenção do turgor e a entrada de água para o crescimento celular (MUNNS & TESTER, 2008).

Para a manutenção do turgor celular, o aumento da concentração de osmólitos no citosol é requerido, seja por meio da absorção de solutos ou pela síntese de compostos orgânicos compatíveis com o metabolismo celular. No caso da absorção de solutos, Na^+ e Cl^- são mais acessíveis e potencialmente tóxicos quando em altas concentrações no citosol, podendo ocasionar desequilíbrio iônico. Assim, naturalmente é preferível o acúmulo de osmólitos, compostos de baixo peso molecular, que se adequam ao balanço iônico nos vacúolos, que pouco intervêm nas

reações bioquímicas habituais das plantas, porém é energeticamente caro (HASEGAWA et al., 2000; ESTEVES & SUZUKI, 2008).

Os osmolitos são compostos (nitrogenados, açúcares e poliois etc.) que protegem as estruturas celulares através da sua interação com membranas, complexos proteicos ou enzimas, facilitando a retenção de água no citoplasma, além de permitir o sequestro de Na^+ para o vacúolo ou apoplasto. Além de atuarem no ajuste osmótico, esse compostos permitem a proteção de macromoléculas celulares, estocagem de nutrientes, manutenção do pH celular, desintoxicação de células e minimização dos efeitos das espécies reativas de oxigênio (ASHRAF & HARRIS 2004; ESTEVES & SUZUKI, 2008).

3.4.2. Efeito específico ou iônico dos sais

As plantas absorvem íons da solução do solo por meio de proteínas especializadas localizadas em membranas das células do sistema radicular, chamadas de canais iônicos e de transportadores. No entanto, para alguns íons específicos, como o Na^+ , não existem transportadores específicos, de forma que esse cátion em particular é absorvido por competição através de carregadores de K^+ e Ca^{2+} (WILANDINO & CAMARA, 2010). Devido à similaridade entre o raio iônico hidratado do sódio e do potássio, esse íon também pode ser absorvido por meio de canais de cátion de baixa afinidade, os chamados canais não seletivos. As elevadas concentrações de íons específicos, sobretudo Na^+ e Cl^- , podem provocar desequilíbrio nutricional nas plantas, sendo frequente a deficiência de íons como potássio, cálcio, magnésio, fósforo e nitrato (MUNNS & TESTER, 2008).

O acúmulo de Na^+ nas células ocasiona distúrbios metabólicos, resultantes da competição com o K^+ pelos sítios ativos das enzimas e ribossomos (TESTER & DAVENPORT, 2003). Assim, por ser ativador de mais de 50 enzimas do metabolismo vegetal e não poder ser substituído pelo Na^+ , nesta função, a redução da concentração de K^+ pelas altas concentrações de Na^+ ou uma alta relação Na^+/K^+ acarretará na interrupção de vários processos metabólicos essenciais. Além disso, não há evidências da adaptação de enzimas a elevadas concentrações de sais no meio (WILANDINO & CAMARA, 2010).

As elevadas concentrações de Na^+ no citosol promove alterações na absorção e no metabolismo do Ca^{2+} , podendo este ser substituído pelo Na^+ nas membranas celulares, como também na parede celular, afetando a permeabilidade e ocasionando

reduções na elasticidade celular (ORCUTT & NILSEN, 2000). Alterações na absorção e no metabolismo do Ca^{2+} também afetam a transdução de sinais do local de percepção do estresse salino, limitando a síntese de proteínas codificadas pelos genes de estresse, responsáveis por regular o controle da homeostase da célula, do tecido ou da planta (TURKAN & DEMIRAL, 2009).

Diante dos complexos distúrbios ocasionados pelo acúmulo de Na^+ no citosol, três mecanismos estão disponíveis em plantas para prevenir o acúmulo excessivo desse íon: 1º a entrada de Na^+ é restringida pela seletividade na absorção de íons; 2º compartimentalização de íons de Na^+ no vacúolo celular, principalmente de folhas velhas e no 3º o Na^+ presente no citosol é exportado para o espaço apoplástico ou para o solo/substrato (WILANDINO & CAMARA, 2010). A extrusão de Na^+ do citosol para o vacúolo ou para o apoplasto ocorre por meio do transportador antiporte Na^+/H^+ , que é um transporte ativo secundário que utiliza o gradiente eletroquímico estabelecido por H^+ -ATPase ou H^+ -PPiase de membrana (transporte ativo primário), e requer gasto de energia metabólica (SILVEIRA et al., 2016).

3.5. A aceroleira e a salinidade

Em estudos avaliando os efeitos do estresse salino na fase de formação de porta-enxerto, Gurgel et al. (2003a;b) observaram que o estresse salino afetou negativamente a percentagem e o índice de velocidade de emergência das plântulas, constatando que a tolerância da aceroleira à salinidade aumenta com a idade das plantas durante a fase de formação das mudas. Além disso, a capacidade da planta em produzir fotoassimilados é menos afetada do que as taxas de crescimento. Os autores ainda ressaltam que o clone BV1 de aceroleira tolera até $1,16 \text{ dS m}^{-1}$ de condutividade elétrica da água de irrigação (CEa), sem haver prejuízos sobre a enxertia, podendo ser classificada como 'moderadamente sensível' nesta fase.

Durante a fase de enxertia, Gurgel et al. (2007), verificaram que a salinidade é mais prejudicial ao sistema radicular do que à parte aérea da aceroleira antes e após a enxertia, acrescentando-se que a adequabilidade da propagação por garfagem e o crescimento da muda enxertada não foram afetadas pela salinidade da água de até $5,5 \text{ dS m}^{-1}$. No entanto, os autores trabalharam com uma lâmina de lixiviação de sais de 40%, promovendo lavagem excessiva do solo. A lâmina de lixiviação usada pelos autores vai muito além do usual em cultivos em condições de campo, haja vista a

pequena disponibilidade hídrica da região semiárida do nordeste brasileiro (CIRILO et al., 2010).

3.5.1. Interação adubação fosfatada e salinidade

Em solos tropicais, a prática da adubação fosfatada é crucial para se obter rendimentos satisfatórios das culturas. Em regiões onde a agricultura é tradicionalmente praticada, a disponibilidade de elementos minerais às plantas é, sem dúvida, um dos fatores limitantes ao crescimento e produção das culturas (PARRY et al., 2008).

O fósforo (P) é um elemento pouco móvel no solo e seu suprimento para as raízes é efetuado principalmente pelo processo de difusão em curta distância, dependente da umidade do solo e da superfície radicular, além do que seu teor no solo é baixo, promovendo limitação nutricional generalizada na produção agrícola nos trópicos (MALAVOLTA et al., 1997; EPSTEIN & BLOOM, 2006). Também se verifica baixa eficiência da adubação fosfatada, haja vista que a maior parte do fósforo adicionado ao solo via adubação é imobilizado ou não está disponível, em virtude de reações de adsorção em colóides minerais, precipitação ou conversão em formas orgânicas (HOLFORD, 1997).

Silva et al. (2010) ressaltam que, além da aplicação de adubos fosfatados, a forma como esses insumos são aplicados deve ser também considerada no manejo das culturas. Segundo Novais et al. (1985), em função das elevadas taxas de adsorção de fósforo (P), a aplicação localizada deste nutriente pode ser mais vantajosa, principalmente em solos com baixos teores de P disponível.

Apesar de a aceroleira ser uma planta rústica, facilmente adaptável aos mais variados tipos de solo, ela requer um manejo adequado da adubação e nutrição das plantas, principalmente em pomares orientados para exportação (GONZAGA NETO & SOARES, 1994). Sena e Veloso (2003), avaliando diferentes doses de NPK em plantas de aceroleira cultivar Inada e V-54, não verificaram influência das doses de fósforo variando entre 20 e 80 g planta⁻¹ de P₂O₅ sobre as características de crescimento das plantas. Entretanto, as plantas utilizadas no experimento já apresentavam 21 meses após o transplante, indicando que a arquitetura da planta já estava formada, e as maiores exigências por fósforo ocorrem nas fases iniciais de crescimento da planta.

São inéditos os trabalhos relacionando a interação entre adubação fosfatada e a salinidade em plantas de aceroleira. Segundo Grattan; Grieve(1999), a interação entre salinidade e adubação fosfatada em plantas é bastante complexa e depende da espécie vegetal ou cultivar, estágio de desenvolvimento, composição e concentração, além da concentração de P no solo/substrato. Navarro et al. (2001), avaliando o efeito da salinidade (80 mmol L⁻¹ de NaCl) na absorção de fosfato (Pi) e translocação em dois níveis de Pi (25 µmol L⁻¹ e 1 mmol L⁻¹) em mudas de melão (cv.Galia), constataram que: a salinidade diminuiu a absorção de Pi em condições de baixa disponibilidade de Pi (25 µmol/L), embora não tenha sido observada inibição competitiva específica da absorção de Pi por Cl⁻; as cultivadas com altas concentrações de Pi (1 mmolL⁻¹) absorveram mais Pi sob condições de estresse salino (80 mmolL⁻¹ de NaCl). Os autores sugerem que altos níveis de NaCl diminuem a mobilidade de Pi armazenada em vacúolos, inibindo a exportação desse compartimento de armazenamento para outras partes da planta.

Aslan et al. (1996) – avaliando o efeito do fosfato inorgânico (Pi) sobre o crescimento e as relações iônicas de quatro cultivares de arroz (de tolerânciavariáveis ao estresse salino), crescidas em solução nutritiva com NaCl à 50 moles m⁻³ – constataram que: o crescimento de todas as cultivares de arroz foi afetado em diferentes graus devido às diferentes concentrações de Pi, na presença de sal; a concentração de até 100 µM de Pi na presença de NaCl causou estímulos positivos em todos os parâmetros de crescimento (capacidade de disparo, raiz, perfilhamento), e que doses acima dessa concentração Pi tiveram efeito inibitório no crescimento.

Souza et al. (2012), avaliando os componentes de produção de pinhão manso irrigados com água de diferentes condutividades elétricas e doses de fósforo, observaram que somente o número período entre a semeadura e a emissão da inflorescência foi afetado pelas doses de fósforo. Porém, em outras culturas, como o rabanete (OLIVEIRA et al., 2010) e feijão-caupi (SÁ, 2016), foram verificadas influências positivas da adubação fosfatada na mitigação do estresse salino, na fase vegetativa e de prefloração. Sá et al. (2017), avaliando a fisiologia e o acúmulo de fitomassa em plantas de sorgo sacarino cultivada em solos salino (CEes > 5,0 dS m⁻¹) após correção com diferentes condicionadores e doses de superfosfato simples, observaram que o aumento da dose de fósforo aumentou a fotossíntese e o acúmulo de fitomassa das plantas.

3.5.2. Interação adubação nitrogenada e salinidade

O nitrogênio é um dos nutrientes que mais limitam a produtividade das culturas. Dentre as causas responsáveis para baixa produtividade dos cultivos, pode-se destacar a não utilização de tecnologias avançadas e o manejo inadequado da adubação, principalmente no que se refere ao emprego do nitrogênio, tendo em vista que na ausência de N não há formação de proteínas, ocasionando redução do crescimento das plantas deficientes, em relação às supridas com esse nutriente (MALAVOLTA et al., 1997).

O manejo adequado da adubação nitrogenada representa uma das principais dificuldades para as culturas de modo geral, visto que a aplicação de doses excessivas de N, além de aumentar o custo econômico, pode promover contaminação das águas subterrâneas devido à lixiviação de nitrato, e sua utilização em quantidade insuficiente pode limitar seu potencial produtivo, mesmo que outros fatores de produção sejam otimizados (SANTOS et al., 2003).

Sena e Veloso (2003), avaliando doses de NPK em plantas de aceroleira cultivar V-54, verificaram que aplicação de 90 gplanta⁻¹ de N no terceiro ano de cultivo proporcionou o maior crescimento em diâmetro do caule e largura da copa. Ferreira (2014), avaliando adubação nitrogenada e potássica em mudas de aceroleira, observou que a dose de 600 mg dm⁻³ de N promoveu os maiores incrementos no crescimento das plantas de acordo com o Índice de Qualidade de Dickson e o comprimento da parte aérea.

Ferreira (2014) também verificou que o acúmulo dos nutrientes nas mudas segue a ordem decrescente: N>Ca>Mg>P>S>K>Mn>B>Zn>Fe, sendo o nitrogênio o nutriente mais exigido pela planta. Isso está relacionado à função estrutural do nitrogênio, participando como componente de aminoácidos, proteínas, enzimas, RNA, DNA, ATP, clorofila, dentre outras moléculas, estando diretamente relacionado às funções ligadas ao crescimento da planta (CHAVES et al., 2011).

Assim como na adubação fosfatada, o estudo da interação entre adubação nitrogenada e salinidade na cultura da aceroleira ainda é inédito na literatura. Assim, são necessários estudos que viabilizem o manejo da adubação nitrogenada na cultura da acerola, principalmente quando irrigada com água salina, devido à sua ação mitigadora dos efeitos do estresse salino, como o ajuste osmótico, proteção de macromoléculas celulares, estocagem de nutrientes, manutenção do pH celular, desintoxicação de células e minimização dos efeitos das espécies reativas de

oxigênio, proporcionado pelo nitrogênio (ASHRAF & HARRIS, 2004). Flores et al. (2002) relatam competição na absorção entre nitrato e cloreto, de modo que um aumento na concentração de nitrato na zona radicular pode inibir uma maior absorção de cloreto pela planta.

Com intuito de avaliar a dinâmica entre adubação nitrogenada e salinidade, alguns estudos vêm sendo realizados na atualidade. No entanto, o estudo da interação salinidade e nitrogênio ainda é inédito em plantas de acerola. Souza et al. (2015), avaliando o desenvolvimento de porta-enxerto de goiabeira sob irrigação com água salinizadas e doses de nitrogênio, observaram que não houve interação significativa entre os fatores salinidade da água de irrigação e adubação nitrogenada sob o crescimento de porta-enxerto de goiabeira de genótipo “Crioula”. Além disso, o aumento da CEa a partir de $0,3 \text{ dS m}^{-1}$ afeta negativamente e de forma linear o crescimento das mudas.

Bezerra et al. (2014), avaliando água salina e nitrogênio na emergência e biomassa de mudas de maracujazeiro amarelo, verificaram que a interação entre a condutividade elétrica da água de irrigação e a adubação nitrogenada exercem efeito significativo na biomassa de mudas de maracujazeiro amarelo, sendo que o nitrogênio atenua os efeitos negativos da salinidade da água moderadamente salina até a condutividade de $2,0 \text{ dS m}^{-1}$.

Lima et al. (2015), estudando o crescimento, teor de sódio, cloro e relação iônica na mamoneira sob estresse salino e adubação nitrogenada, concluíram que a irrigação com água de CEa de até $3,7 \text{ dS m}^{-1}$ promoveu aumento na relação Na^+/K^+ nos tecidos das raízes e o incremento na dose de nitrogênio resulta em aumento no número de folhas e área foliar. Diante do resultado observado, é possível verificar que os efeitos positivos ou negativos da interação nitrogênio vs. salinidade dependem da espécie e da fase de desenvolvimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADRIANO, E.; LEONEL, S.; EVANGELISTA, R. M. Qualidade de fruto da aceroleira cv. Olivier em dois estádios de maturação. **Revista Brasileira Fruticultura**, v. 33, n. Especial, p. 541-545, 2011.
- ALENCAR, R. D.; PORTO FILHO, F. Q.; MEDEIROS, J. F.; HOLANDA, J. S.; PORTO, V. C. N.; FERREIRA NETO, M. Crescimento de cultivares de melão amarelo irrigadas com água salina. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 7, n. 2, p. 221-226, 2003.
- ALMEIDA, J. I. L.; LOPES, J. G. V.; OLIVEIRA, F. M. M. **Produtor de acerola**. Fortaleza: Edições Demócrito Rocha, Instituto Centro de Ensino Tecnológico, 2002.
- ARAÚJO, P. S. R.; MINAMI, K. **Acerola**. Campinas: Fundação Cargill, 1994.
- ASHRAF, M.; HARRIS, P. J. C. Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. **Plant Science**, v. 166, n. 1, p. 3-16, 2004.
- ASLAM, M.; FLOWERS, T. J.; QURESHI, R. H.; YEO, A. R. Interaction of phosphate and salinity on the growth and yield of rice (*Oryza sativa* L.). **Journal of Agronomy and Crop Science**, v. 176, n. 4, p. 249-258, 1996.
- AYRES, R. S.; WESCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. 2.ed. Tradução de GHEYI, H. R.; MEDEIROS, J. F.; DAMASCENO, E. F. A. V. Campina Grande: UFPB, 1999.
- BARROS, M. F. C.; FONTES, M. P. F.; RUIZ, H. A.; ALVAREZ, V. V. H. Recuperação de solos afetados por sais pela aplicação de gesso de jazida e calcário no Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 8, n. 1, p. 59-64, 2004.
- BEZERRA, M. A. F.; PEREIRA, W. E.; BEZERRA, F. T. C.; CAVALCANTE, L. F.; MEDEIROS, S. A. S. Água salina e nitrogênio na emergência e biomassa de mudas de maracujazeiro amarelo. **Revista Agropecuária Técnica**, v. 35, n. 1, p. 150-160, 2014.
- CALGARO, M.; BRAGA, M. B. **A cultura da acerola**. 3. ed. rev. ampl. – Brasília, DF: Embrapa, 2012.
- CARNEIRO, P. T.; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R.; SOARES, F. A. L. Germination and initial growth of *precocious dwarf* cashew genotypes under saline conditions.

- Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 6, n. 2, p. 199-206, 2002.
- CARPENTIERI-PÍPOLO, V.; PRETE, C. E. C.; GONZALEZ, M. G. N.; POPPER, I. O. Novas cultivares de acerola (*Malpighia emarginata* DC): UEL 3 - Dominga, UEL 4 - Lúgia e UEL 5 - Natália. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, n. 1, p. 124-126, 2002.
- CAVALCANTE, L. F.; CAVALCANTE, I. H. L.; PEREIRA, K. S. N.; OLIVEIRA, F. A.; GONDIM, S. C.; ARAÚJO, F. A. R. Germination and initial growth of guava plants irrigated with saline water. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, n. 4, p. 515-519, 2005.
- CHAVES, L. H. G.; GHEYI, H. R.; RIBEIRO, S. Consumo de água e eficiência do uso para cultivar de mamona Paraguaçu submetida à fertilização nitrogenada. **Engenharia Ambiental**, v. 8, n. 1, p. 126-133, 2011.
- CIRILO, J. A.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; CAMPOS, J. N. B. A questão da água no semiárido brasileiro. In: BICUDO, C. E. M.; TUNDISI, J. G.; SCHEUENSTUHL, M. C. B. (org.). **Águas do Brasil análises estratégicas**. 1.ed. São Paulo: Instituto de Botânica, 2010. v. 1, p. 81-91.
- DIAS, N. D.; BLANCO, F. F. Efeitos dos sais no solo e na planta. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. (org.). **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade. Fortaleza: INCT Sal, 2010. p. 129-140.
- EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição mineral de plantas: Princípios e perspectivas**. 2.ed. Londrina: Planta, 2006.
- ESASHIKA, T.; OLIVEIRA, L. A.; MOREIRA, F. W. Resposta da aceroleira a adubação orgânica, química e foliar num Latossolo da Amazônia Central. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 36, n. 4, p. 399-410, 2013.
- ESTEVES, B. S.; SUZUKI, M. S. Efeito da salinidade sobre as plantas. **Oecologia Brasiliensis**, v. 12, n. 4, p. 662-679, 2008.
- FARIAS, S. G. G.; SANTOS, D. R.; FREIRE, A. L. O.; SILVA, R. B. Estresse salino no crescimento inicial e nutrição mineral de gliricídia (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunthe

- x Steud) em solução nutritiva. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 33, n. 5, p. 1499-1505, 2009.
- FERREIRA, K. S. **Crescimento e acúmulo de nutrientes em mudas de aceroleira adubadas com nitrogênio e potássio**. 2014. 49f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias). Universidade Federal de São João Del-Rei, Sete Lagoas-MG.
- FLOWERS, T. J. Improving crop salt tolerance. **Journal of Experimental Botany**, v. 55, n. 396, p. 307-319, 2004.
- FLOWERS, T. J.; FLOWERS, S. A. Why does salinity pose such a difficult problem for plant breeders? **Agricultural Water Management**, v. 78, n. 1, p. 15-24, 2005.
- FREIRE, L. O. F.; LIMA, A. N.; SANTOS, F. G. B.; MARINUS, J. V. M. L.; FREITAS, H. E. S. C. Teores de nutrientes na área foliar de plantas em fase de produção e exportação de nutrientes de frutos de acerola em pomares do Estado da Paraíba. **Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia**, v. 4, n. 2, p. 79–91, 2007.
- FURTADO, G. F.; SOUSA JUNIOR, J. R.; XAVIER, D. A.; ANDRADE, E. M. G.; SOUSA, J. R. M. Pigmentos fotossintéticos e produção de feijão *Vigna unguiculada* L. Walpsob salinidade e adubação nitrogenada. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 9, n. 2, p. 291-299, 2014.
- GARCIA, G. O.; MARTINS FILHO, S.; REIS, E. F.; MORAES, W. B.; NAZÁRIO, A.A. Alterações químicas de dois solos irrigados com água salina. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 39, n. 1, p. 7-18, 2008.
- GONZAGA NETO, L.; SOARES, J. M. **Acerola para exportação: Aspectos técnicos da produção**. Brasília: Embrapa-SPI/FRUPEX, 1994. 43p. (Série Publicações Técnicas, 10).
- GRATTAN, S. R.; GRIEVE, C. M. Salinity-mineral relations in horticultural crops. **Scientia Horticulturae**, v. 78, n. 1, p. 127-157, 1999.
- GUEDES FILHO, D. H.; SANTOS, J. B.; GHEYI, H.R.; CAVALCANTE, L. F.; SANTOS JUNIOR, J. A. Componentes de produção e rendimento do girassol sob irrigação com águas salinas e adubação nitrogenada. **Irriga**, v. 20, n. 3, p. 514-527, 2015.
- GUPTA, J. P.; GOI, A. T. R. Effect of gypsum on physico-chemical characteristics of sodic soil and crop yield of rice (*Oryza sativa*) and wheat (*Triticumaestivum*). **Indian Journal of Agronomy**, v. 37, n. 4, p. 812-814, 1992.

- GURGEL, M. T.; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R.; SANTOS, F. J. S.; BEZERRA, I. L.; NOBRE, R. G. Índices fisiológicos e de crescimento de um porta-enxerto de aceroleirasob estresse salino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 7, n. 3, p. 451-456, 2003b.
- 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. **Revista Caatinga**, v. 20, n. 2, p. 16-23, 2007.
- GURGEL, M. T.; FERNANDES, P. D.;GHEYI, H. R.; SANTOS, F. J. S.; BEZERRA, I. L.; NOBRE, R. G. Estresse salino na germinação e formação de porta-enxerto de aceroleira. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 7, n. 1 p. 31-36, 2003a.
- HASEGAWA, P. M.; BRESSAN, R.A.; ZHU, J.K.; BONNERT, H.J. Plant cellular andmolecular responses to high salinity. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v. 51, n. 1, p. 463-99, 2000.
- HOLANDA, J. S.; AMORIM, J. R. A.; FERREIRA NETO, M.; HOLANDA, A. C.; SÁ, F. V. S. Qualidade da água para irrigação. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F.; GOMES FILHO, E. (org.). **Manejo da salinidade na agricultura**: Estudos básicos e aplicados. 2. ed. Fortaleza: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade, 2016. p. 35-50.
- HOLFORD, I. C. R. Soil phosphorus: Its measurement, and its uptake by plants. **Journal of Soil Research**, v. 35, n. 2, p. 227-239, 1997.
- JOLY, A. B. **Botânica**: introdução à taxonomia vegetal. 6.ed. São Paulo: Nacional, 1983.
- JUNQUEIRA, K. P.; PIO, R.; VALE, M. R.; RAMOS, J. D. **Cultura da acerola**. Lavras: UFLA, 2004.
- KOVDA, V. A.; YARON, B.; SHALHEVET, Y. Quality of irrigation water. In: KOVDA, V. A.; BERG, C. V.; HAGAN, R. M. (org.). **International source book on irrigation, drainage and salinity**. 1973. p. 177-205.
- LEPRUN, J.C. **Primeira avaliação das águas superficiais do Nordeste**. Relatório do convênio de manejo e conservação do solo do Nordeste brasileiro. Recife: SUDENE, 1983. p. 91-141.

- LICHTENTHALER, H. K. Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembranes. In: PACKER, L.; DOUCE, R. (org.). **Methods in enzymology**. London: Academic Press, 1987. p. 350-382.
- LIMA, G. S.; NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A. A.; SILVA, E. M. Irrigation water salinity and nitrogen doses affect the cultivation of castor bean (*Ricinus communis* L.) at different phenological stages. **Australian Journal of Crop Science**, v. 9, n. 9, p. 870-878, 2015.
- LIMA, L. A. Efeitos de sais no solo e na planta. In: GHEYI, H. R.; QUEIROZ, J. E.; MEDEIROS, J. F. (org.). **Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada**. Campina Grande: UFPB, 1997. p.113-133.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: Princípios e aplicações**. 2ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997.
- MARTINS, L. H. **Avaliação da qualidade da água nos mananciais superficiais disponíveis para irrigação na zona Oeste Potiguar**. Mossoró: ESAM, 1993. 97f. Monografia de Especialização.
- MÄSER, P.; GIERTH, M.; SCHROEDER, J. I. Molecular mechanisms of potassium and sodium uptake in plants. **Plant and Soil**, v. 247, n. 1, p. 43-54, 2002.
- MEDEIROS, J. F. **Qualidade da água de irrigação e evolução da salinidade nas propriedades assistidas pelo "GAT" nos Estados do RN, PB e CE**. Campina Grande, 1992. 173p. Dissertação - (Mestrado em Irrigação e Drenagem), Universidade Federal da Paraíba.
- MEDEIROS, J. F.; LISBOA, R. A.; OLIVEIRA, M.; SILVA JÚNIOR, M. J.; ALVES, L. P. Caracterização das águas subterrâneas usadas para irrigação na área produtora de melão da Chapada do Apodi. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 7, n. 3, p. 469-472, 2003.
- MEDEIROS, P. R. F.; SILVA, E. F. E.; DUARTE, S. N. Salinidade em ambiente protegido. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F.; GOMES FILHO, E. 2. ed. **Manejo da salinidade na agricultura irrigada: estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: INCTSal, 2016. p. 113-122.
- MEZADRI, T.; FERNÁNDEZ-PACHÓN, M. S.; VILLAÑO, D.; GARCÍA-PARRILLA, M. C.; TRONCOSO, A. M. El fruto de la acerola: composición, características

- productivas e importancia económica. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v. 56, n. 1, p. 101-109, 2006.
- MEZADRI, T.; VILLAÑO, D.; FERNÁNDEZ-PACHÓN, M.; GARCÍA-PARRILLA, M.; TRONCOSO, A. M. Antioxidant compounds and antioxidant activity in acerola (*Malpighia emarginata* DC.) fruits and derivatives. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 21, n. 4, p. 282-290, 2008.
- MUNNS, R. Comparative physiology of salt and water stress. **Plant, Cell and Environment**, v. 25, n. 2, p. 239-250, 2002.
- MUNNS, R.; TESTER, M. Mechanism of salinity tolerance. **Annual Review of Plant Biology**, v. 59, n. 1, p. 651-681, 2008.
- NAKASONE, H. Y.; PAULL, R. E. Other American tropical fruit: Acerola. In: NAKASONE, H. Y.; PAULL, R. E. (org.). **Tropical fruits**. Wallingford: CAB, 1998. p. 377-389.
- NAVARRO, J. M.; BOTELLA, M. A.; CERDA, A.; MARTINEZ, V. Phosphorus uptake and translocation in salt-stressed melon plants. **Journal Plant Physiology**, v. 158, n. 3, p. 375-381, 2001.
- NOVAIS, R. F.; FERREIRA, R. P.; NEVES, J. C. L.; BARROS, N. F. Absorção de fósforo e crescimento do milho com sistema radicular parcialmente exposto à fonte de fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 20, n. 7, p. 749-754, 1985.
- OLIVEIRA, F. R. A.; OLIVEIRA, F. A. O.; MEDEIROS, J. F.; SOUSA, V. F. L.; FREIRE, A. G. Interação entre salinidade e fósforo na cultura do rabanete. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 3, p. 519-526, 2010.
- OLIVEIRA, M. Gênese, classificação e extensão de solos afetados por sais. In: GHEYI, H. R.; QUEIROZ, J. E.; MEDEIROS, J. F. (org.). **Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada**. Campina Grande: UFPB, 1997. p. 1-35.
- OLIVEIRA, M.; MAIA, C. E. Qualidade físico-química da água para irrigação em diferentes aquíferos na área sedimentar do Estado do Rio Grande do Norte. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 2, n. 1, p. 42-46, 1998.
- ORCUTT, D. M.; NILSEN, E. T. **Physiology of plants under stress**. New York: John Wiley e Sons, 2000.

- PARRY, M. M.; KATO, M. S. A.; CARVALHO, J. G. Macronutrientes em caupi cultivado sob duas doses de fósforo em diferentes épocas de plantio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, n. 3, p. 236-242, 2008.
- PEREIRA JUNIOR, E. B.; OLIVEIRA, F. H. T.; OLIVEIRA, F. T.; SILVA, G. F.; HAFLE, O. M.; SILVA, A. R. C. Adubação nitrogenada e fosfatada na cultura do feijão caupi irrigado no município de Sousa – PB. **Global Science Technology**, v.8, n.1, p.110–121, 2015.
- RHOADES, J.D.; KANDIAH, A.; MASHALI, Q.M. **The use of saline waters for crop production**. Rome: FAO, 1992. 133p. (Irrigation and Drainage Paper, 48).
- RIBEIRO, P. H. P.; GHEYI, H. R.; UYEDA, C. A.; TEIXEIRA, M. B.; SOARES, F. A. L.; DIAS, N. S. Taxa de crescimento e produção de girassol irrigado com água salina sob doses de nitrogênio. **Irriga**, Ed. Esp., Grandes Culturas, p. 233-247, 2016.
- RITZINGER, R.; RITZINGER, C. H. S. P. Acerola. **Informe Agropecuário**, v. 32, n. 264, p. 17-25, 2011.
- ROSSO, V. V. DE; HILLEBRANDB, S.; MONTILLAB, E. C.; BOBBIO, F. O.; WINTERHALTERB, P.; MERCADANTE, A. Z. Determination of anthocyanins from acerola (*Malpighiaemarginata* DC.) and açaí (*Euterpeoleracea* Mart.) by HPLC–PDA– MS/MS. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 21, n. 4, p. 291-299, 2008.
- SÁ, F. V. S. **Morfofisiologia de plantas de feijão-caupisob estresse salino e adubação fosfatada**. 2016, 94f. Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e Água). Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró-RN.
- SÁ, F. V. S.; ARAÚJO, J. L.; NOVAIS, M. C.; SILVA, A. P.; PEREIRA, F. H. F.; LOPES, K. P. Crescimento inicial de arbóreas nativas em solo salino-sódico do nordeste brasileiro tratado com corretivos. **Revista Ceres**, v. 60, n. 3, p. 388-396, 2013.
- SÁ, F. V. S.; BRITO, M. E. B.; SILVA, L. A.; MOREIRA, R. C. L.; FERNANDES, P. D.; FIGUEIREDO, L. C.; MELO, A. S.; PAIVA, E. P. Physiology and phytomass of saccharine sorghum (*Sorghum bicolor*) in saline-sodic soil treated with correctives and single superphosphate. **Australian Journal of Crop Science**, v. 11, n. 10, p. 1290-1296, 2017.

- SÁ, F. V. S.; MESQUITA, E. F.; BERTINO, A. M. P.; COSTA, J. D.; ARAÚJO, J. L. Influência do gesso e biofertilizante nos atributos químicos de um solo salino-sódico e no crescimento inicial do girassol. **Irriga**, v. 20, n. 1, p. 46-59, 2015.
- SANCHEZ, P. A.; SALINAS, J. G. Low input technology of managing Oxisols and Ultisols in tropical América. **Advances in Agronomy**, v. 24, n. 1, p. 280-406, 1981.
- SENA, W. L.; VELOSO, C. A. C. Resposta a N, P, K em aceloreira cultivadas em um Latossolo Amarelo em Castanhal, Pará. In: Congresso Brasileiro de Fruticultura, 17. 2003, Belém. **Anais...** Belém: CBF, Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2003, 4p.
- SANTOS, R. V.; CAVALCANTE, L. F.; VITAL, A. D. M.; LACERDA, C. F.; SOUZA, E. R.; LIMA, G. S. Interação salinidade-fertilidade do solo. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F.; GOMES FILHO, E. 2. ed. **Manejo da salinidade na agricultura irrigada: estudos básicos e aplicados** (org.). Fortaleza: INCTSal, 2016. p. 277-293.
- SHIBLI, R. A.; SAWWANG, J.; SWAIDATA, I.; TAHATC, M. Increased phosphorus mitigates the adverse effects of salinity in tissue culture. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 32, n. 3/4, p. 429-440, 2001.
- SILVA, A. J.; UCHÔA, S. C. P.; ALVES, J. M. A.; LIMA, A. C. S.; SANTOS, C. S. V.; OLIVEIRA, J. M. F.; MELO, V. F. Resposta do feijão-caupi à doses e formas de aplicação de fósforo em Latossolo Amarelo do Estado de Roraima. **Acta Amazonica**, v. 40, n. 1, p. 31-36, 2010.
- SILVA, E. N.; Silveira, J. A. G.; Fernandes, C. R. R.; Dutra, A. T. D.; Aragão, R. M. Acúmulo de íons e crescimento de pinhão-manso sob diferentes níveis de salinidade. **Revista Ciência Agronômica**, v. 40, n. 2, p. 240-246, 2009.
- SILVA, J. L. A.; ALVES, S. S. V.; NASCIMENTO, I. B.; SILVA, M. V. T.; MEDEIROS, J. F. Evolução da salinidade em solos representativos do Agropólo Mossoró-Assu cultivado com meloeiro com água de diferentes salinidades. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 7, n. 1, p. 26-31, 2011.
- SILVA, L. A.; BRITO, M. E. B.; SÁ, F. V. S.; MOREIRA, R. C. L.; SOARES FILHO, W. S.; FERNANDES, P. D. Mecanismos fisiológicos de percepção do estresse salino de híbridos de porta-enxertos citros em cultivo hidropônico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n. Especial, p. S1-S7, 2014.

- SILVEIRA, J. A. G.; SILVA, S. L. F.; SILVA, E. N.; VIÉGAS, R. A. Mecanismos biomoleculares envolvidos com a resistência ao estresse salino em plantas. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F.; GOMES FILHO, E. **Manejo da salinidade na agricultura irrigada: estudos básicos e aplicados** (org.). Fortaleza: INCTSal, 2016. p.181-198.
- SOARES, T. M.; SILVA, I. J. O.; DUARTE, S. N.; SILVA, E. F. F. Destinação de águas residuárias provenientes do processo de dessalinização por osmose reversa. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 3, p. 730-737, 2006.
- SOUZA, L. P.; NOBRE, R. G.; SILVA, E. M.; SOUSA, F. F. SILVA, I. A. Desenvolvimento de porta-enxerto de goiabeira sob irrigação com água salinizadas e doses de nitrogênio. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 10, n. 2, p. 176-182, 2015.
- STEPPUHN, H. Pre-irrigation of a severely-saline soil with *in situ* water to establish dry land forages. **Transactions of the ASAE**, v. 44, n. 6, p. 1543-1551, 2001.
- TESTER, M.; DAVENPORT, R. Na⁺ tolerance and Na⁺ transport in higher plants. **Annals of Botany**, v. 91, n. 5, p. 503-527, 2003.
- TURKAN, I.; DEMIRAL, T. Recent developments in understanding salinity tolerance. **Environmental and Experimental Botany**, v. 67, n. 1, p. 2-9, 2009.
- WILLADINO, L.; CÂMARA, T. R. Tolerância das plantas à salinidade: aspectos fisiológicos e bioquímicos. **Enciclopédia Biosfera**, v. 6, n. 11, p. 1-23, out. 2010.

1. METODOLOGIA GERAL

1.1. Local do experimento

O experimento foi desenvolvido no período de junho de 2016 a julho de 2017 em ambiente protegido (casa de vegetação) do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais - CTRN da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, localizado no município de Campina Grande, Paraíba, PB, nas coordenadas geográficas 7°15'18" de latitude Sul, 35°52'28" de longitude Oeste e altitude média de 550 m.

1.2. Delineamento experimental e tratamentos

O experimento foi instalado no delineamento de blocos casualizados com os tratamentos arranjos em esquema fatorial 5 x 4, referentes aos níveis de condutividade elétrica da água de irrigação - CEa (0,6; 1,4; 2,2; 3,0 e 3,8 dS m⁻¹) e quatro proporções percentuais de fósforo e nitrogênio P/N (100:100; 140:100; 100:140 e 140:140% P/N), com três repetições de uma planta por parcela. A aplicação de 100% da adubação fosfatada (45,0 g de P₂O₅ planta ano⁻¹) e nitrogenada (23,85 g de N planta ano⁻¹) foi baseada em recomendações de Musser (1955).

1.3. Implantação e condução do experimento

1.3.1. Instalação do experimento

O material de solo utilizado no preenchimento dos lisímetros foi um Neossolo Regolítico de textura franco-argilosa (profundidade de 0-30 cm), procedente do município de Esperança-PB. Os atributos químicos e físicos do solo foram determinados conforme as metodologias contidas em EMBRAPA (2009) e estão na Tabela 1.

As plantas de aceroleira foram desenvolvidas em lisímetros, preenchidos com 235 kg de solo. Cada lisímetro apresentava dois drenos de 18 mm espaçados equidistantemente nas extremidades. Sobre cada dreno, foram colocados um tecido geotêxtil (tipo Bidin) e uma camada de 0,5 kg de brita (Figura 1A). A água de drenagem foi coletada com auxílio de duas garrafas tipo PET por lisímetro, com capacidade de 2 L cada, dispostas abaixo dos lisímetros, sendo o valor da drenagem computado e utilizado no balanço hídrico da cultura.

Tabela 1. Características químicas e físico-hídricas do solo utilizado no experimento.

Características químicas									
pH (H ₂ O) (1:2,5)	M.O dag kg ⁻¹	P (mg kg ⁻¹)	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H ⁺ + Al ³⁺	PST	CEes
			(cmol _c kg ⁻¹)				%		(dS m ⁻¹)
5,63	1,830	18,20	0,21	0,17	3,49	2,99	5,81	1,34	0,61
Características físicas									
Fração granulométrica (g kg ⁻¹)			Classe textural	Umidade (kPa)		AD	Porosidade total	Ds	Dp
Areia	Silte	Argila		33,42	1519,5		m ³ m ⁻³	-----	(kg dm ⁻³)----
				dag kg ⁻¹			
573	101	326	FA	12,68	4,98	7,70	0,5735	1,13	2,65

M.O – Matéria orgânica: Digestão Úmida Walkley-Black; Ca²⁺ e Mg²⁺ extraídos com KCl 1 mol L⁻¹ pH 7,0; Na⁺ e K⁺ extraídos utilizando-se NH₄OAc 1 mol L⁻¹ pH 7,0; Al³⁺ e (H⁺ + Al³⁺) extraídos utilizando-se CaOAc 1 mol L⁻¹ pH 7,0; CEes – condutividade elétrica do extrato de saturação do solo; FA – Franco Argiloso; AD – Água disponível; DA- Densidade do solo; DP- Densidade de partículas.

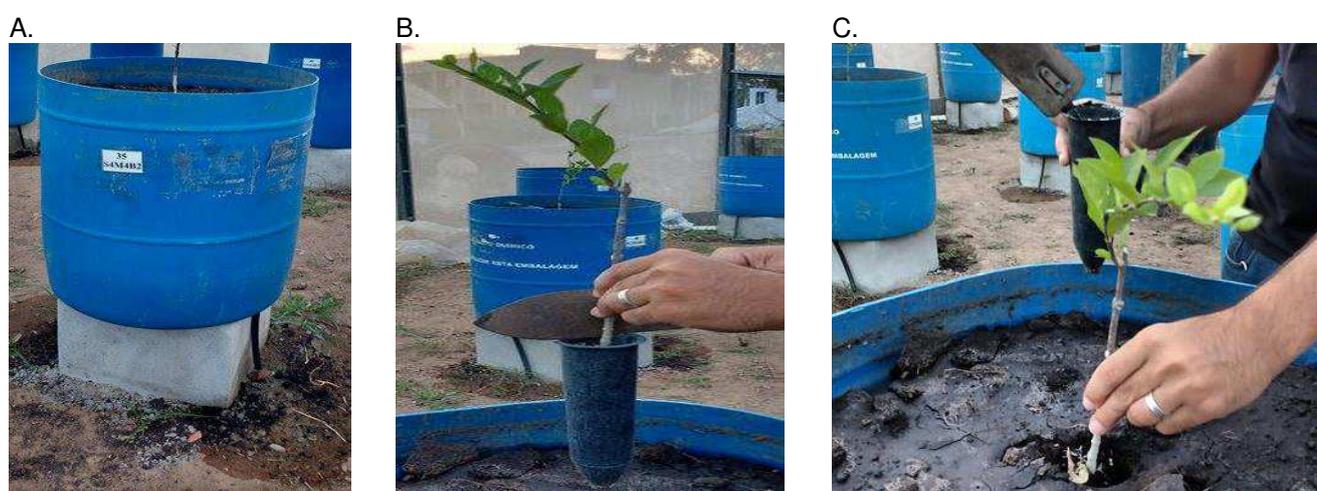


Figura 1. Caracterização do Lisímetro (A) e transplântio das mudas de aceroleira (B e C).

No experimento, foram utilizadas mudas de aceroleiras cultivar BRS 366-Jaburu, enxertadas por meio de garfagem no porta-enxerto Criolo, proveniente do Jardim de Sementes da EMBRAPA Agroindústria Tropical, em Pacajus-CE. As mudas enxertadas foram adquiridas com idade de 240 dias (150 de porta-enxerto + 90 dias de enxertia) após a semeadura e durante esse tempo foram irrigadas com água de baixa salinidade (0,6 dS m⁻¹), sendo transplantadas para os lisímetros (Figura 1B e C). Após transplante, as mudas foram aclimatadas por um período de 30 dias antes do início da aplicação dos tratamentos de salinidade.

1.3.2. Preparo da água e irrigação

As águas de menor condutividade elétrica (CEa) (0,6 e 1,4 dS m⁻¹) foram obtidas a partir da diluição de água de abastecimento municipal (CEa= 1,78 dS m⁻¹)

com água de chuva ($0,04 \text{ dS m}^{-1}$), e as demais CEa (2,2; 3,0 e $3,8 \text{ dS m}^{-1}$) foram preparadas pela adição de sais de sais (NaCl, $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ e $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) à água de abastecimento, na proporção equivalente a 7:2:1 entre os íons Na, Ca e Mg, respectivamente. Essa relação representa a composição média dos teores de íons presentes nas águas utilizadas para irrigação no semiárido do Nordeste brasileiro (MEDEIROS et al., 2003).

A irrigação com os distintos níveis de condutividade elétrica da água foi realizada adotando-se o turno de rega de 3 dias, aplicando-se em cada lisímetro um volume de água de forma a manter a umidade do solo próximo à sua capacidade ideal de retenção de água no solo ($33,42 \text{ kPa}$). Em cada irrigação, foi aplicado o volume de água determinado para atender à necessidade hídrica das plantas, mediante balanço de água na zona radicular, obtido pela diferença entre o volume aplicado e o drenado, calculados a cada 30 dias. Visando a evitar acumulação excessiva de sais na zona radicular, a cada 30 dias aplicava-se uma fração de lixiviação de 0,10 (AYERS & WESTCOT, 1999), e a cada coleta a condutividade da água de drenagem foi aferida com auxílio de um condutímetro de bancada (Anexo 1).

1.3.3. Adubação

As adubações com P e N foram realizadas de acordo com os tratamentos previamente estabelecidos, utilizando-se o superfosfato simples (18% P_2O_5 , 18% Ca^{2+} , 12% S) como fonte de fósforo e a ureia (45% N) como fonte de nitrogênio, com base na recomendação de Musser (1995); adicionando-se ainda 19,8 g de K_2O por planta ano, utilizando-se cloreto de potássio (60% K_2O). Quanto às adubações, foram aplicados 250 e 350 g de superfosfato simples em fundação nos tratamentos de 100 e 140% de P, respectivamente. A adubação nitrogenada foi dividida em 24 parcelas iguais, aplicadas em intervalos de 15 dias durante o ano, sendo aplicados 2,21g de ureia por planta no tratamento de 100%, e 3,09 g de ureia por planta no tratamento de 140% ambas diluídas em 100 ml de água de chuva ($0,04 \text{ dS m}^{-1}$). A adubação potássica foi parcelada em 12 aplicações iguais durante o ano, sendo fornecida mensalmente, na dose 2,75 g de KCl por planta, diluídas em 100 ml de água de chuva ($0,04 \text{ dS m}^{-1}$). O manejo de adubação iniciaram (N e P) concomitantemente com o transplântio das mudas para os lisímetros. A partir do início da floração até o fim do primeiro ano de cultivo, as plantas receberam adubações semanais com micronutrientes, ao nível de 15 litros de calda para todo o estande (60 plantas) nas

proporções de 0,5 g L⁻¹, tendo como fonte o fertilizante foliar Quimifol Nutri, que possui 25% de potássio (K₂O), 2,5% de magnésio, 6,0% de enxofre, 2,0% de boro, 0,5% de cobre, 0,3% de molibdênio e 5,0% de zinco.

1.3.4. Tratos fitossanitários e poda

Conforme a necessidade, durante a condução do experimento, foi monitorado o surgimento de pragas e doenças, sendo observado a incidência de pulgões (*Aphis spiraecola* e *Toxoptera citricidus*), ácaro rajado (*Tetranychus urticae*) e fumagina (*Capnodium sp.*), pragas e doenças frequentemente observadas nos plantios comerciais da cultura. Essas pragas foram erradicadas seguindo os tratos fitossanitários preconizados para a cultura por meio de controle químico (CALVARO & BRAGA, 2012).

Ao longo do experimento, foram realizadas podas de formação e frutificação, visando à padronização e adequação da cultura ao ambiente protegido, com espaçamento 1,9 x 1,9 m entre plantas e entre linhas. A primeira poda de formação foi realizada aos 45 dias após aplicação dos níveis salinos, deixando todas as plantas a uma altura de 60 cm da superfície do solo (Figura 2A). Após a primeira poda, as plantas foram padronizadas até os ramos quaternários, deixando três pernadas de 30 cm de comprimento, com finalização aos 150 dias após aplicação dos níveis salinos, com início da pré-floração (Figura 2B, C e D). Aos 285 dias após aplicação dos níveis salinos, foi realizada a primeira poda de frutificação, para induzir uma nova floração e frutificação das plantas (Figura 2E e F), quando todos os ramos após os ramos quaternários foram eliminados, para dar início ao novo ciclo produtivo.

A fim de reduzir a evaporação, aos 90 dias após aplicação dos níveis salinos, foi adicionada uma camada de 3,0 kg de cobertura morta por vasos (Figuras 2D e F).



Figura 2. Plantas de acerola antes da poda de formação (A), com as pernadas secundárias e terciárias definidas (B e C), com as pernadas quaternárias definidas (D), na floração (E) e na frutificação (F).

1.4. Variáveis analisadas

1.4.1. Avaliações biométricas

Para analisar o crescimento das plantas de acerola, foram realizadas medições de diâmetro do caule do porta-enxerto e do enxerto aos 45, 150 e 285 dias após a aplicação dos níveis salinos. O diâmetro do caule do porta enxerto (mm) foi medido a 2 cm do solo e o diâmetro do caule do enxerto a 2 cm, acima do ponto da enxertia. De posse desses dados, foram determinadas as taxas de crescimento absoluto (TCA) e relativo (TCR) das plantas de acerola, utilizando-se Eqs. 1 e 2, respectivamente (BENINCASA, 2003). O número de folhas foi contado aos 45 e 150 dias após a aplicação dos níveis salinos.

$$TCA = \frac{A_2 - A_1}{t_2 - t_1} \quad (1)$$

$$TCR = \frac{\ln A_2 - \ln A_1}{t_2 - t_1} \quad (2)$$

Em que:

A_2 - variável em estudo, obtido no final do período, mm;

A_1 - variável em estudo, obtido no início do período de estudo, mm;

$t_2 - t_1$ - diferença de tempo entre as observações, dias; e,

ln - logaritmo neperiano.

1.4.2 Avaliação fisiológica

1.4.2.1 Trocas gasosas

As trocas gasosas das plantas de aceroleira foram mensuradas aos 45, 150 e 285 dias após aplicação dos níveis de salinidade, utilizando-se do equipamento portátil de medição de fotossíntese “LCPro+” da ADC Bio Scientific Ltda, operando com controle de temperatura a 25 °C, irradiação de 1200 μmol fótons $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ e fluxo de ar de 200 mL min^{-1} , e em nível de CO_2 do ambiente, em folhas situadas na altura de 3 m da superfície do solo, obtendo-se as seguintes variáveis: Taxa de assimilação de CO_2 - A ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), transpiração - E ($\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$), condutância estomática - g_s ($\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e concentração interna de CO_2 - C_i ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) na terceira folha contada a partir do ápice. De posse desses dados, foram quantificadas a

eficiência instantânea no uso da água - $EiUA (A/T)$ [$\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$)⁻¹] e a eficiência instantânea da carboxilação - $A/Ci (EiCi)$ (SILVA et al., 2014).

1.4.2.2 Florescência da clorofila a

No mesmo período, aos 45, 150 e 285 dias após aplicação dos níveis de salinidade, e na mesma folha em que foram determinadas as trocas gasosas, determinou-se a fluorescência da clorofila a, usando-se um Fluorômetro de pulso modulado, modelo OS5p da Opti Science; inicialmente, usou-se o protocolo Fv/Fm , a fim de determinar as variáveis Fluorescência inicial (Fo), máxima (Fm), variável ($Fv = Fm - Fo$) e a máxima eficiência quântica do fotossistema II (Fv/Fm) (SÁ et al., 2015). Tal protocolo foi realizado após adaptação das folhas ao escuro por um período de 30 min, usando-se um clipe do equipamento, de modo a garantir que todos os aceptores estivessem oxidados, ou seja, com os centros de reação abertos.

1.4.2.3 Determinação do estado hídrico foliar

A avaliação do estado hídrico da aceroleira foi feita em três folhas, totalmente expandidas, do terço médio de cada planta para determinação do teor relativo de água (TRA) no limbo e o déficit de saturação hídrica nas folhas (DSH). Para isso, imediatamente após a coleta das folhas, determinou-se a massa fresca (MF); em seguida, as amostras foram colocadas em sacos plásticos, imersas em água destilada e acondicionadas por 24 horas. Depois, foi retirado o excesso de água com papel toalha, obtendo-se a massa túrgida (MT); posteriormente, as amostras foram levadas à estufa com circulação de ar (temperatura $\approx 65 \text{ }^\circ\text{C} \pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$, até atingir massa constante) para obtenção da massa seca (MS). A obtenção do TRA e do déficit de saturação hídrica (DSH) foi feita conforme Lima et al. (2015), pela Eq. 3 e 4:

$$TRA = \frac{MF-MS}{MT-MS} \times 100 \quad (3)$$

$$DSH = \frac{MT-MF}{MT-MS} \times 100 \quad (4)$$

Em que:

TRA = teor relativo de água (%);

MF= massa fresca de folha (g);

MT= massa túrgida (g);

MS = massa seca (g).

1.4.2.4 Teor de clorofila e carotenoides

Imediatamente após as determinações do estado hídrico, foram coletadas amostras foliares na parte central do limbo e, posteriormente, levadas ao Laboratório de Fisiologia Vegetal para quantificação dos teores de clorofila *a* e *b* ($\mu\text{g cm}^{-2}$), conforme método analítico recomendado por Lichthenthaler (1987), por meio de amostras de 5 discos do limbo da 3ª folha madura a partir do ápice. A partir dos extratos, foi determinada a concentração de clorofila em solução de acetona 80%, utilizando um espectrofotômetro de absorção no comprimento de de absorbância de 470, 646,8 e 663,2nm).

$$\text{Clorofila } a = 12,25 \text{ ABS}_{663,2} - 2,79 \text{ ABS}_{646,8} \quad (5)$$

$$\text{Clorofila } b = 21,50 \text{ ABS}_{646,8} - 5,10 \text{ ABS}_{663,2} \quad (6)$$

$$\text{Carotenoides totais} = (1000 \text{ ABS}_{470} - 1,82 \text{ Clor } a - 85,02 \text{ Clor } b)/198 \quad (7)$$

Em que:

ABS = Absorbância.

1.4.2.5 Porcentagem de dano na membrana celular das folhas

Para avaliar os danos na membrana celular sob condições de estresse salino, foi determinado o percentual de dano na membrana celular. Para tanto, foram coletados, também no terço médio das plantas, 5 discos foliares de 113 mm² de área, lavados com água destilada visando à retirada de outros eletrólitos aderidos às folhas, os quais foram acondicionados em beakers, com 50 mL de água bidestilada e fechados hermeticamente com papel alumínio. Os beakers foram mantidos em temperatura de 25 °C, por 120 min e procedeu-se à determinação da condutividade elétrica inicial (Ci); posteriormente, os beakers foram colocados na estufa com ventilação forçada de ar e submetidos à temperatura de 90 °C, durante 150 min, quando se procedeu novamente à mensuração da condutividade elétrica final (Cf). Desta forma, o percentual de dano na membrana celular foi obtido de acordo com Scott Campos & Thu Pham Thi (1997), conforme Eq. 8:

$$EE = \frac{CE_i}{CE_f} \times 100 \quad (8)$$

Em que:

EE = extravasamento de eletrólitos na membrana (%);

CEi= condutividade elétrica inicial (dS m⁻¹);

CEf= condutividade elétrica final (dS m⁻¹);

1.4.2.6 Teor de macronutrientes e sódio

Aos 285 dias após a irrigação com os níveis salinos, época correspondente à transição da fase de floração e frutificação, foram coletadas amostras foliares das plantas de aceroleira, a partir do ramos quarternários, acondicionadas em sacos de papel e postas para secar em estufa de circulação de ar, a 65 °C até massa constante. Após a secagem, o material foi triturado em moinho de facas tipo Willey, e posteriormente analisado quanto aos teores de nitrogênio (N), potássio (K), fósforo (P), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e sódio (Na), seguindo metodologia contida em EMBRAPA (2009), de acordo com os dados expressos em g kg⁻¹ de MS. Após obtenção dos dados, foi determinada a relação desses íons com íons de sódio (Na/N; Na/K; Na/P; Na/Ca e Na/Mg).

1.4.2.5 Caracterização da produção

Os componentes de produção da aceroleira, no primeiro ano de cultivo, foram o número de frutos por planta e a massa média de fruto, referente à massa total dividida pelo número frutos colhidos. A produção por planta correspondeu à soma das colheitas efetuadas, com auxílio de balança analítica com precisão de 0,0001 g; o diâmetro longitudinal e transversal dos frutos, sendo aferido o comprimento longitudinal, mm (do ápice à base do fruto) e transversal, mm (região equatorial do fruto), de todos os frutos colhidos, utilizando-se paquímetro digital.

2. Análises estatísticas

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F. As médias das proporções P/N foram comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) e as referentes à interação entre a salinidade da água e as proporções de P/N e as relativas aos efeitos isolados da salinidade da água foram comparadas por regressão, empregando o *software* Sisvar versão 5.1 (FERREIRA, 2011).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **Qualidade da água na agricultura**. 2.ed. Campina Grande: UFPB. 1999. 153p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29).
- BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas: Noções básicas**. Jaboticabal: Funep, 2003. 41p.
- CALGARO, M.; BRAGA, M. B. **A cultura da acerola**. 3. ed. rev. ampl. – Brasília, DF: Embrapa, 2012, 150p.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília, DF: Embrapa Solos, 2009. 627 p.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: A computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.
- LICHTENTHALER, H. K. Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembranes. In: PACKER, L.; DOUCE, R. (org.). **Methods in enzymology**. London: Academic Press, 1987. p. 350-382.
- LIMA, G. S.; GHEYI, H. R.; NOBRE, R. G.; SOARES, L. A. A.; XAVIER, D. A.; SANTOS JUNIOR, J. A. Water relations and gas exchange in castor bean irrigated with saline water of distinct cationic nature. **African Journal of Agricultural Research**, v. 10, n. 13, p. 1581-1594, 2015.
- MEDEIROS, J. F. DE; LISBOA, R. A.; OLIVEIRA, M.; SILVA JÚNIOR, M. J.; ALVES, L. P. Caracterização das águas subterrâneas usadas para irrigação na área produtora de melão da Chapada do Apodi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 7, n. 3, p. 469- 472, 2003.
- MUSSER, R. S. Tratos culturais na cultura da acerola. In: SÃO JOSÉ, A. R.; ALVES, R. E. (org.). **Acerola no Brasil: Produção e mercado**. Vitória da Conquista: DFZ/UESB. 1995. p. 47-52.
- SÁ, F. V. S.; BRITO, M. E. B.; SILVA, L. A.; MOREIRA, R. C. L.; FERNANDES, P. D.; FIGUEIREDO, L. C. Fisiologia da percepção do estresse salino em híbridos de tangerineira - Sunki Comum sob solução hidropônica salinizada. **Comunicata Scientiae**, v. 6, n. 4, p. 463-470, 2015.

SCOTT CAMPOS, P.; THU PHAN THI, A. Effect of abscisic acid pretreatment on membrane leakage and lipid composition of *Vigna unguiculata* leaf discs subject to osmotic stress. **Plant Science**, v. 130, n. 1, p. 11-18, 1997.

SILVA, L. A. S.; BRITO, M. E. B.; SÁ, F. V. S.; MOREIRA, R. C. L. M.; SOARES FILHO, W. S.; FERNANDES, P. D. Mecanismos fisiológicos em híbridos de citros sob estresse salino em cultivo hidropônico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n. Especial, p. S1-S7, 2014.

CAPÍTULO III

**ASPECTOS FISIOLÓGICOS DA ACEROLEIRA IRRIGADA COM
ÁGUA SALINA NO SOLO COM PROPORÇÕES DE P/N: FASE
VEGETATIVA**

ASPECTOS FISIOLÓGICOS DA ACEROLEIRA IRRIGADA COM ÁGUA SALINA SOB PROPORÇÕES DE P/N: FASE VEGETATIVA

RESUMO: Objetivou-se avaliar a interação entre a salinidade da água e as proporções fósforo/nitrogênio nos índices fisiológicos da aceroleira na fase vegetativa. O experimento foi desenvolvido em ambiente protegido, em lisímetros com Neossolo Regolítico; o delineamento foi o de blocos casualizados com os tratamentos arranjados em esquema fatorial 5 x 4, referente aos níveis de condutividade elétrica da água de irrigação - CEa (0,6; 1,4; 2,2; 3,0 e 3,8 dS m⁻¹) e quatro proporções percentuais de fósforo e nitrogênio P/N (100:100; 140:100; 100:140 e 140:140% P/N), com três repetições. As doses de fósforo e nitrogênio correspondentes a 100% da recomendação de adubação fosfatada e nitrogenada foram de 45,0 g de P₂O₅ planta ano⁻¹ e 23,85 g de N planta ano⁻¹, respectivamente. Durante a condução do experimento, as plantas de aceroleira foram avaliadas quanto aos aspectos fisiológicos e de crescimento. O aumento da salinidade da água de irrigação reduz as trocas gasosas das plantas, mas o aumento do fornecimento de nitrogênio 100:140% de P/N aumenta a atividade fotossintética da aceroleira em níveis superiores ao da proporção 100:100% de P/N, quando irrigadas com CEa de até 3,0 dS m⁻¹. A ação conjunta de nitrogênio e fósforo, nas doses de 140:140% P/N, aumenta a turgência foliar e reduzem a percentagem de danos celular nas folhas das plantas de aceroleira, independentemente do nível salino da água de irrigação. O aumento das proporções de fósforo e/ou nitrogênio promove a síntese de pigmentos e crescimento em diâmetro do porta-enxerto e do enxerto das plantas de aceroleira irrigadas com água de até 3,0 dS m⁻¹.

Palavras-chave: *Malpighia emarginata*, crescimento, fotossíntese, estresse salino, fertilidade do solo.

PHYSIOLOGICAL ASPECTS OF THE WEST INDIAN CHERRY IRRIGATED WITH SALINE WATER UNDER P/N PROPORTIONS: VEGETATIVE PHASE

ABSTRACT: The objective of this study was to evaluate the interaction between water salinity and phosphorus/nitrogen ratio in the physiological indexes of west indian cherry tree in the vegetative phase. The experiment was carried out in a protected environment, in lysimeters with Neosol Regolítico; the design was randomized blocks with the treatments arranged in a 5 x 4 factorial scheme, referring to the levels of electrical conductivity of the irrigation water - CEa (0.6, 1.4, 2.2, 3.0 and 3, 8 dS m⁻¹) and four percent proportions of phosphorus and nitrogen P/N (100:100, 140:100, 100:140 and 140:140% P/N), with three replicates. Phosphorus and nitrogen doses corresponding to 100% of the recommendation for phosphate and nitrogen fertilization were 45.0 g of P₂O₅ plant year⁻¹ and 23.85 g of N plant year⁻¹, respectively. During the conduction of the experiment, the west indian cherry plants were evaluated for physiological and growth aspects. Increased salinity of irrigation water reduces plant gas exchange, but increasing the nitrogen supply 100:140% P/N increases the photosynthetic activity of the west indian cherry tree at levels higher than the 100:100% P/N, when irrigated with CEa of up to 3.0 dS m⁻¹. The combined action of nitrogen and phosphorus, at 140:140% P/N, increases leaf turgor and reduces the percentage of cell damage in the leaves of the indian cherry tree plants, regardless of the saline level of the irrigation water. The increase of the proportions of phosphorus and/or nitrogen promotes the pigment synthesis and growth in rootstock and graft diameter of irrigated water plants with water up to 3.0 dS m⁻¹.

Key words: *Malpighia emarginata*, growth, photosynthesis, saline stress, soil fertility.

1. INTRODUÇÃO

A aceroleira (*Malpighia emarginata* DC.) possui uma fruta atrativa em virtude do seu sabor agradável e altos teores de vitamina C, vitamina A e minerais como ferro, cálcio e vitaminas do complexo B (Tiamina, Riboflavina e Niacina) (ADRIANO et al., 2011). No Brasil, a cultura é bastante difundida, principalmente em áreas semiáridas dos estados da Bahia, Ceará, Paraíba e Pernambuco, principais produtores desta fruteira (ADRIANO et al., 2011; ESASHIKA et al., 2013). Apesar da grande adaptabilidade a condições de semiaridez, a redução do volume de água dos mananciais hídricos da região, aliada à elevada concentração de sais encontrados na

água, é necessário buscar estratégias de manejo que viabilizem o uso de águas de qualidade inferior (salinas) na irrigação dos cultivos (MEDEIROS et al., 2003).

De maneira geral, os efeitos da salinidade da água e/ou do solo sobre as plantas são atribuídos à redução do potencial osmótico, à ação específica da concentração iônica e ao desequilíbrio nutricional e hormonal (ESTEVES & SUZUKI, 2008; MUNNS & TESTER, 2008; SÁ et al., 2015). Nas plantas cultivadas, inúmeros efeitos são causados pelo excesso de sais no solo, dentre eles distúrbios na permeabilidade das membranas celulares, alterações na condutância estomática, fotossíntese e balanço iônico, os quais acarretam redução no crescimento e desenvolvimento das plantas, independentemente da natureza dos sais (SILVA et al., 2014; LIMA et al., 2015). Assim, torna-se necessário identificar a estratégia mais adequada para manejo da salinidade da água e/ou do solo, visando à manutenção do *status* fisiológico das plantas cultivadas sob condições de estresse salino.

Dentre as estratégias de manejo da salinidade na agricultura, a adubação com nitrogênio e fósforo, avaliados isoladamente, tem sido eficaz (resultados promissores) na mitigação dos efeitos deletérios ocasionados pela salinidade do solo ou da água na produção das culturas (SANTOS et al., 2010), principalmente quando estes resultados estão relacionados à ação mitigadora do nitrogênio sobre o estresse salino em plantas cultivadas (FURTADO et al., 2014; GUEDES FILHO et al., 2015), devido à sua funcionalidade no ajustamento osmótico (constituente de inúmeros osmólitos protetores) e na proteção de macromoléculas (ESTEVES & SUZUKI, 2008). Apesar de menos expressivos, em relação ao nitrogênio, em alguns trabalhos têm sido obtidos resultados promissores nas avaliações envolvendo a interação fósforo vs. salinidade, por ser este nutriente diretamente relacionado aos processos energéticos das células (OLIVEIRA et al., 2010; TAIZ et al., 2015; SÁ et al., 2017).

Na literatura disponível, não foram encontrados trabalhos envolvendo a ação conjunta entre N e P visando à mitigação dos efeitos deletérios do estresse salino sobre a aceroleira. Assim, objetivou-se avaliar a interação entre a salinidade da água e as proporções fósforo/nitrogênio nos índices fisiológicos da aceroleira na fase vegetativa.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido no período de junho a setembro de 2016 em ambiente protegido (casa de vegetação) do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais

- CTRN da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, localizado no município de Campina Grande, Paraíba, PB, nas coordenadas geográficas 7°15'18" de latitude Sul, 35°52'28" de longitude Oeste e altitude média de 550 m.

O experimento foi instalado no delineamento de blocos casualizados com os tratamentos arranjos em esquema fatorial 5 x 4, referente aos níveis níveis de condutividade elétrica da água de irrigação - CEa (0,6; 1,4; 2,2; 3,0 e 3,8 dS m⁻¹) e quatro proporções percentuais de fósforo e nitrogênio P/N (100:100; 140:100; 100:140 e 140:140% P/N), com três repetições de uma planta por parcela. A aplicação de 100% da adubação fosfatada (45,0 g de P₂O₅ planta ano⁻¹) e nitrogenada (23,85 g de N planta ano⁻¹) foi baseada em recomendações de Musser (1955).

O material de solo utilizado no preenchimento dos lisímetros foi um Neossolo Regolítico de textura franco-argilosa (profundidade de 0-30 cm), procedente do município de Esperança-PB. Os atributos químicos e físicos do solo foram determinados conforme as metodologias contidas em EMBRAPA (2009) e estão na Tabela 1.

Tabela 1. Características químicas e físico-hídricas do solo utilizado no experimento.

Características químicas									
pH (H ₂ O) (1:2,5)	M.O dag kg ⁻¹	P (mg kg ⁻¹)	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H ⁺ + Al ³⁺	PST %	CEes (dS m ⁻¹)
5,63	1,830	18,20	0,21	0,17	3,49	2,99	5,81	1,34	0,61
Características físicas									
Fração granulométrica (g kg ⁻¹)			Classe textural	Umidade (kPa)		AD	Porosidade total m ³ m ⁻³	Ds ----- (kg dm ⁻³) ----	Dp
Areia	Silte	Argila		33,42	1519,5				
573	101	326	FA	12,68	4,98	7,70	0,5735	1,13	2,65

M.O – Matéria orgânica: Digestão Úmida Walkley-Black; Ca²⁺ e Mg²⁺ extraídos com KCl 1 mol L⁻¹ pH 7,0; Na⁺ e K⁺ extraídos utilizando-se NH₄OAc 1 mol L⁻¹ pH 7,0; Al³⁺ e (H⁺ + Al³⁺) extraídos utilizando-se CaOAc 1 mol L⁻¹ pH 7,0; CEes – condutividade elétrica do extrato de saturação do solo; FA – Franco Argiloso; AD – Água disponível; DA- Densidade do solo; DP- Densidade de partículas.

As plantas de aceroleira foram desenvolvidas em lisímetros, preenchidos com 235 kg de solo, cada lisímetro apresentava dois drenos de 18 mm espaçados equidistantemente nas extremidades, sobre cada dreno foi colocado um tecido geotêxtil (tipo Bidin) e uma camada de 0,5 kg de brita. A água de drenagem foi coletada com auxílio de duas garrafas tipo PET por lisímetro, com capacidade de 2 L cada dispostas abaixo dos lisímetros, sendo o valor da drenagem computado e utilizado no balanço hídrico da cultura.

No experimento, foram utilizadas mudas de aceroleiras cultivar BRS 366-Jaburu, enxertadas por meio de garfagem no porta-enxerto Criolo, proveniente do Jardim de Sementes da EMBRAPA Agroindústria Tropical, em Pacajus-CE. As mudas enxertadas foram adquiridas com idade de 240 dias (150 de porta-enxerto + 90 dias de enxertia) após a semeadura e durante esse tempo foram irrigadas com água de baixa salinidade ($0,6 \text{ dS m}^{-1}$), sendo transplantadas para os lisímetros (Figura 1B e C). Após transplante, as mudas foram aclimatadas por um período de 30 dias antes do início da aplicação dos tratamentos de salinidade.

As águas de menor condutividade elétrica (CEa) ($0,6$ e $1,4 \text{ dS m}^{-1}$) foram obtidas a partir da diluição de água de abastecimento municipal (CEa = $1,78 \text{ dS m}^{-1}$) com água de chuva ($0,04 \text{ dS m}^{-1}$); as demais CEa ($2,2$; $3,0$ e $3,8 \text{ dS m}^{-1}$) foram preparadas pela adição de sais de sais (NaCl, $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ e $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) à água de abastecimento, na proporção equivalente a 7:2:1 entre os íons Na, Ca e Mg, respectivamente. Essa relação representa a composição média dos teores de íons presentes nas águas utilizadas para irrigação no semiárido do Nordeste brasileiro (MEDEIROS et al., 2003).

A irrigação com os distintos níveis de condutividade elétrica da água foi realizada adotando-se o turno de rega de três dias, aplicando-se em cada lisímetro um volume de água de forma a manter a umidade do solo próximo à sua capacidade ideal de retenção de água no solo ($33,42 \text{ kPa}$). Em cada irrigação, foi aplicado o volume de água determinado para atender à necessidade hídrica das plantas, mediante balanço de água na zona radicular, obtido pela diferença entre o volume aplicado e o drenado, calculados a cada 30 dias. Visando a evitar acumulação excessiva de sais na zona radicular, a cada 30 dias aplicava-se uma fração de lixiviação de 0,10 (AYERS & WESTCOT, 1999).

As adubações com P e N foram realizadas de acordo com os tratamentos pré-estabelecidos, utilizando-se o superfosfato simples (18% P_2O_5 , 18% Ca^{2+} , 12% S) como fonte de fósforo e a ureia (45% N) como fonte de nitrogênio, com base na recomendação de Musser (1995); adicionando-se ainda $19,8 \text{ g}$ de K_2O por planta ano, utilizando-se cloreto de potássio (60% K_2O). Quanto às adubações, foram aplicados 250 e 350 g de superfosfato simples em fundação nos tratamentos de 100 e 140% de P, respectivamente. A adubação nitrogenada foi dividida em 24 parcelas iguais, aplicado em intervalos de 15 dias durante o ano, sendo aplicados $2,21 \text{ g}$ de ureia por planta no tratamento de 100%, e $3,09 \text{ g}$ de ureia por planta no tratamento de 140%

ambas diluídas em 100 ml de água de chuva (0,04 dS m⁻¹). A adubação potássica foi parcelada em 12 aplicações iguais durante o ano, sendo fornecida mensalmente, na dose 2,75 g de KCl por planta diluídas em 100 ml de água de chuva (0,04 dS m⁻¹). O manejo de adubação foi iniciado (N e P) concomitantemente com o transplante das mudas para os lisímetros.

Durante a condução do experimento, foram efetuados os tratamentos culturais e fitossanitários preconizados para a cultura, monitorando o surgimento de pragas e doenças, adotando-se medidas de controle quando necessário.

Para analisar o crescimento das plantas de acerola, foram realizadas medições de diâmetro do porta-enxerto e do enxerto aos 45 dias após a aplicação dos níveis salinos. O diâmetro do caule do porta-enxerto (mm) foi medido a 2 cm do solo e o diâmetro do caule do enxerto a 2 cm, acima do ponto da enxertia. De posse desses dados, foram obtidas as taxas de crescimento absoluto (TCA) e relativo (TCR) da aceroleira, referentes ao período entre 1 (t₁) e 45 dias (t₂) após a aplicação dos níveis salinos (DANS), utilizando-se Eqs. 1 e 2, respectivamente (BENINCASA, 2003). Nesse mesmo período, também foi determinado o número de folhas por meio de contagem manual de todas as folhas completamente expandidas da planta.

$$TCA = \frac{A_2 - A_1}{t_2 - t_1} \quad (1)$$

$$TCR = \frac{\ln A_2 - \ln A_1}{t_2 - t_1} \quad (2)$$

Em que:

A₂ - variável em estudo, obtido no final do período, mm;

A₁ - variável em estudo, obtido no início do período de estudo, mm;

t₂ - t₁ - diferença de tempo entre as observações, dias; e

ln - logaritmo neperiano.

Para determinação das trocas gasosas das plantas de aceroleira, aos 45 dias após aplicação dos níveis de salinidade, utilizou-se do equipamento portátil de medição de fotossíntese "LCPro+" da ADC Bio Scientific Ltda, operando com controle de temperatura a 25 °C, irradiação de 1200 μmol fótons m⁻² s⁻¹ e fluxo de ar de 200 mL min⁻¹, e em nível de CO₂ do ambiente, em folhas situadas na altura de 3 m da superfície do solo, obtendo-se as seguintes variáveis: Taxa de assimilação de CO₂ - A (μmol m⁻² s⁻¹), transpiração - E (mol de H₂O m⁻² s⁻¹), condutância estomática - g_s

(mol de H₂O m⁻² s⁻¹) e concentração interna de CO₂ - *C_i* (μmol m⁻² s⁻¹) na terceira folha contada a partir do ápice. De posse desses dados, foram quantificadas a eficiência instantânea no uso da água - *E_{iUA}* (*A/T*) [(μmol m⁻² s⁻¹) (mol H₂O m⁻² s⁻¹)⁻¹] e a eficiência instantânea da carboxilação - *A/C_i* (*E_{iC_i}*) (SILVA et al., 2014).

No mesmo período, determinou-se a fluorescência da clorofila *a*, usando-se um Fluorômetro de pulso modulado, modelo OS5p da Opti Science; *a priori*, usou-se o protocolo *F_v/F_m*, a fim de determinar as variáveis: Fluorescência inicial (*F_o*), Fluorescência máxima (*F_m*), Fluorescência variável (*F_v* = *F_m*-*F_o*) e máxima eficiência quântica do fotossistema II (*F_v/F_m*) (SÁ et al., 2015). Tal protocolo foi realizado após adaptação das folhas ao escuro por um período de 30 min, usando-se um clipe do equipamento, de modo a garantir que todos os aceptores estivessem oxidados, ou seja, com os centros de reação abertos.

A avaliação do estado hídrico da aceroleira foi feita em três folhas totalmente expandidas, do terço médio de cada planta para determinação do teor relativo de água (TRA) no limbo e déficit de saturação hídrica nas folhas (DSH). Para isso, imediatamente após a coleta das folhas, determinou-se a massa fresca (MF); em seguida, as amostras foram colocadas em sacos plásticos, imersas em água destilada e acondicionadas por 24 horas; em seguida, foi retirado o excesso de água com papel toalha, obtendo-se a massa túrgida (MT); posteriormente, as amostras foram levadas à estufa com circulação de ar (temperatura ≈ 65 °C ± 3 °C, até atingir massa constante) para obtenção da massa seca (MS). A obtenção do TRA e do déficit de saturação hídrica (DSH) foi feita conforme Lima et al. (2015), pela Eq. 3 e 4:

$$TRA = \frac{MF-MS}{MT-MS} \times 100 \quad (3)$$

$$DSH = \frac{MT-MF}{MT-MS} \times 100 \quad (4)$$

Em que:

TRA = teor relativo de água (%);

MF= massa fresca de folha (g);

MT= massa túrgida (g);

MS = massa seca (g).

Imediatamente após as determinações do estado hídrico, foram coletadas amostras foliares na parte central do limbo e, posteriormente, levadas ao Laboratório de Fisiologia Vegetal para quantificação dos teores de clorofila *a* e *b* (μg cm⁻²)

conforme método laboratorial desenvolvido por Lichthenthaler (1987), por meio de amostras de cinco discos do limbo da 3ª folha madura a partir do ápice. A partir dos extratos, foi determinada a concentração de clorofila nas soluções utilizando um espectrofotômetro no comprimento de onda de absorvância (470, 646,8 e 663,2nm).

$$\text{Clorofila } a = 12,25 \text{ ABS}_{663,2} - 2,79 \text{ ABS}_{646,8} \quad (5)$$

$$\text{Clorofila } b = 21,50 \text{ ABS}_{646,8} - 5,10 \text{ ABS}_{663,2} \quad (6)$$

$$\text{Carotenoides totais} = (1000 \text{ ABS}_{470} - 1,82 \text{ Clorofila } a - 85,02 \text{ Clorofila } b)/198 \quad (7)$$

Em que:

ABS = Absorvância.

Para avaliar os danos na membrana celular sob condições de estresse salino, foi determinado o percentual de dano na membrana celular. Para tanto, foram coletados também, no terço médio das plantas, cinco discos foliares de 113 mm² de área, lavados com água destilada visando à retirada de outros eletrólitos aderidos às folhas, os quais foram acondicionados em beakers, com 50 mL de água bidestilada e fechados hermeticamente com papel alumínio. Os beakers foram mantidos em temperatura de 25 °C, por 120 min e se procedeu à determinação da condutividade elétrica inicial (Ci); posteriormente, os beakers foram colocados na estufa com ventilação forçada de ar e submetidas à temperatura de 90 °C, durante 150 min, quando se procedeu novamente à mensuração da condutividade elétrica final (Cf). Desta forma, o percentual de dano na membrana celular foi obtido de acordo com Scott Campos & Thu Pham Thi (1997), conforme Eq. 8:

$$EE = \frac{CEi}{CEf} \times 100 \quad (8)$$

Em que:

EE = extravasamento de eletrólitos na membrana (%);

CEi= condutividade elétrica inicial (dS m⁻¹);

CEf= condutividade elétrica final (dS m⁻¹);

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F, as médias das proporções P/N foram comparadas pelo teste de Tukey (p < 0,05) e as referentes à interação entre a salinidade da água e as proporções de P/N e as relativas

aos efeitos isolados da salinidade da água foram comparadas por regressão, empregando o *software* Sisvar versão 5.1 (FERREIRA, 2011).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

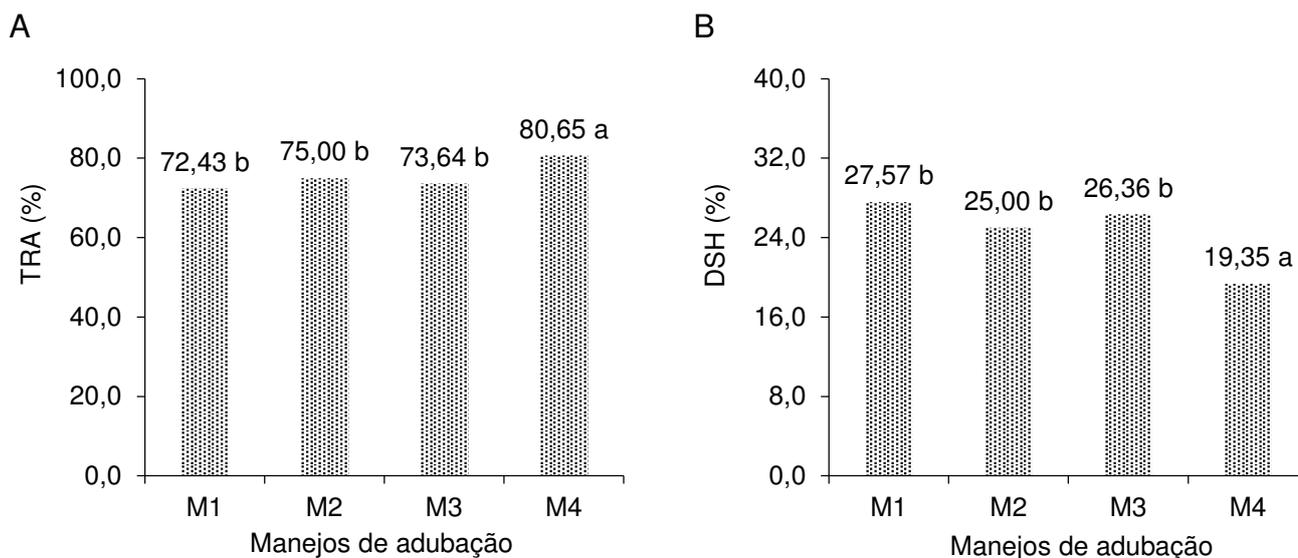
Houve interação significativa ($p < 0,05$) dos níveis de salinidade da água e das proporções P/N sobre ataxa de assimilação de CO_2 (A), concentração interna de CO_2 (C_i), eficiência instantânea da carboxilação (E_iC_i), transpiração (E), eficiência instantânea do uso da água (E_iUA) e fluorescência inicial (F_o), teor de clorofila a (C_{loa}), b (C_{lob}), taxa de crescimento absoluto da copa (TCA-DC), taxa de crescimento relativo do porta-enxerto (TCR-DPE) e da copa (TCR-DC) (Tabela 2). A condutância estomática (g_s), o teor de carotenoides ($carot$), taxa de crescimento absoluto do porta-enxerto (TCA-DPE) e número de folhas exibiram efeitos significativos da salinidade das águas de irrigação. As proporções de P e N interferiram significativamente no teor relativo de água (TRA) e déficit de saturação hídrica (DSH), % de dano celular (EE) e número de folhas (Tabela 2). A fluorescência máxima (F_m), fluorescência variável (F_v) e eficiência quântica do fotossistema II (F_v/F_m) não responderam à ação de uma fonte de variação e nem da interação entre ambas (Tabela 2).

O maior teor relativo de água nas folhas (TRA = 80,65%) foi determinado nas plantas adubadas com a proporção 140:140% de P/N, superando em 11,35% o valor nas plantas testemunhas ou controle tratadas com 100:100% P/N. Nas mesmas situações, o menor déficit de saturação hídrica (DSH=19,35%) foi constatado nas plantas submetidas ao tratamento (140:140% P/N), e 29,81% inferior ao déficit das plantas que receberam o tratamento testemunha - 110:100 P/N (Figuras 1A e B). Pelos resultados, constata-se que o incremento de 40% a mais de N em relação ao P proporcionou maior teor de água nas folhas (TRA) e, em consequência, menor DSH, independentemente dos níveis de salinidade da água. As plantas do tratamento (140:140% P/N) exibiram maior potencial de turgor nas células das folhas, provavelmente devido à maior capacidade de ajuste osmótico propiciado pela síntese de osmólitos compatíveis. A síntese de osmólitos como aminoácidos e açúcares solúveis é impulsionada pelo incremento de N e P, reduzindo, com isso, o desequilíbrio entre a transpiração e absorção de água pelas plantas (SANTANA et al., 2011), favorecendo a homeostase iônica (GUPTA & HUAG, 2014).

Tabela 2. Resumo do teste F para as variáveis: teor relativo de água (TRA), déficit de saturação hídrica (DSH), taxa de assimilação de CO₂ (A), concentração interna de CO₂ (Ci), eficiência instantânea da carboxilação (EiCi), condutância estomática (gs), transpiração (E), eficiência intrínseca do uso da água (EiUA), fluorescência inicial (Fo), máxima (Fm), variável (Fv), eficiência quântica do fotossistema II (Fv/Fm), clorofila a (Cloa), b (Clob), carotenoides (carot), % de dano celular (EE), taxa de crescimento absoluto do porta-enxerto (TCA-DPE), do enxerto (TCA-DE), taxa de crescimento relativo do porta-enxerto (TCR-DPE), do enxerto (TCR-DE) e número de folhas (NF) de plantas de acerola irrigadas com águas salinas e adubadas com proporções de fósforo e nitrogênio aos 45 dias após aplicação dos níveis salinos.

FV	GL	Significância do teste 'F'						
		TRA	DSH	A	Ci	EiCi	Gs	E
Bloco	2	Ns	ns	Ns	ns	ns	*	Ns
Sal	4	Ns	ns	*	ns	*	*	*
Manejo	3	*	*	Ns	*	ns	Ns	*
Sal x Manejo	12	Ns	ns	*	*	*	Ns	*
Erro	38	0,0031	0,0031	0,3164	1323,23	0,00001	0,00008	0,0113
CV		7,45	22,86	19,32	16,35	25,36	28,09	17,37
FV	GL	Significância do teste 'F'						
		EUA	Fo	Fm	Fv	Fv/Fm	Clo a	Clo b
Bloco	2	*	ns	Ns	ns	ns	Ns	Ns
Sal	4	*	*	Ns	ns	ns	*	*
Manejo	3	Ns	ns	Ns	ns	ns	Ns	Ns
Sal x Manejo	12	*	*	Ns	ns	ns	*	*
Erro	38	1,0876	245,70	5247,83	4040,90	0,0004	0,4051	0,0362
CV		21,51	7,93	9,84	11,81	2,98	9,34	11,69
FV	GL	Significância do teste 'F'						
		Carot	EE	TCA-DPE	TCA-DE	TCR-DPE	TCR-DE	NF
Bloco	2	Ns	ns	Ns	Ns	ns	ns	Ns
Sal	4	*	ns	*	Ns	*	*	*
Manejo	3	Ns	*	Ns	Ns	ns	ns	*
Sal x Manejo	12	Ns	ns	Ns	*	*	*	Ns
Erro	38	0,1051	1,2533	0,00004	0,00003	3,55E ⁻⁰⁰⁰⁷	1,98E ⁻⁰⁰⁰⁷	769,45
CV		18,26	12,12	21,64	30,43	14,42	13,75	9,75

*= significativo a 0,05 de probabilidade; ns= não significativo; Sal= níveis de salinidade; CV= coeficiente de variação.



M1 = 100:100% P/N; M2 = 140:100% P/N; M3 = 100:140% P/N e M4 = 140:140% P/N
 Médias com letras diferentes significam que os tratamentos diferem entre si pelo teste de Tukey, $p < 0,05$.

Figura 1. Teor relativo de água na folha -TRA (A) e déficit de saturação hídrica - DSH (B) de plantas de aceroleira irrigadas com água salina e adubadas com proporções de fósforo e nitrogênio, aos 45 dias após aplicação dos níveis salinos.

A taxa de assimilação de CO_2 (A) das aceroleiras adubadas com 100:100% P/N foi reduzida em função dos níveis de salinidade da água, com perda de 60,2% entre as plantas irrigadas com a água de maior e menor nível de salinidade (Figura 2A). O decréscimo na fotossíntese decorreu da diminuição acentuada na condutância estomática (g_s) e, conseqüentemente, na taxa de transpiração (E) e na eficiência instantânea do uso da água ($EiUA$), evidenciando que fatores de ordem estomática atuam sobre as atividades de trocas gasosas das plantas de acerola irrigadas com água de maior e menor concentração salina (Figura 2D, E e F).

Os estômatos, diretamente envolvidos na regulação das atividades de trocas gasosas, foram afetados em seu movimento pela salinidade, com influência direta na perda de água pela planta (Figura 1B) nos tecidos foliares. O fechamento estomático atua sobre o influxo de CO_2 , regulando a fotossíntese (LACERDA et al., 2006; HUSSAIN et al., 2012; SUASSUNA et al., 2014). O fechamento estomático das plantas de acerola sob condições de estresse salino possivelmente está relacionado à redução da absorção de água e, conseqüentemente, baixa concentração de sais, resultando em atenuação da toxicidade por íons específicos (SYVERTSEN & GARCIA-SANCHEZ, 2014), mas com redução da atividade fotossintética da planta (Figura 2A).

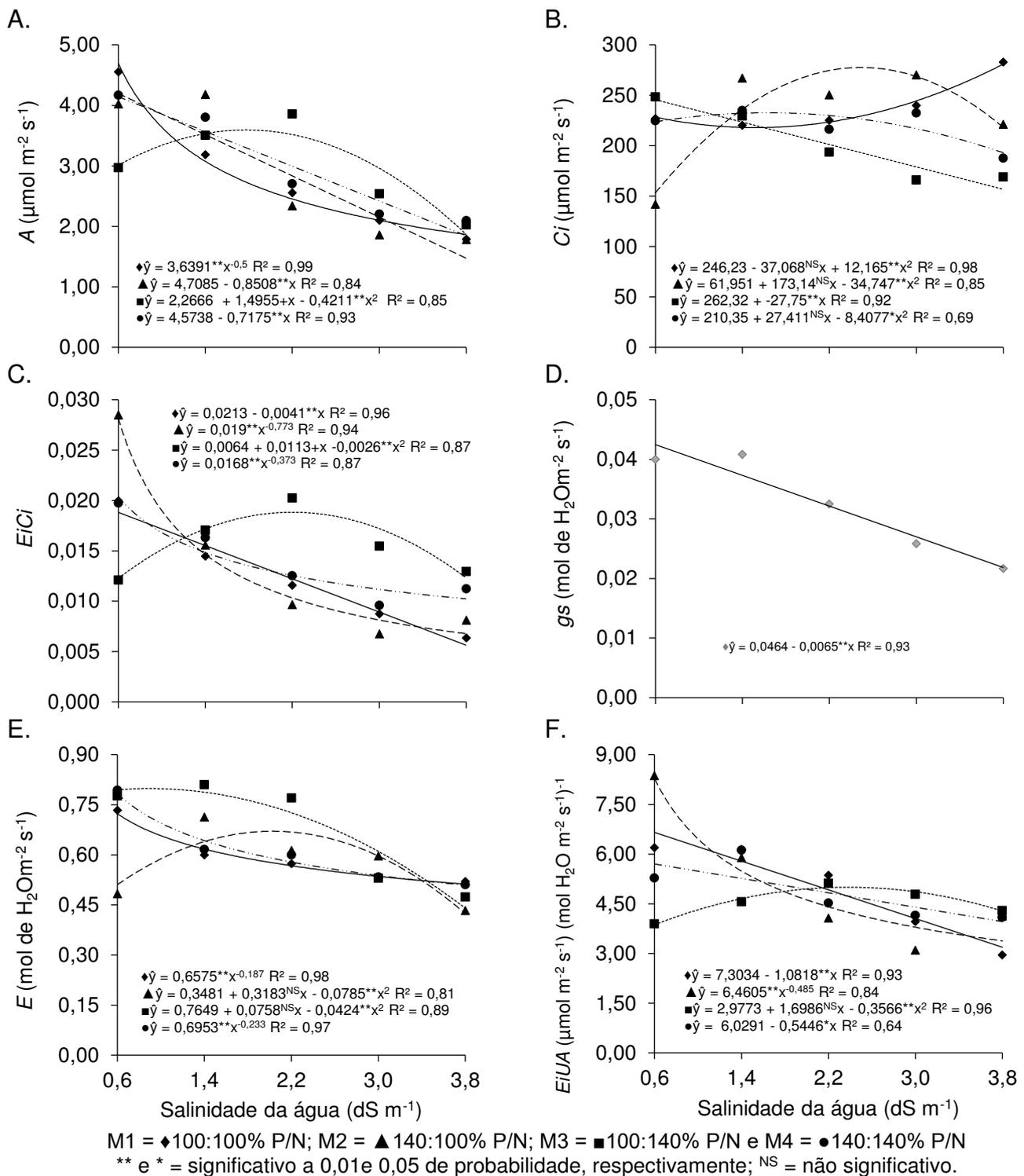


Figura 2. Taxa de assimilação de CO₂ - *A* (A), concentração interna de CO₂ - *C_i* (B), eficiência instantânea da carboxilação - *EiCi* (C), condutância estomática - *gs* (D), transpiração - *E* (E) e eficiência instantânea do uso da água - *EiUA* (F) de aceroleiras irrigadas com água salina e adubadas com proporções de fósforo e nitrogênio aos 45 dias após aplicação dos níveis salinos.

Nas plantas adubadas com 100:100% P/N, também foi verificado aumento na concentração interna de CO₂ (*C_i*) em função do incremento da salinidade da água de irrigação e, com efeito, redução na eficiência instantânea da carboxilação (*E_{iC_i}*), sendo estes mais expressivos a partir de 3,0 dS m⁻¹ (Figuras 2B e C). As reduções na *E_{iC_i}* estão relacionadas a diminuições da fotossíntese (*A*) e do aumento da *C_i*, como consequência do represamento de carbono nas células, devido à baixa eficiência da enzima Ribulose-1,5-bisfosfato carboxilase/oxigenase (RuBisCO) na carboxilação do CO₂, em consequência do estresse salino, indicando que fatores de ordem não estomática atuam sobre a atividade fotossintética das plantas, a exemplo da baixa disponibilidade de potencial redutor (ATP e NADPH) (MACHADO et al., 2010; SILVA et al. 2014; TAIZ et al., 2015).

A taxa de assimilação de CO₂ (*A*) das plantas adubadas na proporção 100:140 P/N foi estimulada pelo aumento da salinidade das águas até o maior valor de 3,59 μmol m⁻² s⁻¹, correspondente à salinidade máxima estimada de 1,8 dS m⁻¹ (Figura 2A). A irrigação das plantas com água de teor salino acima 1,8 dS m⁻¹ promoveu decréscimo da taxa fotossintética para o menor valor de 1,87 μmol m⁻² s⁻¹ nas plantas irrigadas com a água de maior nível salino de 3,8 dS m⁻¹ (Figura 2A). Esse comportamento está em acordo com Sá et al. (2015), ao avaliarem plantas de citros sob salinidade da água de irrigação e registrarem incremento na *A*. Para os mencionados autores, essa situação indica aumento do ajustamento das plantas à salinidade, devido ao aumento na síntese de açúcares, via fotossíntese como meta à atenuação dos efeitos deletérios do sais e estimular aumenta do fluxo de seiva, visando a acelerar a compartimentação de íons tóxicos no vacúolo (VOLKOV & AMTMANN, 2006).

Os resultados para fotossíntese (Figura 2A) nas plantas adubadas com a proporção 100:140% P/N estão em consonância com os de *C_i*, uma vez que a redução na *C_i* está relacionada ao consumo do CO₂ pela enzima RuBisCO e com o aumento na eficiência instantânea de carboxilação (*E_{iC_i}*). De maneira similar ao registrado para taxa de assimilação de CO₂ (*A*), ocorreu também na transpiração (*E*) e na eficiência no uso da água (*E_{iUA}*). O incremento de 40% na dose de N deve ter proporcionado maior síntese de aminoácidos e açúcares solúveis, que contribuem para o ajustamento osmótico das plantas à salinidade (ASHRAF & HARRIS, 2004).

A taxa de assimilação de CO₂ das plantas adubadas com 140:100% P/N e 140:140% P/N foi reduzida significativamente pelo incremento da CEa, com declínio

de 0,85 e 0,72 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ para cada aumento unitário da salinidade da água (Figura 2A). Esses declínios na taxa de assimilação de CO_2 (A) coincidiram com aumento na concentração interna de CO_2 (C_i) nas aceroleiras, em função do aumento da salinidade da água (Figura 2B). O comportamento observado na A e C_i resultou em redução na E_iC_i de 75 e 50% quando comparados os valores obtidos nas plantas submetidas ao maior nível de CEa (3,8 dS m^{-1}) em relação às do menor nível de CEa (0,6 dS m^{-1}) (Figura 2C). Denota-se ação de fatores de ordem não estomática atuando sobre a atividade fotossintética, a exemplo da redução da síntese de ATP e NADPH na fase fotoquímica da fotossíntese (HUSSAIN et al., 2012; SILVA et al., 2014). Esses resultados são relevantes, por terem sido verificadas reduções em transpiração (E) e eficiência de água pelas plantas (E_iUA), decorrente do aumento da salinidade da água de irrigação nesses tratamentos (Figuras 2E e F). O aumento de C_i é evidência de não ter ocorrido restrição no influxo de CO_2 , pelo fechamento estomático, notadamente relacionado aos mecanismos de tolerância desta espécie ao estresse salino. Esse mecanismo de tolerância visa à redução da perda de água e, conseqüentemente, diminuição na absorção de sais dissolvidos na água de irrigação, minimizando os efeitos da toxicidade por íons específicos (SYVERTSEN & GARCIA-SANCHEZ, 2014).

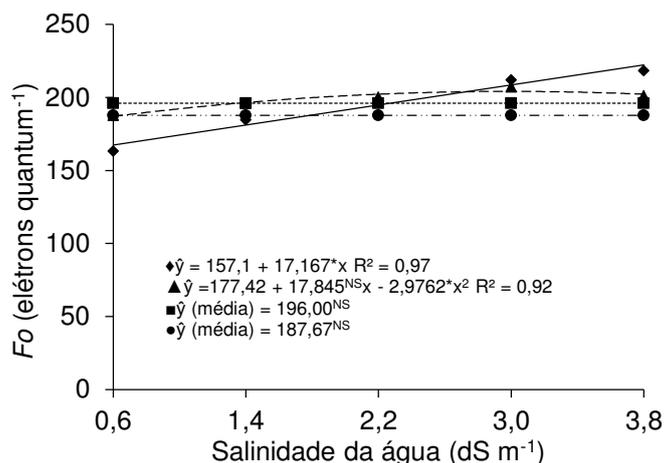
Apesar de o aumento da salinidade da água provocar perdas na atividade fotossintética da aceroleira, a assimilação de carbono das plantas que receberam 40% de fósforo e/ou nitrogênio foi superior à registrada nas cultivadas com 100:100% P/N e irrigadas com águas de salinidade até 3,0 dS m^{-1} . Portanto, o incremento em fósforo e/ou nitrogênio exerceu influência positiva na mitigação dos efeitos decorrente da salinidade da água à cultura.

Para a condutância estomática (g_s), observou-se comportamento linear decrescente, com redução de 0,0065 ($\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$) por aumento unitário na salinidade da água de irrigação (Figura 2D). Constata-se relação direta entre movimento estomático e outros parâmetros de trocas gasosas, como A , C_i , E e E_iUA nas aceroleiras corresponderam a valores indicativos de fechamento estomático. Esses resultados corroboram com os da literatura, principalmente em plantas C3, como é a aceroleira, por serem os estômatos os responsáveis diretos pela regulação das trocas gasosas, de modo que seu fechamento restringe o influxo de CO_2 e a taxa transpiratória, comprometendo também a eficiência instantânea do uso da água (SILVA et al., 2014; SÁ et al., 2015), como observado no trabalho em apreço.

Com relação à fluorescência da clorofila *a*, no tratamento testemunha, em que há equilíbrio entre fósforo e nitrogênio (100:100% P/N), a fluorescência inicial (F_o) foi linear com o incremento da salinidade da água de irrigação, aumentando 10,92% por incremento unitário da CEa. O valor de F_o foi 32,82% maior no tratamento de 3,8 dS m^{-1} , em comparação ao nível de menor concentração de sais. Pode parecer um paradoxo, mas tal incremento não é benéfico para as plantas. Apesar de o tratamento 100:100% P/N também estar com as proporções de fósforo e nitrogênio em equilíbrio, não houve influência da salinidade sobre a fluorescência da clorofila *a* dessas plantas, denotando que o incremento na adubação reduziu os efeitos do estresse salino na fluorescência da clorofila *a* da aceroleira.

Sabe-se que F_o é um importante parâmetro de fluorescência, pois o aumento do seu valor aumenta é indicativo de danos no aparato fotossintético, por ser sinal de perda de energia luminosa, devido a estar em estado de oxidação a quinona (receptora primária de elétrons) no centro de reação (P680), prejudicando a transferência de energia do fotossistema II (PSII) (MENDONÇA et al., 2010; HUSSAIN et al., 2012; SILVA et al., 2014). Nas plantas que receberam suplementação de P e/ou N (100:140% P/N; 140:100% P/N; 140:140% P/N), não se observou aumento dos índices de F_o , mesmo com incremento da concentração de sais na água de irrigação (Figura 3). Portanto, em aceroleira a suplementação de fósforo e/ou nitrogênio favoreceu o balanço energético dos processos fotossintéticos, por ter se refletido em queda da fluorescência inicial ou evitar que esse índice aumentasse nos níveis mais altos de condutividade elétrica da água de irrigação (MAXWELL & JOHNSON, 2000).

Mesmo sendo constatada variação de F_o , a fluorescência variável (F_v) e máxima (F_m) não foram afetados pelos níveis de salinidade. Para Maxwell & Johnson (2000) e Baker & Rosenqvist (2004), percebe-se adequada estabilidade energética devido à eficiência quântica do fotossistema II (F_v/F_m) não sofrer redução nem mesmo nas plantas irrigadas com água de maior salinidade (3,8 dS m^{-1}) durante 45 dias. A estabilidade energética das plantas, quando submetidas à adubação suplementar com nitrogênio (Figura 3), pode estar relacionada à sua ação mitigadora em situações de estresse, devido à sua funcionalidade no ajustamento osmótico (osmólitos protetores) e na proteção de macromoléculas contra as espécies reativas de oxigênio (ESTEVES & SUZUKI, 2008; GUPTA & HUANG, 2014).

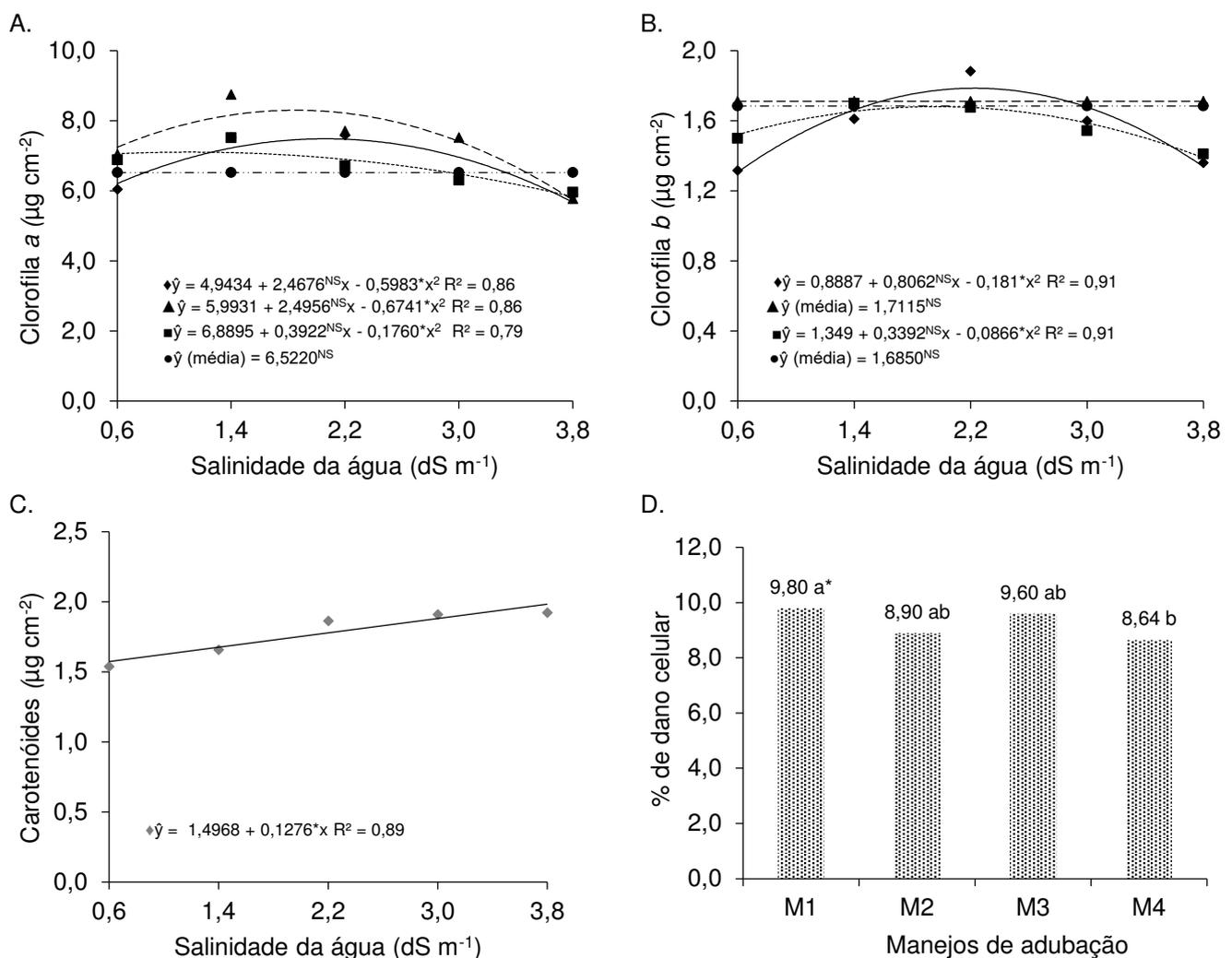


M1 = ♦100:100% P/N; M2 = ▲140:100% P/N; M3 = ■100:140% P/N e M4 = ●140:140% P/N
 * e ^{NS} = significativo a 0,05 de probabilidade e não significativo, respectivamente.

Figura 3. Fluorescência inicial (F_o) de aceroleiras irrigadas com água salina e adubadas com proporções de fósforo e nitrogênio aos 45 dias após aplicação dos níveis salinos.

Os teores de clorofila *a* e *b* das plantas tratadas com a proporção 140:140 P/N possibilitaram médias de 6,52 e 1,69 $\mu\text{g cm}^{-2}$, respectivamente (Figuras 4A e B). Para os teores de clorofila *a* e *b*, foi verificado comportamento quadrático nos demais manejos de adubação, com exceção das plantas adubadas com 140:100% P/N, que apresentaram tendências semelhantes ao tratamento 140:140% P/N, apresentando teor médio de clorofila *b* de 1,71 $\mu\text{g cm}^{-2}$ (Figura 4B). Para os manejos, foi verificada síntese máxima de clorofila sob os níveis de CEa 2,06, 1,11 e 1,85 dS m^{-1} para a clorofila *a* nos tratamentos 100:100% P/N, 100:140% P/N e 140:100% P/N e sob os níveis de salinidade 2,23 e 1,96 dS m^{-1} para a clorofila *b* nos tratamentos 100:100% P/N e 100:140% P/N, respectivamente (Figuras 4A, B e C).

O aumento nos teores de ambas as clorofila (*a* e *b*) em função do aumento da salinidade nas proporções de adubação 140:100% P/N e 100:140% P/N, como também a ausência do efeito do estresse salino sobre essas variáveis no tratamento 140:140% P/N, é indicativo de que o incremento na adubação é eficiente na mitigação do estresse salino sobre as plantas de aceroleira até os níveis próximos a 2,5 dS m^{-1} , tendo em vista aumento nos teores de clorofila, tornando a interceptação luminosa mais eficiente, mesmo com a redução no número de folhas. Além disso, o aumento dos teores de clorofila indica baixa ação da enzima clorofilase responsável pela sua degradação (TAIZ et al., 2015), o que pode estar relacionado à ação protetora dos carotenoides.



M1 = \blacklozenge 100:100% P/N; M2 = \blacktriangle 140:100% P/N; M3 = \blacksquare 100:140% P/N e M4 = \bullet 140:140% P/N
 * e ^{NS} = significativo a 5% ($p < 0,05$) de probabilidade e não significativo, respectivamente. Médias com letras diferentes significa que os tratamentos diferem entre si pelo teste de Tukey, $p < 0,05$.

Figura 4. Teores de clorofila a (A), b (B), carotenóides (C) e % de dano celular nas folhas (D) de aceroleiras irrigadas com água salina e adubadas com proporções de fósforo e nitrogênio aos 45 dias após aplicação dos níveis salinos.

Para os teores de carotenóides, verificamos incrementos lineares crescentes conforme o aumento da salinidade da água de irrigação, sendo constatados incrementos unitários de $0,13 \mu\text{g cm}^{-2}$ de carotenóides por dS m^{-1} (Figura 4C). Os carotenóides podem atuar como agentes antioxidantes, os quais protegem as membranas lipídicas do estresse oxidativo gerado nas plantas expostas à salinidade (FALK & MUNNÉ-BOSCH, 2010). Assim, o aumento dos teores de carotenóides está relacionado à intensificação dos efeitos do estresse salino sobre as plantas de aceroleira, provavelmente relacionado à degradação das moléculas de clorofila.

Para a % de dano na membrana celular avaliada mediante o extravasamento de eletrólitos foliar, verificou-se que as plantas do manejo M1 apresentaram as maiores percentagens de danos nas folhas. As plantas do manejo M4 apresentaram as menores percentagens de danos nas folhas, e que as plantas do manejo M2 obtiveram os índices mais próximos a essa. É possível verificar que as plantas que receberam maiores doses de N em relação ao P apresentaram maiores danos nas células foliares. Os menores danos nas plantas que receberam maiores doses de P pode estar relacionados à função estrutural do fósforo como constituinte básico dos fosfolipídios presentes na membrana plasmática (TAIZ et al., 2015), conferindo maior integridade às membranas.

A taxa média de crescimento absoluto em diâmetro do porta-enxerto (TCA-DPE) aumentou com o incremento da salinidade da água de irrigação até a condutividade elétrica máxima estimada de $1,9 \text{ dS m}^{-1}$, atingindo o maior valor de $0,038 \text{ cm dia}^{-1}$. A irrigação com águas de salinidade superior a $1,9 \text{ dS m}^{-1}$ inibiu a velocidade de crescimento em 34,2% entre as plantas irrigadas com águas de $1,9$ e $3,8 \text{ dSm}^{-1}$ (Figura 5A). Na TCA-DC, observou-se o maior índice de crescimento quando as plantas foram irrigadas com as condutividades elétricas de $1,53$; $1,48$; $1,50$ e $1,93 \text{ dS m}^{-1}$ para aos tratamentos 100:100% P/N, 100:140% P/N; 140:100% P/N e 140:140% P/N, correspondente às TCA-DE de $0,019$; $0,021$; $0,024$ e $0,025 \text{ mm dia}^{-1}$, respectivamente (Figura 5B). Diante dos resultados, as plantas adubadas com as proporções 100:140% P/N, 140:100% P/N e 140:140% P/N obtiveram taxas de crescimento absoluto do enxerto superiores em 9,5, 20,8 e 24,0% em relação ao tratamento 100:100% P/N.

O crescimento relativo pelos diâmetros do porta-enxerto e da copa das plantas de aceroleira adubadas com 100% da recomendação de nitrogênio e fósforo foram reduzidos pelo aumento da salinidade da água de irrigação. Entretanto, nos tratamentos em que houve incremento das doses de fósforo e/ou nitrogênio houve comportamento quadrático do crescimento em diâmetro do porta-enxerto em função do aumento da salinidade, corroborando com os resultados do TCA-DE (Figura 2E e F). Tal resultado demonstra que o maior fornecimento de P e N no solo influencia diretamente no desempenho de crescimento das plantas, de modo que o aumento da disponibilidade destes para planta, principalmente na ação conjunta, aumenta a TCR da planta sob estresse salino.

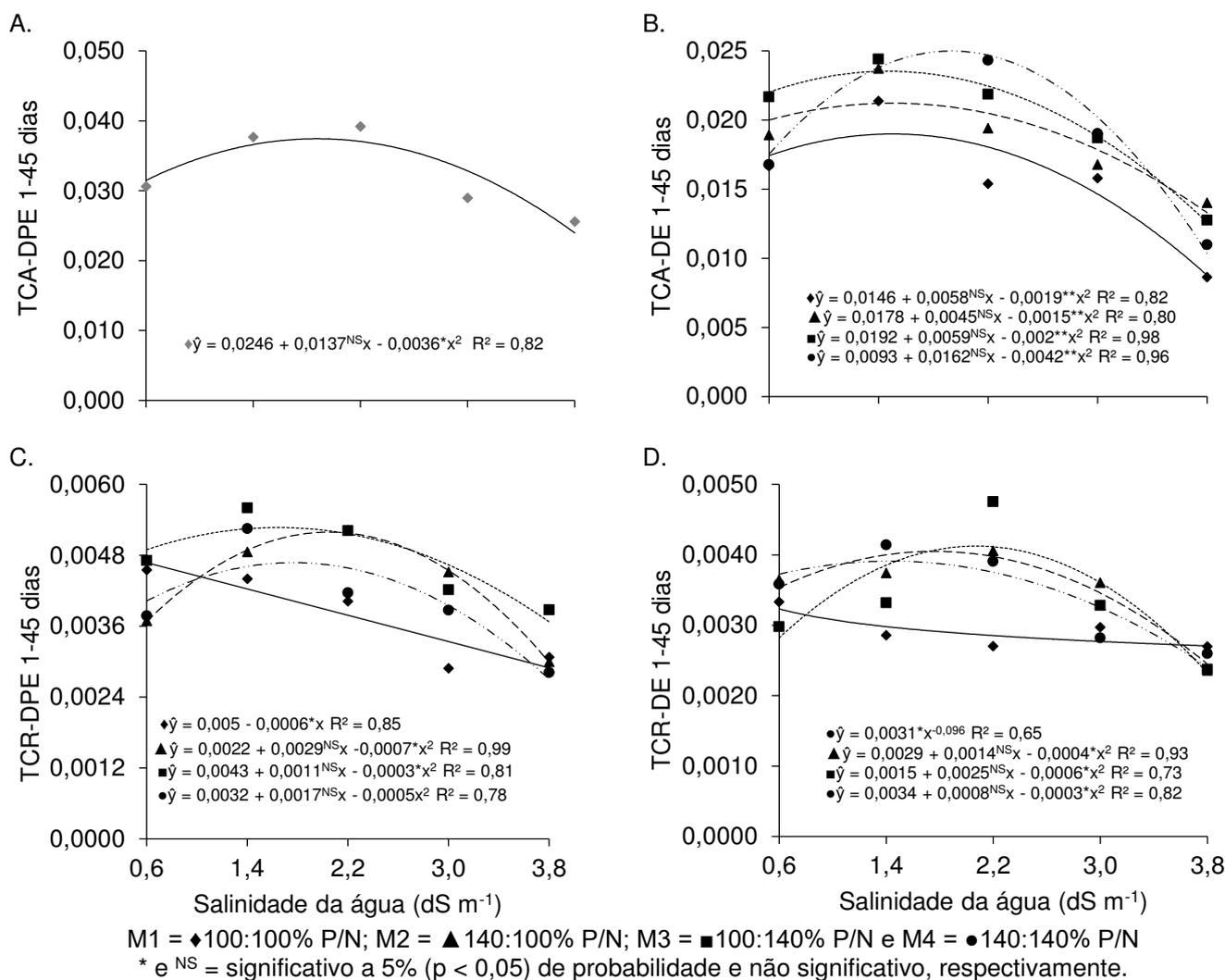


Figura 5. Taxa de crescimento absoluto (TCA) do diâmetro do porta-enxerto-DPE, mm dia⁻¹ (A) e do enxerto-DE, mm dia⁻¹ (B), taxa de crescimento relativo (TCR) do diâmetro do porta-enxerto-DPE, mm mm⁻¹ dia⁻¹ (C) e do enxerto-DC, mm mm⁻¹ dia⁻¹ (D) de aceroleiras irrigadas com água salina e adubadas com proporções de fósforo e nitrogênio aos 45 dias após aplicação dos níveis salinos.

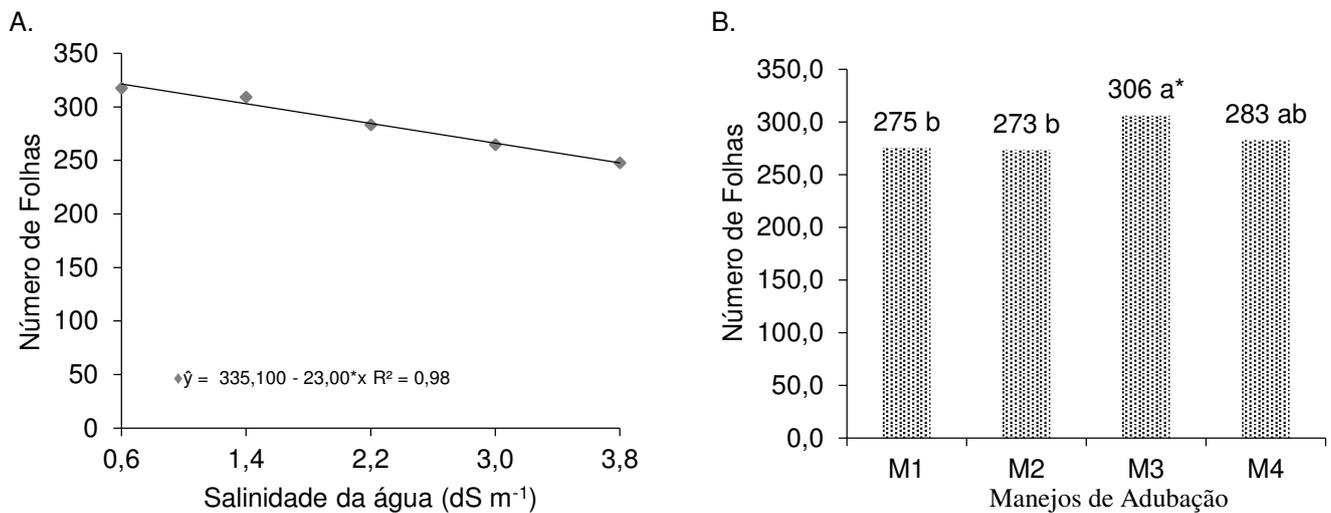
Na fase de formação de mudas, aos 90 dias após a emergência, Gurgel et al. (2003a, b) concluíram que a salinidade da água de irrigação superior a 1,16 dS m⁻¹ compromete crescimento inicial da aceroleira. Na fase após transplanto, verifica-se maior tolerância das plantas às condições de estresse salino, suportando níveis de até 2,5 dS m⁻¹ em média, principalmente quando há acréscimo no suprimento de fósforo e nitrogênio. Segundo Epstein & Bloom (2006), o estresse nutricional ocasionado pela salinidade é menos marcante do que o estresse iônico específico e osmótico. No entanto, os desequilíbrios nutricionais provocados pelo excesso de sais

na absorção e transporte de nutrientes afetam consideravelmente o desenvolvimento vegetal. Essa situação está em acordo com o crescimento absoluto e relativo na fase vegetativa, haja vista que as plantas que rebem maiores doses de fósforo e nitrogênio sofreram menor inibição do crescimento com o aumento da salinidade da água de irrigação.

Ação positiva do nitrogênio e do fósforo na mitigação do estresse salino em plantas já foi verificada na literatura (OLIVEIRA et al., 2010; FURTADO et al., 2014; GUEDES FILHO et al., 2015; SOUZA et al., 2016; SÁ et al., 2017). Os autores atribuem essa mitigação à redução do estresse nutricional, e as funções inerentes destes nutrientes, como participante na síntese de biomoléculas e formação de compostos compatíveis (glicina e prolina, dentre outros) e no aporte de energia e no transporte de elétrons, e da competição dos íons amônio e nitrato com os sais de NaCl. Entretanto, as respostas positivas da interação fósforo e nitrogênio na redução dos efeitos ocasionados pelo estresse salino sob o crescimento da aceroleira podem estar relacionados à ação sinérgica desses atuando sobre a atividade fotossintética, de modo que o nitrogênio é constituinte da molécula de clorofila responsável pela captação de energia luminosa e o fosforo é constituinte básico das moléculas de trifosfato de adenosina-ATP responsável por armazenar energia e doar elétrons para manutenção da fase bioquímica da fotossíntese (TAIZ et al., 2015). Com isso, a intensificação da atividade fotossintética permite aumento do fluxo de solutos no interior da planta, facilitando a expressão de mecanismos de tolerância e minimizando os efeitos deletérios do estresse salino (SÁ et al., 2015).

O aumento da salinidade da água de irrigação reduziu linearmente a emissão de folhas da aceroleira em 6,8% para aumento unitário da CEa, o que equivale à perda de 23 folhas para cada incremento unitário da CEa (Figura 6A). Comparativamente, as plantas cultivadas com o maior nível salino ($3,8 \text{ dS m}^{-1}$) sofreram redução no número de folhas de 23% em relação àquelas irrigadas a água $0,6 \text{ dS m}^{-1}$. Essa redução e, conseqüentemente, da área foliar pode ser considerada um mecanismo de tolerância da planta em minimizar as perdas de água por transpiração, mantendo um potencial hídrico celular elevado e, conseqüentemente, diminuição na absorção de água e solutos, principalmente de cloreto de sódio, evitando a toxicidade por íons específicos (ESTEVES & SUZUKI, 2008; MUNS & TESTER, 2008; SYVERTSEN & GARCIA-SANCHEZ, 2014). Resultados semelhantes foram verificados por Gurgel et al. (2003b), que, avaliando o crescimento inicial da aceroleira na fase de formação de

porta-enxertos sob condições de estresse salino, verificaram que o aumento da salinidade também reduziu em 32% a emissão de folhas das plantas de aceroleira.



M1 = 100:100% P/N; M2 = 140:100% P/N; M3 = 100:140% P/N e M4 = 140:140% P/N

* = significativo a $p < 0,05$ de probabilidade. Médias com letras diferentes significa que os tratamentos diferem entre si pelo teste de Tukey, $p < 0,05$.

Figura 6. Número de folhas de aceroleiras irrigadas com água salina e adubadas com proporções de fósforo e nitrogênio aos 45 dias após aplicação dos níveis salinos.

Quanto às proporções de P e N, verifica-se que o incremento de 40% na dose recomendada de nitrogênio aumentou significativamente o número de folhas das plantas, independentemente do nível de salinidade ou a superioridade da proporção de fósforo em relação à de nitrogênio (Figura 6B). Fato considerado importante, tendo em vista o aumento do número de folhas ser um indicativo do incremento da área foliar. O maior crescimento das plantas nos tratamento com maiores doses de N podem estar diretamente relacionado à ação positiva do nitrogênio sobre fotossíntese (EPSTEIN & BLOOM, 2006; TAIZ et al., 2015).

4. CONCLUSÕES

O aumento da salinidade da água de irrigação reduz as trocas gasosas das plantas, mas o aumento do fornecimento de nitrogênio 100:140% de P/N aumenta a atividade fotossintética da aceroleira em níveis superiores ao da proporção 100:100% de P/N, quando irrigadas com CEa de até 3,0 dS m⁻¹.

A ação conjunta de nitrogênio e fósforo, nas doses de 140:140% P/N, aumenta a turgência foliar e reduzem a percentagem de danos celulares nas folhas das plantas de aceroleira, independentemente do nível salino da água de irrigação.

O aumento das proporções de fósforo e/ou nitrogênio promove a síntese de pigmentos e crescimento em diâmetro do porta-enxerto e do enxerto das plantas de aceroleira irrigadas com água de até 3,0 dS m⁻¹.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADRIANO, E.; LEONEL, S.; EVANGELISTA, R. M. Qualidade de fruto da aceroleira cv. Olivier em dois estádios de maturação. **Revista Brasileira Fruticultura**, v. 33, n. Especial, p. 541-545, 2011.
- ASHRAF, M.; HARRIS, P. J. C. Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. **Plant Science**, v. 166, n. 1, p. 3-16, 2004.
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **Qualidade da água na agricultura**. 2.ed. Campina Grande: UFPB,. 1999. 153p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29).
- BAKER, N. R.; ROSENQVST, E. Application of chlorophyll fluorescence can improve crop production strategies: an examination of future possibilities. **Journal of Experimental Botany**, v. 55, n. 403, p. 1607-1621, 2004
- BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas**: Noções básicas. Jaboticabal: Funep, 2003.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília, DF: Embrapa Solos, 2009. 627 p.
- EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição mineral de plantas**: Princípios e perspectivas. 2.ed. Londrina: Planta, 2006.
- ESASHIKA, T.; OLIVEIRA, L. A.; MOREIRA, F. W. Resposta da aceroleira a adubação orgânica, química e foliar num Latossolo da Amazônia Central. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 36, n. 4, p. 399-410, 2013.
- ESTEVES, B.S.; SUZUKI, M.S. Efeito da salinidade sobre as plantas. **Oecologia Brasiliensis**, v. 12, n. 4, p. 662-679, 2008.

- FALK, J., MUNNÉ-BOSCH, S. Tocochromanol functions in plants: antioxidation and beyond. **Journal and Experimental Botany**, v. 61, n. 4, p. 1549-1566, 2010.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: A computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.
- FURTADO, G. F.; SOUSA JUNIOR, J. R.; XAVIER, D. A.; ANDRADE, E. M. G.; SOUSA, J. R. M. Pigmentos fotossintéticos e produção de feijão *Vigna unguiculada* L. Walp sob salinidade e adubação nitrogenada. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 9, n. 2, p. 291-299, 2014.
- GUEDES FILHO, D. H.; SANTOS, J. B.; GHEYI, H.R.; CAVALCANTE, L. F.; SANTOS JUNIOR, J. A. Componentes de produção e rendimento do girassol sob irrigação com águas salinas e adubação nitrogenada. **Irriga**, v. 20, n. 3, p. 514-527, 2015.
- GUPTA, B.; HUANG, B. Mechanism of salinity tolerance in plants: physiological, biochemical, and molecular characterization. **International Journal of Genomics**, v. 2014, n. 1, p. 1-18, 2014.
- GURGEL, M. T.; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R.; SANTOS, F. J. S.; BEZERRA, I. L.; NOBRE, R. G. Índices fisiológicos e de crescimento de um porta-enxerto de aceroleira sob estresse salino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 7, n. 3, p. 451-456, 2003a.
- GURGEL, M. T.; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R.; SANTOS, F. J. S.; BEZERRA, I. L.; NOBRE, R. G. Estresse salino na germinação e formação de porta-enxerto de aceroleira. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 7, n. 1, p. 31-36, 2003b.
- HUSSAIN, S.; LURO, F.; COSTANTINO, G.; OLLITRAULT, P.; MORILLON, R. Physiological analysis of salt stress behavior of citrus species and genera: Low chloride accumulation as an indicator of salt tolerance. **South African Journal of Botany**, v. 81, n. 7, p. 103-112, 2012.
- LACERDA, C. F.; MORAIS, H. M. M.; PRISCO, J. T.; GOMES FILHO, E.; BEZERRA, M. A. Interação entre salinidade e fósforo em plantas de sorgo forrageiro. **Revista Ciências Agrônômica**, v. 37, n. 3, p. 258-263, 2006.
- LEONARDO, M.; BROETTO, F.; BOAS, R. L. V.; MARCHESE, J. A.; TONIN, F. B.; REGINA, M. Estado nutricional e componentes da produção de plantas de pimentão

- conduzidas em sistema de fertirrigação durante indução de estresse salino em cultivo protegido. **Bragantia**, v. 67, n. 4, p. 883-889, 2008.
- LICHTENTHALER, H. K. Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembranes. In: PACKER, L.; DOUCE, R. (org.). **Methods in enzymology**. London: Academic Press, 1987. p. 350-382.
- LIMA, G. S.; GHEYI, H. R.; NOBRE, R. G.; SOARES, L. A. A.; XAVIER, D. A.; SANTOS JUNIOR, J. A. Water relations and gas exchange in castor bean irrigated with saline water of distinct cationic nature. **African Journal of Agricultural Research**, v. 10, n. 13, p. 1581-1594, 2015.
- MACHADO, D. F. S. P.; MACHADO, E. C.; MACHADO, R. S.; RIBEIRO, R. V. Efeito da baixa temperatura noturna e do porta-enxerto na variação diurna das trocas gasosas e na atividade fotoquímica de laranja 'Valência'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 2, p. 351-359, 2010.
- MAXWELL, K.; JOHNSON, G. N. Chlorophyll fluorescence: a practical guide. **Journal of Experimental Botany**, v. 51, n. 3, p. 659-668, 2000.
- MEDEIROS, J. F. DE; LISBOA, R. A.; OLIVEIRA, M.; SILVA JÚNIOR, M. J.; ALVES, L. P. Caracterização das águas subterrâneas usadas para irrigação na área produtora de melão da Chapada do Apodi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 7, n. 3, p. 469- 472, 2003.
- MUNNS, R.; TESTER, M. Mechanism of salinity tolerance. **Annual Review of Plant Biology**, v. 59, n. 3, p. 651-681, 2008.
- MUSSER, R. S. Tratos culturais na cultura da acerola. In: SÃO JOSÉ, A. R.; ALVES, R. E. (org.). **Acerola no Brasil: Produção e mercado**. Vitória da Conquista: DFZ/UESB. 1995. p. 47-52.
- OLIVEIRA, F. R. A.; OLIVEIRA, F. A. O.; MEDEIROS, J. F.; SOUSA, V. F. L.; FREIRE, A. G. Interação entre salinidade e fósforo na cultura do rabanete. **Revista Ciências Agrônômica**, v. 41, n. 3, p. 519-526, 2010.
- SÁ, F. V. S.; BRITO, M. E. B.; SILVA, L. A.; MOREIRA, R. C. L.; FERNANDES, P. D.; FIGUEIREDO, L. C. Fisiologia da percepção do estresse salino em híbridos de tangerineira - Sunki Comum sob solução hidropônica salinizada. **Comunicata Scientiae**, v. 6, n. 4, p. 463-470, 2015.

- SÁ, F. V. S.; BRITO, M. E. B.; SILVA, L. A.; MOREIRA, R. C. L.; FERNANDES, P. D.; FIGUEIREDO, L. C.; MELO, A. S.; PAIVA, E. P. Physiology and phytomass of saccharine sorghum (*Sorghum bicolor*) in saline-sodic soil treated with correctives and single superphosphate. **Australian Journal of Crop Science**, v. 11, n.10, p. 1290-1296, 2017.
- SANTANA, M. J.; CARVALHO, J. A.; SILVA, E. L.; MIGUEL, D. S. Efeito da irrigação com água salina em um solo cultivado com o feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 27, n. 2, p. 443-450, 2011.
- SANTOS, R. V.; CAVALCANTE, L. F.; VITAL, A. F. M. Interações salinidade fertilidade do solo. In: GHEYI, H. R.; LACERDA, C. F.; DIAS, N. S. (org.). **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: INCT Sal, 2010. p. 221-250.
- SCOTT CAMPOS, P.; THU PHAN THI, A. Effect of abscisic acid pretreatment on membrane leakage and lipid composition of *Vigna unguiculata* leaf discs subject to osmotic stress. **Plant Science**, v. 130, n. 1, p. 11-18, 1997.
- SILVA, L. A. S.; BRITO, M. E. B.; SÁ, F. V. S.; MOREIRA, R. C. L. M.; SOARES FILHO, W. S.; FERNANDES, P. D. Mecanismos fisiológicos em híbridos de citros sob estresse salino em cultivo hidropônico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. Especial, p. S1-S7, 2014.
- SOUZA, L. P.; NOBRE, R. G.; SILVA, E. M.; LIMA, G. S.; PINHEIRO, F. W. A.; ALMEIDA, L. L. S. Formation of Crioula guava rootstock under saline water irrigation and nitrogen doses. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, n. 8, p. 739-745, 2016.
- SUASSUNA, J. F.; FERNANDES, P. D.; BRITO, K. S. A.; NASCIMENTO, R.; MELO, A. S.; BRITO, M. E. B. Trocas gasosas e componentes de crescimento em porta-enxertos de citros submetidos à restrição hídrica. **Irriga**, v. 19, n. 3, p. 464-477, 2014.
- SYVERTSEN, J. P.; GARCIA-SANCHEZ, F. Multiple abiotic stresses occurring with salinity stress in citrus. **Environmental and Experimental Botany**, v. 103, n. 1, p. 128–137, 2014.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Plant physiology and development**. 6^a. Ed. New York: Sinauer Associates, 2015.

VOLKOV, V.; AMTMANN, A. *Thellungiella halophila*, a salt-tolerant relative of *Arabidopsis thaliana*, has specific root ion-channel features supporting K⁺/Na⁺ homeostasis under salinity stress. **The Plant Journal**, v. 48, n. 3, p. 342–353, 2006.

CAPÍTULO IV

**ASPECTOS FISIOLÓGICOS DA ACEROLEIRA IRRIGADA COM
ÁGUA SALINA SOB PROPORÇÕES DE P/N: FASE
VEGETATIVA/REPRODUTIVA**

ASPECTOS FISIOLÓGICOS DA ACEROLEIRA IRRIGADA COM ÁGUA SALINA SOB PROPORÇÕES DE P/N: FASE VEGETATIVA/REPRODUTIVA

RESUMO: Objetivou-se com este trabalho avaliar a interação da salinidade da água e proporções de fósforo e nitrogênio nos índices fisiológicos da aceroleira na transição entre a fase vegetativa e reprodutiva. O experimento foi desenvolvido em ambiente protegido, em lisímetros com Neossolo Regolítico; o delineamento foi o de blocos casualizados com os tratamentos arranjados em esquema fatorial 5 x 4, referentes aos níveis de condutividade elétrica da água de irrigação - CEa (0,6; 1,4; 2,2; 3,0 e 3,8 dS m⁻¹) e quatro proporções percentuais de fósforo e nitrogênio P/N (100:100; 140:100; 100:140 e 140:140% P/N), com três repetições. As doses de fósforo e nitrogênio correspondentes a 100% da recomendação de adubação fosfatada e nitrogenada foram de 45,0 g de P₂O₅ planta ano⁻¹ e 23,85 g de N planta ano⁻¹, respectivamente. Durante a condução do experimento, as plantas de aceroleira foram avaliadas quanto aos aspectos fisiológicos e de crescimento. A irrigação com água de condutividade elétrica de até 2,2 dS m⁻¹ é viável para o cultivo da acerola. Em níveis acima deste, a atividade fotossintética e a síntese e funcionalidade dos pigmentos e o crescimento das plantas de aceroleira são comprometidos. O aumento da salinidade da água não interferiu na eficiência quântica do fotossistema II das plantas de aceroleira que receberam 40% a mais de fósforo. O incremento de 40% de nitrogênio aumenta a síntese de clorofila b e carotenoides e a eficiência quântica do fotossistema II das plantas de acerola, quando irrigadas com água salina de até 2,2 dS m⁻¹.

Palavras-chave: *Malpighia emarginata* L., crescimento, fisiologia, estresse salino, adubação.

PHYSIOLOGICAL ASPECTS OF THE WEST INDIAN CHERRY IRRIGATED WITH SALINE WATER UNDER P/N PROPORTIONS: VEGETATIVE/REPRODUCTIVE PHASE

ABSTRACT: The objective of this work was to evaluate the interaction of water salinity and proportions of phosphorus and nitrogen in the physiological indexes of the West

India Cherry in the transition between the vegetative and reproductive phases. The experiment was carried out in a protected environment, in lysimeters with Neosol Regolítico; the design was randomized blocks with the treatments arranged in a 5 x 4 factorial scheme, referring to the levels of electrical conductivity of the irrigation water - CEa (0.6, 1.4, 2.2, 3.0 and 3, 8 dS m⁻¹) and four percent proportions of phosphorus and nitrogen P/N (100:100, 140:100, 100:140 and 140:140% P/N), with three replicates. Phosphorus and nitrogen doses corresponding to 100% of the recommendation for phosphate and nitrogen fertilization were 45.0 g of P₂O₅ plant year⁻¹ and 23.85 g of N plant year⁻¹, respectively. During the conduction of the experiment, the acerola plants were evaluated for physiological and growth aspects. Irrigation with water of electrical conductivity of up to 2.2 dS m⁻¹ is feasible for the cultivation of the West India Cherry, at levels above this the photosynthetic activity and the synthesis and functionality of the pigments and the growth of the West India Cherry plants are compromised. The increase in water salinity did not interfere with the quantum efficiency of photosistema II of the acerola plants that received 40% more phosphorus. The 40% increase in nitrogen increases the synthesis of chlorophyll b and carotenoids and the quantum efficiency of photosistema II of the West India Cherry plants when irrigated with saline water up to 2.2 dS m⁻¹.

Keywords: *Malpighia emarginata* L., growth, physiology, saline stress, fertilization.

1. INTRODUÇÃO

A aceroleira (*Malpighia emarginata* L.) é uma frutífera tropical, cujos frutos se destacam pelo elevado teor de vitamina C, o qual varia de 1000 a 1800 mg 100g⁻¹ (CUNHA NETO et al., 2012). No Brasil, estima-se que a cultura ocupe uma área da ordem de 10.000 ha e os estados mais produtivos são Bahia, Ceará, Paraíba e Pernambuco, responsáveis por 60% da produção nacional (ESASHIKA et al., 2013).

Apesar da expressiva contribuição da cultura da aceroleira para a região Nordeste do país, sua produtividade é limitada por inúmeros fatores bióticos e abióticos, dentre os quais se destacam a disponibilidade e qualidade de água para irrigação, o manejo da adubação, baixa pluviosidade e irregularidade das chuvas nas áreas semiáridas. O uso de água com a presença de grande quantidade de sais poderá inibir o crescimento e a produção dos vegetais devido à redução do potencial osmótico na solução do solo, podendo ocasionar também a toxicidade iônica,

desequilíbrios nutricionais ou ambos simultaneamente, devido à acumulação excessiva de cloreto e sódio no protoplasma (MUNNS & TESTER, 2008; SYVERTSEN & GARCIA-SANCHEZ, 2014; SÁ et al., 2015). Outra inconveniência é a sensibilidade das plantas aos sais, que varia com a espécie, concentração e natureza iônica dos sais, período de exposição, estágio fenológico, disponibilidade de nutrientes, como N, P e K, bem como da interação entre eles (ASHRAF & HARRIS, 2004; ESTEVES & SUZUKI, 2008).

Além dos problemas de salinidade, os solos da região Nordeste do país ainda enfrentam problemas quanto à fertilidade natural, a exemplo dos baixos teores iniciais de fósforo e nitrogênio, que têm limitado o rendimento das culturas (SOUZA et al., 2009). O fósforo é um dos nutrientes mais importantes para a atividade celular, pois é parte integrante de moléculas ricas em energia e da própria estrutura dos ácidos nucléicos, de modo que sua baixa disponibilidade limita o desenvolvimento das culturas desde sua fase inicial (EPSTEIN & BLOOM, 2006). O nitrogênio, por sua vez, é o nutriente mais exigido pela planta, por desempenhar função estrutural e faz parte de diversos compostos orgânicos vitais para o vegetal, a exemplo de compostos nitrogenados de baixo peso molecular (aminoácidos, glicinabetaína, prolina, oligossacarídeos, etc), que atuam no ajustamento osmótico das plantas sob condições de salinidade (ESTEVES & SUZUKI, 2008). Assim, é esperado que a adubação nitrogenada e fosfatada atenuem os efeitos da salinidade sob as plantas, viabilizando o uso sustentável de águas salobras, garantido a produção agrícola (RIBEIRO et al., 2016; SOUZA et al., 2016; SÁ et al., 2017).

O monitoramento dos efeitos do estresse salino em plantas torna-se necessário ao entendimento do comportamento fisiológico das plantas sob estresse salino (HABIBI & AMIRI, 2013; SÁ et al., 2015). Neste contexto, se insere também a importância da interação entre a salinidade da água e a fertilidade do solo. Diante do exposto, objetivou-se com este trabalho avaliar a interação da adubação com nitrogênio e fósforo e da irrigação com água salina sobre os índices fisiológicos da aceroleira na transição entre as fases vegetativa e reprodutiva.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido em casa de vegetação do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais (CTRN) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), localizado no município de Campina Grande, Paraíba, PB, nas coordenadas

geográficas 7°15'18" de latitude Sul, 35°52'28" de longitude Oeste e altitude média de 550 m.

O experimento foi instalado no delineamento de blocos casualizados com os tratamentos arranjos em esquema fatorial 5 x 4, referente aos níveis níveis de condutividade elétrica da água de irrigação - CEa (0,6; 1,4; 2,2; 3,0 e 3,8 dS m⁻¹) e quatro proporções percentuais de fósforo e nitrogênio P/N (100:100; 140:100; 100:140 e 140:140% P/N), com três repetições de uma planta por parcela. A aplicação de 100% da adubação fosfatada (45,0 g de P₂O₅ planta ano⁻¹) e nitrogenada (23,85 g de N planta ano⁻¹) foi baseada em recomendações de Musser (1955).

O material de solo utilizado no preenchimento dos lisímetros foi um Neossolo Regolítico de textura franco-argilosa (profundidade de 0-30 cm), procedente do município de Esperança-PB. Os atributos químicos e físicos do solo foram determinados conforme as metodologias contidas em EMBRAPA (2009) e estão na Tabela 1.

Tabela 1. Características químicas e físico-hídricas do solo utilizado no experimento.

Características químicas											
pH (H ₂ O)	M.O	P	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H ⁺ + Al ³⁺	PST	CEes		
(1:2,5)	dag kg ⁻¹	(mg kg ⁻¹)	(cmol _c kg ⁻¹)							%	(dS m ⁻¹)
5,63	1,830	18,20	0,21	0,17	3,49	2,99	5,81	2,48	0,61		
Características físicas											
Fração granulométrica (g kg ⁻¹)			Classe textural	Umidade (kPa)		AD	Porosidade total	Ds	Dp		
Areia	Silte	Argila		33,42	1519,5						
573	101	326	FA	12,68	4,98	7,70	0,5735	1,13	2,65		

M.O – Matéria orgânica: Digestão Úmida Walkley-Black; Ca²⁺ e Mg²⁺ extraídos com KCl 1 mol L⁻¹ pH 7,0; Na⁺ e K⁺ extraídos utilizando-se NH₄OAc 1 mol L⁻¹ pH 7,0; Al³⁺ e (H⁺+ Al³⁺) extraídos utilizando-se CaOAc 1 mol L⁻¹ pH 7,0; CEes – condutividade elétrica do extrato de saturação do solo; FA – Franco Argiloso; AD – Água disponível; DA- Densidade do solo; DP- Densidade de partículas.

As plantas de aceroleira foram desenvolvidas em lisímetros, preenchidos com 235 kg de solo, cada lisímetro apresentava dois drenos de 18 mm espaçados equidistantemente nas extremidades. Sobre cada dreno, foi colocado um tecido geotêxtil (tipo Bidin) e uma camada de 0,5 kg de brita. A água de drenagem foi coletada com auxílio de duas garrafas tipo PET por lisímetro, com capacidade de 2 L cada dispostas abaixo dos lisímetros, sendo o valor da drenagem computado e utilizado no balanço hídrico da cultura.

No experimento, foram utilizadas mudas de aceroleiras cultivar BRS 366-Jaburu, enxertadas por meio de garfagem no porta-enxerto Criolo, proveniente do

Jardim de Sementes da EMBRAPA Agroindústria Tropical, em Pacajus-CE. As mudas enxertadas foram adquiridas com idade de 240 dias (150 de porta-enxerto + 90 dias de enxertia) após a semeadura e durante esse tempo foram irrigadas com água de baixa salinidade ($0,6 \text{ dS m}^{-1}$), sendo transplantadas para os lisímetros (Figura 1B e C). Após transplante, as mudas foram aclimatadas por um período de 30 dias antes do início da aplicação dos tratamentos de salinidade.

As águas de menor condutividade elétrica (CEa) ($0,6$ e $1,4 \text{ dS m}^{-1}$) foram obtidas a partir da diluição de água de abastecimento municipal (CEa= $1,78 \text{ dS m}^{-1}$) com água de chuva ($0,04 \text{ dS m}^{-1}$), e as demais CEa ($2,2$; $3,0$ e $3,8 \text{ dS m}^{-1}$) foram preparadas pela adição de sais de sais (NaCl, $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ e $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) à água de abastecimento, na proporção equivalente a 7:2:1 entre os íons Na, Ca e Mg respectivamente. Essa relação representa a composição média dos teores de íons presentes nas águas utilizadas para irrigação no semiárido do Nordeste brasileiro (MEDEIROS et al., 2003).

A irrigação com os distintos níveis de condutividade elétrica da água foi realizada adotando-se o turno de rega de três dias, aplicando-se em cada lisímetro um volume de água de forma a manter a umidade do solo próximo à sua capacidade ideal de retenção de água no solo ($33,42 \text{ kPa}$). Em cada irrigação, foi aplicado o volume de água determinado para atender à necessidade hídrica das plantas, mediante balanço de água na zona radicular, obtido pela diferença entre o volume aplicado e o drenado, calculados a cada 30 dias. Visando a evitar acumulação excessiva de sais na zona radicular, a cada 30 dias aplicava-se uma fração de lixiviação de 0,10 (AYERS & WESTCOT, 1999).

As adubações com P e N foram realizadas de acordo com os tratamentos previamente estabelecidos, utilizando-se o superfosfato simples (18% P_2O_5 , 18% Ca^{2+} , 12% S) como fonte de fósforo e a ureia (45% N) como fonte de nitrogênio, com base na recomendação de Musser (1995); adicionando-se ainda $19,8 \text{ g}$ de K_2O por planta ano, utilizando-se cloreto de potássio (60% K_2O). Quanto às adubações, foram aplicados 250 e 350 g de superfosfato simples em fundação nos tratamentos de 100 e 140% de P, respectivamente. A adubação nitrogenada foi dividida em 24 parcelas iguais, aplicadas em intervalos de 15 dias durante o ano, sendo aplicados $2,21 \text{ g}$ de ureia por planta no tratamento de 100%, e $3,09 \text{ g}$ de ureia por planta no tratamento de 140%, ambas diluídas em 100 ml de água de chuva ($0,04 \text{ dS m}^{-1}$). A adubação potássica foi parcelada em 12 aplicações iguais durante o ano, sendo fornecida

mensalmente, na dose 2,75 g de KCl por planta diluídas em 100 ml de água de chuva (0,04 dS m⁻¹). O manejo de adubação foi iniciado (N e P) concomitantemente com o transplântio das mudas para os lisímetros.

Durante a condução do experimento, foram efetuados os tratos culturais e fitossanitários preconizados para a cultura, monitorando o surgimento de pragas e doenças, adotando-se medidas de controle quando necessário.

Para analisar o crescimento das plantas de acerola, foram realizadas medições de diâmetro do porta-enxerto e do enxerto aos 150 dias após a aplicação dos níveis salinos. O diâmetro do caule do porta-enxerto (mm) foi medido a 2 cm do solo e o diâmetro do caule do enxerto a 2 cm, acima do ponto da enxertia. De posse desses dados, foram obtidas as taxas de crescimento absoluto (TCA) e relativo (TCR), da aceroleira, referente ao período entre 1 (t₁) e 150 dias (t₂) após a aplicação dos níveis salinos (DANS), utilizando-se Eqs. 1 e 2, respectivamente (BENINCASA, 2003). Nesse mesmo período, também foi determinado o número de folhas por meio de contagem manual de todas as folhas completamente expandidas da planta.

$$TCA = \frac{A_2 - A_1}{t_2 - t_1} \quad (1)$$

$$TCR = \frac{\ln A_2 - \ln A_1}{t_2 - t_1} \quad (2)$$

Em que:

A₂ - variável em estudo, obtido no final do período, mm;

A₁ - variável em estudo, obtido no início do período de estudo, mm;

t₂ - t₁ - diferença de tempo entre as observações, dias; e

ln - logaritmo neperiano.

Para determinação das trocas gasosas das plantas de aceroleira, aos 150 dias após aplicação dos níveis de salinidade, utilizou-se do equipamento portátil de medição de fotossíntese "LCPro+" da ADC Bio Scientific Ltda, operando com controle de temperatura a 25 °C, irradiação de 1200 μmol fótons m⁻² s⁻¹ e fluxo de ar de 200 mL min⁻¹, e em nível de CO₂ do ambiente, em folhas situadas na altura de 3 m da superfície do solo, obtendo-se as seguintes variáveis: Taxa de assimilação de CO₂ - A (μmol m⁻² s⁻¹), transpiração - E (mol de H₂O m⁻² s⁻¹), condutância estomática - g_s (mol de H₂O m⁻² s⁻¹) e concentração interna de CO₂ - C_i (μmol m⁻² s⁻¹) na terceira folha contada a partir do ápice. De posse desses dados, foram quantificadas a eficiência

instantânea no uso da água - $EiUA (A/T) [(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}) (\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1})^{-1}]$ e a eficiência instantânea da carboxilação - $A/Ci (EiCi)$ (SILVA et al., 2014).

No mesmo período, determinou-se a fluorescência da clorofila *a*, usando-se um Fluorômetro de pulso modulado, modelo OS5p da Opti Science; *a priori*, usou-se o protocolo F_v/F_m , a fim de determinar as variáveis: Fluorescência inicial (F_o), Fluorescência máxima (F_m), Fluorescência variável ($F_v = F_m - F_o$) e máxima eficiência quântica do fotossistema II (F_v/F_m) (SÁ et al., 2015); tal protocolo foi realizado após adaptação das folhas ao escuro por um período de 30 min, usando-se um clipe do equipamento, de modo a garantir que todos os aceptores estivessem oxidados, ou seja, com os centros de reação abertos.

A avaliação do estado hídrico da aceroleira foi feita em três folhas, totalmente expandidas, do terço médio de cada planta para determinação do teor relativo de água (TRA) no limbo e o déficit de saturação hídrica nas folhas (DSH). Para isso, imediatamente após a coleta das folhas, determinou-se a massa fresca (MF); em seguida, as amostras foram colocadas em sacos plásticos, imersas em água destilada e acondicionadas por 24 horas; em seguida, foi retirado o excesso de água com papel toalha, obtendo-se a massa túrgida (MT); posteriormente, as amostras foram levadas à estufa com circulação de ar (temperatura $\approx 65\text{ }^\circ\text{C} \pm 3\text{ }^\circ\text{C}$, até atingir massa constante) para obtenção da massa seca (MS). A obtenção do TRA e do déficit de saturação hídrica (DSH) foi feita conforme Lima et al. (2015), pela Eq. 3 e 4:

$$TRA = \frac{MF-MS}{MT-MS} \times 100 \quad (3)$$

$$DSH = \frac{MT-MF}{MT-MS} \times 100 \quad (4)$$

Em que:

TRA = teor relativo de água (%);

MF= massa fresca de folha (g);

MT= massa túrgida (g);

MS = massa seca (g).

Imediatamente após as determinações do estado hídrico, foram coletadas amostras foliares na parte central do limbo e, posteriormente, levadas ao Laboratório de Fisiologia Vegetal para quantificação dos teores de clorofila *a* e *b* ($\mu\text{g cm}^{-2}$),

conforme método laboratorial desenvolvido por Lichthenthaler (1987), por meio de amostras de cinco discos do limbo da 3ª folha madura a partir do ápice. A partir dos extratos, foi determinada a concentração de clorofila nas soluções utilizando um espectrofotômetro no comprimento de onda de absorvância (470, 646,8 e 663,2nm).

$$\text{Clorofila } a = 12,25 \text{ ABS}_{663,2} - 2,79 \text{ ABS}_{646,8} \quad (5)$$

$$\text{Clorofila } b = 21,50 \text{ ABS}_{646,8} - 5,10 \text{ ABS}_{663,2} \quad (6)$$

$$\text{Carotenoides totais} = (1000 \text{ ABS}_{470} - 1,82 \text{ Clorofila } a - 85,02 \text{ Clorofila } b)/198 \quad (7)$$

Em que:

ABS = Absorvância.

Para avaliar os danos na membrana celular sob condições de estresse salino, foi determinado o percentual de dano na membrana celular. Para tanto, foram coletados, também no terço médio das plantas, cinco discos foliares de 113 mm² de área, lavados com água destilada visando à retirada de outros eletrólitos aderidos às folhas, os quais foram acondicionados em beakers, com 50 mL de água bidestilada e fechados hermeticamente com papel alumínio. Os beakers foram mantidos em temperatura de 25 °C, por 120 min e se procedeu à determinação da condutividade elétrica inicial (Ci); posteriormente, os beakers foram colocados na estufa com ventilação forçada de ar e submetidas à temperatura de 90 °C, durante 150 min, quando se procedeu novamente à mensuração da condutividade elétrica final (Cf). Desta forma, o percentual de dano na membrana celular foi obtido de acordo com Scott Campos & Thu Pham Thi (1997), conforme Eq. 8:

$$EE = \frac{CEi}{CEf} \times 100 \quad (8)$$

Em que:

EE = extravasamento de eletrólitos na membrana (%);

CEi= condutividade elétrica inicial (dS m⁻¹);

CEf= condutividade elétrica final (dS m⁻¹);

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F, as médias das proporções P/N foram comparadas pelo teste de Tukey (p < 0,05) e às

referentes à interação entre a salinidade da água; as proporções de P/N e as relativas aos efeitos isolados da salinidade da água foram comparadas por regressão, empregando o *Software Sisvar* versão 5.1 (FERREIRA, 2011).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A interação salinidade da água × proporções P e N interferiu na fluorescência inicial, eficiência quântica do fotossistema II, teores de clorofila *a*, clorofila *b* e carotenoides (Tabela 2).

Tabela 2. Resumo do teste F para as variáveis: teor relativo de água (TRA), déficit de saturação hídrica (DSH), taxa de assimilação de CO₂ (*A*), concentração interna de CO₂ (*C_i*), eficiência instantânea da carboxilação (*E_iC_i*), condutância estomática (*g_s*), transpiração (*E*), eficiência intrínseca do uso da água (*E_iUA*), fluorescência inicial (*F_o*), máxima (*F_m*), variável (*F_v*), eficiência quântica do fotossistema II (*F_v/F_m*), clorofila *a* (*C_{loa}*), *b* (*C_{lob}*), carotenoides (*carot*), % de dano celular (*EE*), taxa de crescimento absoluto do porta-enxerto (TCA-DPE), do enxerto (TCA-DE), taxa de crescimento relativo do porta-enxerto (TCR-DPE), do enxerto (TCR-DE) e número de folhas (NF) de plantas de acerola irrigadas com águas salinas e adubadas com proporções de fósforo e nitrogênio aos 150 dias após aplicação dos níveis salinos.

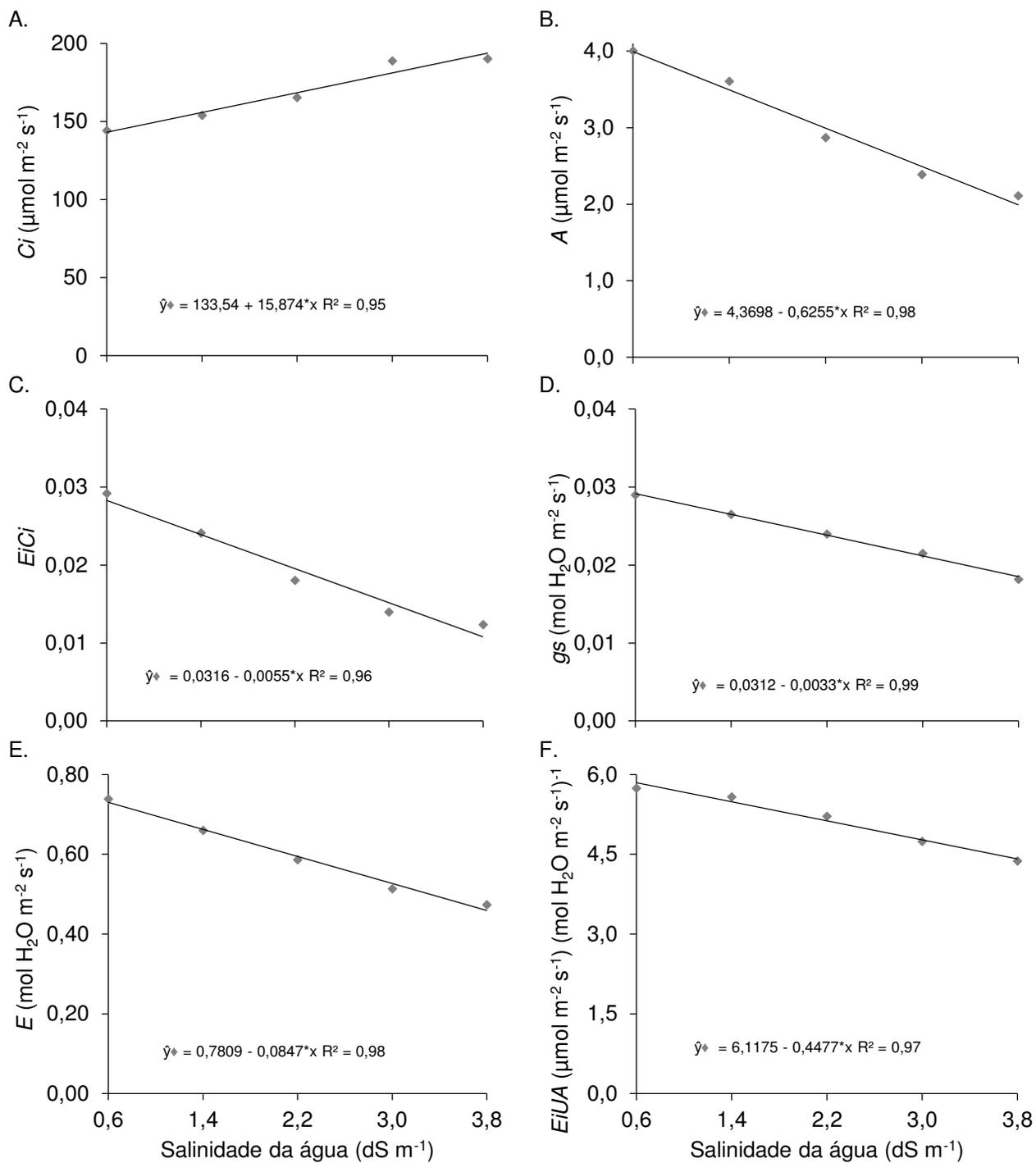
FV	GL	Significância do teste 'F'						
		TRA	DSH	A	C _i	E _i C _i	G _s	E
Bloco	2	Ns	ns	*	Ns	ns	Ns	*
Sal	4	Ns	ns	*	*	*	*	*
Manejo	3	Ns	ns	Ns	Ns	ns	Ns	Ns
Sal x Manejo	12	Ns	ns	Ns	Ns	ns	ns	Ns
Erro	38	17,349	17,349	0,4919	1636,32	0,00005	0,00003	0,0166
CV		5,48	17,36	23,43	24,15	28,04	23,81	21,68
FV	GL	Significância do teste 'F'						
		EUA	F _o	F _m	F _v	F _v /F _m	C _{lo a}	C _{lo b}
Bloco	2	*	ns	*	*	ns	ns	Ns
Sal	4	*	*	Ns	Ns	ns	ns	*
Manejo	3	Ns	ns	*	*	*	ns	Ns
Sal x Manejo	12	Ns	*	Ns	Ns	*	*	*
Erro	38	1,4039	241,38	4056,45	3391,86	0,0006	1,1223	0,4624
CV		23,08	7,74	8,78	11,09	3,50	18,75	17,62
FV	GL	Significância do teste 'F'						
		Carot	EE	TCA-DPE	TCA-DE	TCR-DPE	TCR-DE	NF
Bloco	2	ns	ns	Ns	ns	ns	ns	*
Sal	4	ns	*	*	ns	*	ns	*
Manejo	3	ns	ns	Ns	ns	ns	ns	Ns
Sal x Manejo	12	*	ns	Ns	ns	ns	ns	Ns
Erro	38	0,0601	2,8084	0,0010	9,00E ^{-0,07}	0,0005	0,00001	32301,46
CV		21,72	16,73	20,29	18,16	25,18	25,83	19,31

*= significativo a 0,05 de probabilidade; ns= não significativo; Sal= níveis de salinidade; DP= doses de fósforo; DN= doses de nitrogênio; CV= coeficiente de variação.

A taxa de assimilação de CO₂, concentração interna de CO₂, eficiência instantânea da carboxilação, condutância estomática, transpiração, eficiência instantânea do uso da água, % de dano celular, taxa de crescimento absoluto e relativo em diâmetro do porta-enxerto e o número de folhas foram influenciados pela ação isolada da salinidade da água de irrigação. A fluorescência máxima e variável responderam aos efeitos das proporções de P/N: o teor relativo de água e déficit de saturação hídrica não foram influenciados pelos tratamentos (Tabela 2).

Houve aumento da concentração interna de CO₂ (*C_i*) nas plantas de aceroleira com o aumento da salinidade da água de irrigação (Figura 1A). Os incrementos na *C_i* corroboram com a redução taxa de assimilação de CO₂ (*A*), na ordem de 0,63 (μmol m⁻² s⁻¹) para cada aumento unitário da CE da água de irrigação e, conseqüentemente, diminuição na eficiência instantânea da carboxilação (*E_iC_i*), de 0,06 para cada aumento unitário na salinidade da água (Figura 1B e C). O aumento da *C_i* é indicativo de que não houve comprometimento do substrato para a produção e funcionamento da Ribulose 1,5 Bisfosfato Carboxilase Oxigenase (RuBisCO) (MACHADO et al., 2010; SÁ et al., 2015). Assim, a baixa *E_iC_i* está relacionada à baixa eficiência da RuBisCO nas plantas, ocasionada pela intensidade do estresse salino, ou pela baixa disponibilidade de poder redutor (NADP e ATP) provenientes da fase fotoquímica, os quais são essenciais para regeneração da ribulose 1,5 bis fosfato (HUSSAIN et al., 2012; SILVA et al., 2014).

Além das alterações ocasionadas na fotossíntese, o aumento da salinidade da água também reduziu a condutância estomática (*g_s*), a transpiração e a eficiência instantânea do uso da água, em 36,13, 37,12 e 24,49%, respectivamente, ao comparar os dados obtidos nas plantas sob irrigação com água de maior (3,8 dS m⁻¹) em relação ao menor (0,6 dS m⁻¹) nível de salinidade estudado (Figuras 1D, E e F).



** e ^{NS} = significativo a $p < 0,05$ de probabilidade e não significativo, respectivamente.

Figura 1. Concentração interna de CO_2 - C_i (A), Taxa de assimilação de CO_2 - A (B), eficiência instantânea da carboxilação- $EiCi$ (C), condutância estomática- g_s (D), transpiração- E (E) e eficiência instantânea do uso da água- $EiUA$ (F) de plantas de aceroleira irrigadas com água salina e adubadas com proporções de fósforo e nitrogênio aos 150 dias após aplicação dos níveis salinos.

As reduções observadas na atividade de trocas gasosas da aceroleira também podem ser atribuídas ao efeito do estresse salino sobre a atividade estomática, tendo em vista que os estômatos são responsáveis por regular todas as trocas gasosas e, conseqüentemente, a perda de água pelas plantas (SUASSUNA et al., 2014; SÁ et al., 2015), que promove redução no potencial hídrico nas paredes celulares, espaços intercelulares e no xilema, resultando em diferença de potencial que favorece absorção de água e nutrientes via sistema radicular. Dessa forma, a redução da transpiração (E) também reduz a capacidade de absorção de água pelo sistema radicular, como resposta ao mecanismo de tolerância da espécie visando à redução da absorção da água, aumento da seletividade na absorção de íons tóxicos dissolvidos, especialmente Na^+ e Cl^- , reduzindo a toxicidade por íons específicos (LACERDA et al., 2006; SYVERTSEN & GARCIA-SANCHEZ, 2014).

A fluorescência inicial (F_o) das plantas de aceroleira tratadas com as proporções P/N de 100:100% e 100:140% cresceu com o aumento da salinidade da água, com incremento acentuado nas plantas irrigadas com águas CEa a partir de 1,06 e 0,96 dS m^{-1} , respectivamente (Figura 2A). Os valores referentes às plantas das proporções 140:100% e 140:140% P/N não se ajustaram a nenhum modelo matemático e foram estudados valores médios de 196,8 e 195,3 elétrons quantun^{-1} , respectivamente. Os valores obtidos pelas plantas das proporções 140:100% e 140:140% P/N foram inferiores das plantas das proporções P/N de 100:100% e 100:140% nos maiores níveis de salinidade. Sabemos que a fluorescência inicial (F_o) refere-se à capacidade de oxidação da quinona (QA), receptora primária de elétrons no centro de reação do PSII (P680); dessa forma, o aumento da F_o promove a degradação dos centros de reação do PSII (P680) ou diminuição na capacidade de transferência da energia de excitação da antena para o PSII (P680), ocasionado pelo estresse salino (BAKER & ROSENQVST, 2004; MUNNS & TESTER, 2008; LUCENA et al., 2012; SÁ et al., 2015). É provável que as plantas dos manejos 140:100% e 140:140% P/N sejam menos susceptíveis aos efeitos do estresse salino sobre atividade fotoquímica.

A elevação da dose de N nas combinações P/N estimulou as fluorescências máxima (F_m) e variável (F_v) das plantas de aceroleira, sendo estes índices superiores em 9,03 e 12,17%, no tratamento 100:140 P/N, às plantas do tratamento controle (100:100% P/N) (Figura 2B e C). A intensidade máxima de fluorescência (F_m) refere-se ao estado em que os centros de reações do PSII atingiram sua capacidade máxima,

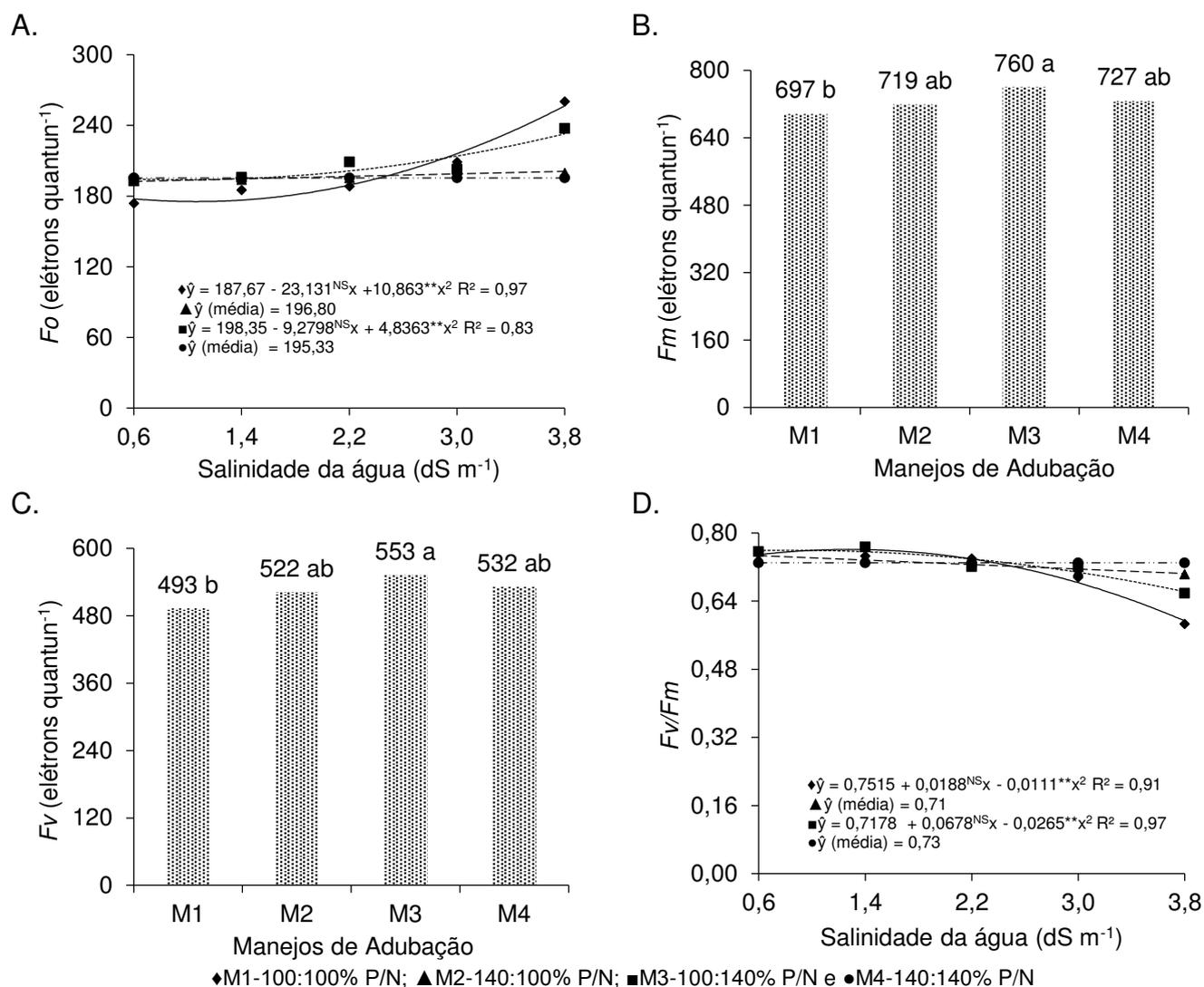
evidenciando a condição reduzida de toda quinona (QA) pelos elétrons transferidos a partir do P680 (BAKER & ROSENQVST, 2004; MENDONÇA et al., 2010; SILVA et al., 2014). A fluorescência máxima (F_m) influencia diretamente na fluorescência variável, que é a energia potencialmente ativa no PSII. Pelo expoto, os incrementos observados na F_v das plantas do tratamento 100:140% P/N estão relacionados aos ganhos na fluorescência variável. O aumento da fluorescência pode estar relacionado ao maior conteúdo de clorofila nos centros de reações dos tratamentos que receberam maiores doses de nitrogênio, haja vista que o nitrogênio é essencial à síntese da molécula de clorofila (TAIZ et al., 2015).

O aumento da salinidade não influenciou significativamente a F_v/F_m das plantas adubadas 100:140% e 140:140% P/N, verificando-se um índice médio de 0,71 e 0,73 (Figura 1D). Para os tratamentos 100:100% P/N e 140:100% P/N, observou-se resposta quadrática, averiguando declínio da F_v/F_m a partir do nível de CEa de 0,85 e 1, 28dS m⁻¹, respectivamente, que coincidem com o incremento da F_o (Figura 2A e 2D). Os incrementos da F_o nos maiores níveis de salinidade estudados ocasionaram declínio na eficiência quântica do PSII (F_v/F_m) da aceroleira, sendo esta redução mais notória nas plantas do tratamento 100:100% P/N em relação ao tratamento 140:100% P/N, o que pode ser relacionado à compensação energética das plantas do tratamento 140:100%, ocasionado pelo incremento da F_m (Figura 2A e 2B).

A redução da eficiência quântica do fotossistema II indica alterações no sistema fotossintético causadas por estresses ambientais e bióticos (BAKER & ROSENQVST, 2004). De maneira geral, verifica-se que as plantas das combinações 100:100% P/N obtiverem índices F_v/F_m inferiores aos das combinações 140:100% P/N, 100:140% P/N e 140:140% P/N sob irrigação com águas salinas superiores a 2,2 dS m⁻¹, o que indica ação inibidora do estresse salino sobre a fluorescência da clorofila *a* dessas plantas a partir deste nível (Figura 2D). Desse modo, fica evidenciado que as plantas de aceroleira que receberam incremento na dose de N e/ou P foram menos afetadas pelo estresse salino, devido à estabilidade energética superior ao tratamento testemunha (100:100% P/N).

O incremento dos níveis de salinidades da água reduziu de forma acentuada os teores de clorofila *a* (Figura 2A) e *b* (Figura 2B), independentemente da dose de N e/ou P aplicada, porém foram obtidos os maiores teores nas plantas adubadas com 100:140% P/N. (Figura 3A e B). Desta forma, a diminuição nos teores de clorofila *a* e *b* (Figura 3A e B) pode estar relacionada ao aumento da atividade da clorofilase,

enzima envolvida na remoção da calda fitol durante a degradação da clorofila proporcionada pela condição de estresse à qual a planta foi submetida (SILVEIRA et al., 2016).



** e * - Significativo a 0,01 e 0,05 de probabilidade, respectivamente; ^{NS} - não significativo. Letras iguais não diferem perante o teste de Tukey em nível de 0,05 de probabilidade

Figura 2. Fluorescência inicial- F_o (A), máxima- F_m (B), variável- F_v (C) e eficiência quântica do PSII- F_v/F_m (D) de plantas de aceroleira irrigadas com água salina e adubadas com proporções de fósforo e nitrogênio aos 150 dias após aplicação dos níveis salinos.

Constata-se ainda (Figura 3B) comportamento quadrático nos teores de clorofila *b* das plantas cultivadas com 140:140% P/N, obtendo os maiores teores sob o nível de salinidade de 1,64 dS m^{-1} , com posterior redução, sendo esta mais

acentuada acima do nível de 2,2 dS m⁻¹ (Figura 3B). A clorofila *b* é um pigmento acessório a clorofila *a*, haja vista que este capta luz em uma faixa atípica à clorofila *a* (SILVEIRA et al., 2016), de forma que o aumento nos teores de clorofila *b* é um indicativo de adaptação das plantas para manter a atividade fotoquímica em condições de estresse salino. Além disso, a redução na biossíntese de clorofilas também pode ser uma resposta adaptativa à condição de estresse, objetivando economia de energia e menor captação de energia luminosa para evitar estresse foto-oxidativo (SILVEIRA et al., 2016).

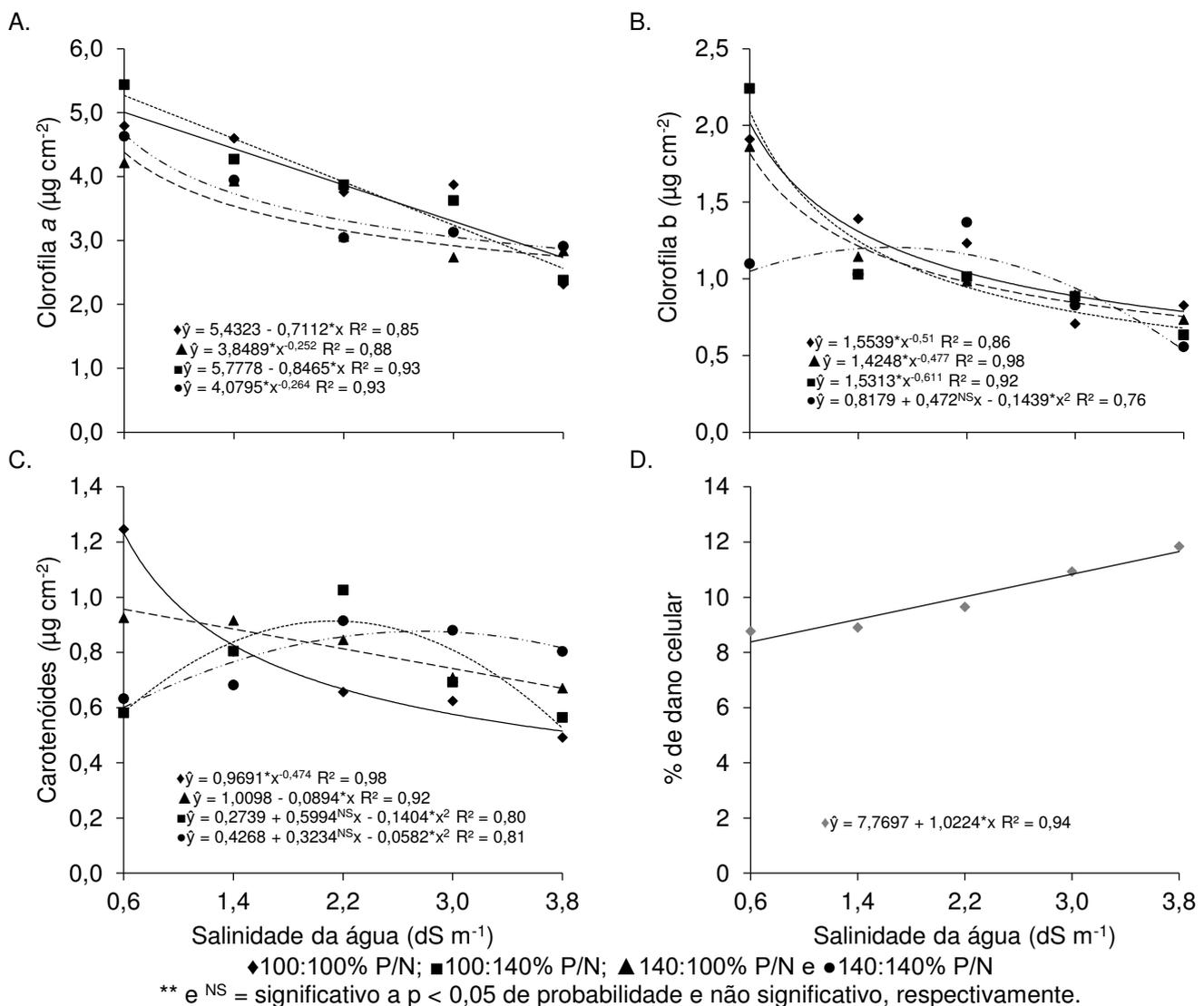


Figura 3. Teores de clorofila *a* (A), *b* (B), carotenóides (C) e % de dano celular nas folhas (D) de plantas de aceroleira irrigadas com água salina e adubadas com proporções de fósforo e nitrogênio aos 150 dias após aplicação dos níveis salinos.

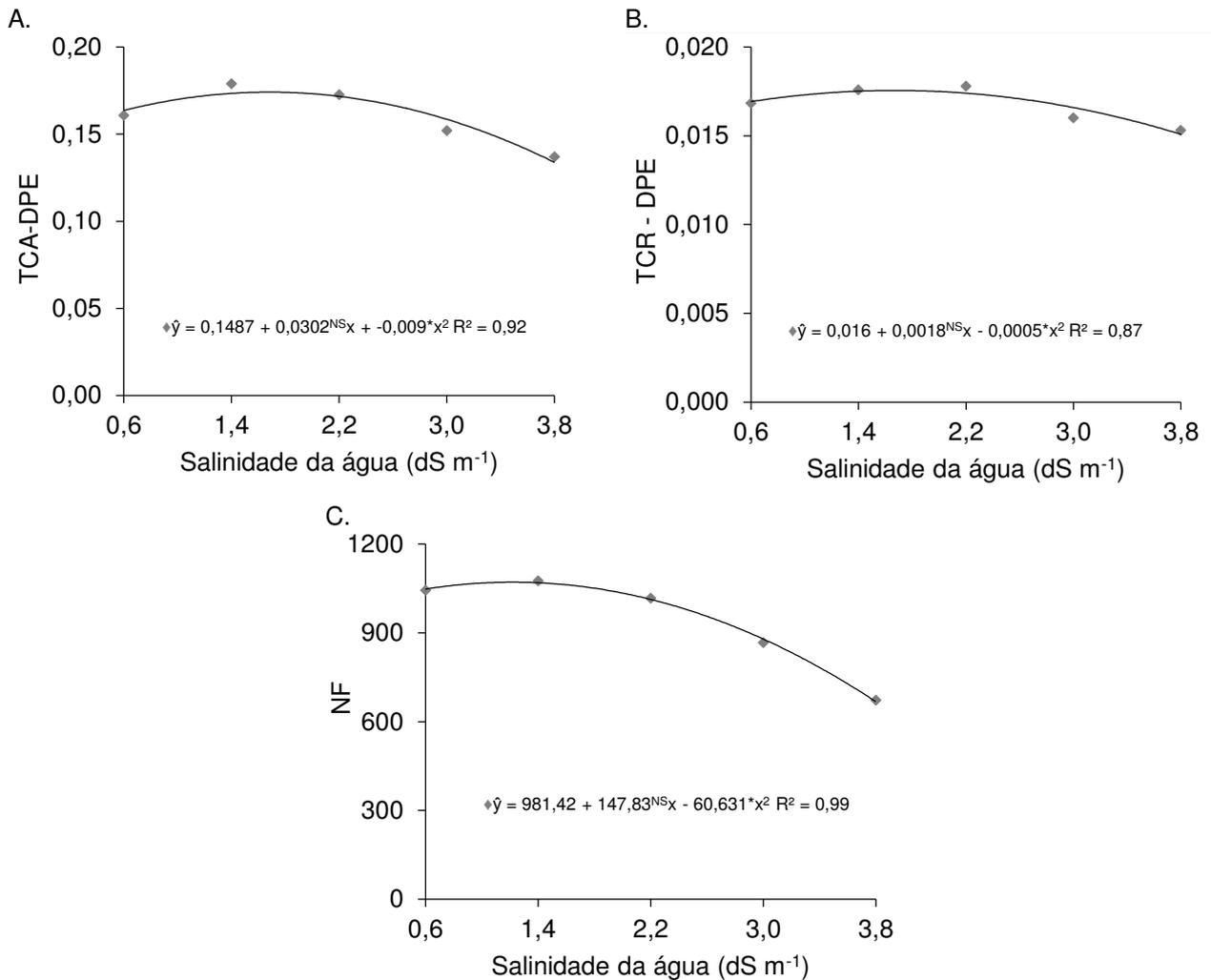
As maiores reduções nos teores de carotenoides foram observadas nos tratamentos 100:100% P/N e 140:100% P/N, sendo obtida diminuição na ordem de 58,5 e 29,5%, respectivamente, quando comparado o maior ($3,8 \text{ dS m}^{-1}$) ao menor ($0,6 \text{ dS m}^{-1}$) nível de salinidade estudado (Figura 3C). Nos tratamentos 100:140% P/N e 140:140% P/N, foi observado comportamento quadrático para os teores de carotenoides em virtude do aumento da salinidade da água, verificando-se os maiores valores para a referida variável sob os níveis de CEa de 2,13 e 2,78 dS m^{-1} , respectivamente (Figura 3C). Desse modo, o aumento dos teores de carotenoides pode ser um indicativo de adaptações do metabolismo da planta para minimizar os efeitos do estresse salino, que se mostra nos tratamentos 100:140% P/N e 140:140% P/N, verificando-se os maiores teores de clorofila *a* e *b* (Figuras 3A e B). Conforme Esteves & Suzuki (2008) e Falk & Munné-Bosch (2010), os carotenoides atuam como agentes antioxidantes, regulando a atividade de enzimas e endoproteínases, protegendo as membranas lipídicas da molécula de clorofila do estresse oxidativo, ocasionado pelo estresse salino.

O incremento da salinidade da água de irrigação aumentou o percentual de danos nas células foliares da aceroleira, constatando aumento de 1,02% de dano nas células para cada aumento unitário na salinidade da água de irrigação, resultando em um dano celular 39% superior nas plantas cultivadas sob o maior nível de CEa ($3,8 \text{ dS m}^{-1}$) em relação às plantas submetidas ao menor nível ($0,6 \text{ dS m}^{-1}$) salino da água (Figura 3D). O aumento no percentual de danos nas células foliares é indicativo da forte atuação do estresse salino sobre as plantas de aceroleira, haja vista que essa redução corrobora com a redução dos pigmentos cloroplastídicos.

As taxas de crescimento absoluto e relativo do porta-enxerto e o número de folhas das plantas de aceroleira foram influenciadas pelo aumento da salinidade da água de irrigação, onde os maiores índices de crescimento absoluto, relativo e número de folhas de 0,17 mm dia^{-1} , 0,018 $\text{mm mm}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ e 1.071 folhas planta⁻¹ corresponderam às salinidades das águas de 1,68, 1,80 e 1,22 dS m^{-1} , respectivamente (Figura 4A, B e C).

O pequeno incremento da salinidade da água influenciou positivamente o crescimento das plantas de acerola, provavelmente devido à adição de cálcio e magnésio, essenciais ao desenvolvimento das plantas. Todavia, verifica-se que a partir da CEa de 2,2 dS m^{-1} houve reduções significativas em relação à salinidade controle ($0,6 \text{ dS m}^{-1}$), de modo que a concentração de sais provenientes dessas águas

salinas superiores a esses níveis é suficiente para ocasionar estresse osmótico e iônico, o que pode ser confirmado pelas alterações observadas na fisiologia da planta (Figuras 1, 2 e 3).



* e ^{NS} = Significativo a 0,05 de probabilidade e não significativo, respectivamente.

Figura 4. Taxa de crescimento absoluto (TCA - mm dia⁻¹) e relativo (TCR - mm mm⁻¹ dia⁻¹) do diâmetro do porta-enxerto-DPE de 1 aos 150 dias (A e B) e número de folhas-NF (C) de plantas de aceroleira irrigadas com água salina e adubadas com proporções de fósforo e nitrogênio aos 150 dias após aplicação dos níveis salinos.

Pode-se inferir que a irrigação com água salina acima de 2,2 dS m⁻¹ eleva os teores de sais na zona radicular das plantas de acerola, causando inibição no crescimento devido ao efeito osmótico e da toxicidade por íons específicos, como sódio e cloreto, haja vista que foi observada redução na eficiência fotoquímica das

plantas de aceroleira (ESTEVES & SUZUKI, 2008; MUNNS & TESTER, 2008; SYVERTSEN & GARCIA-SANCHEZ, 2014; SÁ et al., 2015). A redução do crescimento de plantas frutíferas sob condições de estresse salino também foi verificada por Cavalcante et al. (2010) em plantas de goiabeira; Souto et al. (2013) em plantas de noni e por Brito et al. (2014) em porta-enxertos de citros. Os autores também atribuem essas reduções no crescimento das plantas à elevação da salinidade do solo, mediante sucessivas irrigações com água de alta salinidade, ou seja, com altas concentrações de sais dissolvidos.

4. CONCLUSÕES

A salinidade da água acima de 2,2 dS m⁻¹ compromete o crescimento, atividade fotossintética e a síntese e funcionalidade dos pigmentos da aceroleira.

O aumento da salinidade da água não interferiu na eficiência quântica do fotossistema II das plantas de aceroleira que receberam 40% a mais de fósforo.

O incremento de 40% de nitrogênio aumenta a síntese de clorofila b e carotenoides e a eficiência quântica do fotossistema II das plantas de acerola, quando irrigadas com água salina de até 2,2 dS m⁻¹.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASHRAF, M.; HARRIS, P. J. C. Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. **Plant Science**, v. 166, n. 1, p. 3-16, 2004.
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **Qualidade da água na agricultura**. 2.ed. Campina Grande: UFPB. 1999. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29).
- BAKER, N. R.; ROSENQVST, E. Application of chlorophyll fluorescence can improve crop production strategies: an examination of future possibilities. **Journal of Experimental Botany**, v. 55, n. 403, p. 1607-1621, 2004
- BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas**: Noções básicas. Jaboticabal: Funep, 2003.
- BRITO, M. E. B.; BRITO, K. S. A.; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R.; SUASSUNA, J. F.; SOARES FILHO, W. S.; MELO, A. S.; XAVIER, D. A. Growth of ungrafted and

- grafted citrus rootstocks under saline water irrigation. **African Journal of Agricultural Research**, v. 9, n. 50, p. 3600-3609, 2014.
- 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, 2010.
- CUNHA NETO, J.; RABELO, M. C.; BERTINI, C. H. C. M.; MARQUES, G. V.; MIRANDA, M. R. A. Caracterização agrônômica e potencial antioxidantes de frutos de clones de aceroleira. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 43, n. 4, p. 713-721, 2012.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília, DF: Embrapa Solos, 2009. 627 p.
- EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição mineral de plantas**: Princípios e perspectivas. 2.ed. Londrina: Planta, 2006..
- ESASHIKA, T.; OLIVEIRA, L. A.; MOREIRA, F. W. Resposta da aceroleira a adubação orgânica, química e foliar num Latossolo da Amazônia Central. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 36, n. 4, p. 399-410, 2013.
- ESTEVES, B.S.; SUZUKI, M.S. Efeito da salinidade sobre as plantas. **Oecologia Brasiliensis**, v. 12, n. 4, p. 662-679, 2008.
- FALK, J., MUNNÉ-BOSCH, S. Tocochromanol functions in plants: antioxidation and beyond. **Journal and Experimental Botany**, v. 61, n. 4, p. 1549-1566, 2010.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: A computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.
- HABIBI, F.; AMIRI, M. E. Influence of in vitro salinity on growth, mineral uptake and physiological responses of two citrus rootstocks. **International Journal of Agronomy and Plant Production**, v. 4, n. 6, p. 1320-1326, 2013.
- HUSSAIN, S.; LURO, F.; COSTANTINO, G.; OLLITRAULT, P.; MORILLON, R. Physiological analysis of salt stress behavior of citrus species and genera: Low chloride accumulation as an indicator of salt tolerance. **South African Journal of Botany**, v. 81, n. 7, p. 103-112, 2012.

- LACERDA, C. F.; MORAIS, H. M. M.; PRISCO, J. T.; GOMES FILHO, E.; BEZERRA, M. A. Interação entre salinidade e fósforo em plantas de sorgo forrageiro. **Revista Ciências Agronômica**, v. 37, n. 3, p. 258-263, 2006.
- LICHTENTHALER, H. K. Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembranes. In: PACKER, L.; DOUCE, R. (org.). **Methods in enzymology**. London: Academic Press, 1987. p. 350-382.
- LIMA, G. S.; GHEYI, H. R.; NOBRE, R. G.; SOARES, L. A. A.; XAVIER, D. A.; SANTOS JUNIOR, J. A. Water relations and gas exchange in castor bean irrigated with saline water of distinct cationic nature. **African Journal of Agricultural Research**, v. 10, n. 13, p. 1581-1594, 2015.
- LUCENA, C. C.; SIQUEIRA, D. L.; MARTINEZ, H. E. P.; CECON, P. R. Salt stress change chlorophyll fluorescence in mango. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, n. 4, p. 1245-1255, 2012.
- MACHADO, D. F. S. P.; MACHADO, E. C.; MACHADO, R. S.; RIBEIRO, R. V. Efeito da baixa temperatura noturna e do porta-enxerto na variação diurna das trocas gasosas e na atividade fotoquímica de laranja 'Valência'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 2, p. 351-359, 2010.
- MEDEIROS, J. F.; LISBOA, R. A.; OLIVEIRA, M.; SILVA JÚNIOR, M. J.; ALVES, L. P. Caracterização das águas subterrâneas usadas para irrigação na área produtora de melão da Chapada do Apodi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 7, n. 3, p. 469- 472, 2003.
- MENDONÇA, A. V. R.; CARNEIRO, J. G. A.; FREITAS, T. A. S. DE; BARROSO, D. G. Características fisiológicas de mudas de *Eucalyptus* spp. submetidas a estresse salino. **Ciência Florestal**, v. 20, n. 2, p. 255-267, 2010.
- MUNNS, R.; TESTER, M. Mechanism of salinity tolerance. **Annual Review of Plant Biology**, v. 59, n. 3, p. 651-681, 2008.
- MUSSER, R. S. Tratos culturais na cultura da acerola. In: SÃO JOSÉ, A. R.; ALVES, R. E. (org.). **Acerola no Brasil: Produção e mercado**. Vitória da Conquista: DFZ/UESB. 1995. p. 47-52.

- RIBEIRO, P. H. P.; GHEYI, H. R.; UYEDA, C. A.; TEIXEIRA, M. B.; SOARES, F. A. L.; DIAS, N. S. Taxa de crescimento e produção de girassol irrigado com água salina sob doses de nitrogênio. **Irriga**, v. 1, Especial Grandes Culturas: 233-247, 2016.
- SÁ, F. V. S.; BRITO, M. E. B.; SILVA, L. A.; MOREIRA, R. C. L.; FERNANDES, P. D.; FIGUEIREDO, L. C. Fisiologia da percepção do estresse salino em híbridos de tangerineira - Sunki Comum sob solução hidropônica salinizada. **Comunicata Scientiae**, v. 6, n. 4, p. 463-470, 2015.
- SÁ, F. V. S.; BRITO, M. E. B.; SILVA, L. A.; MOREIRA, R. C. L.; FERNANDES, P. D.; FIGUEIREDO, L. C.; MELO, A. S.; PAIVA, E. P. Physiology and phytomass of saccharine sorghum (*Sorghum bicolor*) in saline-sodic soil treated with correctives and single superphosphate. **Australian Journal of Crop Science**, v. 11, n.10, p. 1290-1296, 2017.
- SCOTT CAMPOS, P.; THU PHAN THI, A. Effect of abscisic acid pretreatment on membrane leakage and lipid composition of *Vigna unguiculata* leaf discs subject to osmotic stress. **Plant Science**, v. 130, n. 1, p. 11-18, 1997.
- SILVA, L. A. S.; BRITO, M. E. B.; SÁ, F. V. S.; MOREIRA, R. C. L. M.; SOARES FILHO, W. S.; FERNANDES, P. D. Mecanismos fisiológicos em híbridos de citros sob estresse salino em cultivo hidropônico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. Especial, p. S1-S7, 2014.
- SILVEIRA, J. A. G.; SILVA, S. L. F.; SILVA, E. N.; VIÉGAS, R. A. Mecanismos biomoleculares envolvidos com a resistência ao estresse salino em plantas. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F.; GOMES FILHO, E. (org.). 2. ed. **Manejo da salinidade na agricultura irrigada: estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: INCTSal, 2016. p. 181-198.
- SOUZA, L. P.; NOBRE, R. G.; SILVA, E. M.; LIMA, G. S.; PINHEIRO, F. W. A.; ALMEIDA, L. L. S. Formation of Crioula guava rootstock under saline water irrigation and nitrogen doses. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, n. 8, p. 739-745, 2016.
- SOUTO, A. G. L.; CAVALCANTE, L. F.; NASCIMENTO, J. A. M.; MESQUITA, F. O.; LIMA NETO, A. J. Comportamento do noni à salinidade da água de irrigação em solo com biofertilizante bovino. **Irriga**, v. 18, n. 3, p. 442- 453, 2013.

- SOUZA, K. S.; OLIVEIRA, F. A.; GUEDES FILHO, D. H.; BRITO NETO, J. F. Avaliação dos componentes de produção da mamoneira em função de doses de calcário e fósforo. **Revista Caatinga**, v. 22, n. 4, p. 116-122, 2009.
- SUASSUNA, J. F.; FERNANDES, P. D.; BRITO, K. S. A.; NASCIMENTO, R.; MELO, A. S.; BRITO, M. E. B. Trocas gasosas e componentes de crescimento em porta-enxertos de citros submetidos à restrição hídrica. **Irriga**, v. 19, n. 3, p. 464-477, 2014.
- SYVERTSEN, J. P.; GARCIA-SANCHEZ, F. Multiple abiotic stresses occurring with salinity stress in citrus. **Environmental and Experimental Botany**, v. 103, n. 1, p. 128–137, 2014.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Plant physiology and development**. 6^a. Ed. New York: Sinauer Associates, 2015.

CAPÍTULO V

MORFOFISIOLOGIA E PRODUÇÃO DA ACEROLEIRA IRRIGADA COM ÁGUA SALINA SOB PROPORÇÕES DE FÓSFORO E NITROGÊNIO

MORFOFISIOLOGIA E PRODUÇÃO DA ACEROLEIRA IRRIGADA COM ÁGUA SALINA SOB PROPORÇÕES DE FÓSFORO E NITROGÊNIO

RESUMO: A escassez quantitativa e qualitativa dos recursos hídricos é um problema frequente na região semiárida do Nordeste brasileiro, sendo comum a disponibilidade de água para irrigação com elevados teores de sais, afetando o crescimento e o desenvolvimento das culturas. Assim, é necessária adoção de estratégias que viabilize o estabelecimento de cultivo irrigado nessa região. Com isso, objetivou-se avaliar o efeito da salinidade de água e das proporções fósforo/nitrogênio no crescimento, fisiologia e a produção da acerola enxertada no primeiro ano de cultivo. O experimento foi desenvolvido em ambiente protegido, em lisímetros com Neossolo Regolítico eutrófico; o delineamento foi o de blocos casualizados com os tratamentos arranjados em esquema fatorial 5 x 4, referente aos níveis de condutividade elétrica da água de irrigação - CEa (0,6; 1,4; 2,2; 3,0 e 3,8 dS m⁻¹) e quatro proporções percentuais de fósforo e nitrogênio P/N (100:100; 140:100; 100:140 e 140:140% P/N), com três repetições. As doses de fósforo e nitrogênio correspondentes a 100% da recomendação de adubação fosfatada e nitrogenada foram de 45,0 g de P₂O₅ planta ano⁻¹ e 23,85 g de N planta ano⁻¹, respectivamente. Durante 365 dias após aplicação dos tratamentos, as plantas foram monitoradas quanto ao crescimento, fisiologia e produção. O aumento da salinidade da água até 2,2 dS m⁻¹ permite crescimento, atividade fotossintética e a produção adequada à aceroleira. A produção da aceroleira é reduzida em 21,5% para cada aumento unitário da salinidade no primeiro ciclo. Há ação sinérgica entre fósforo e nitrogênio (140:140% P/N) na mitigação do efeito depressivo dos sais à produção do primeiro ciclo da aceroleira.

Palavras-chave: *Malpighia emarginata*, região semiárida, irrigação, estresse salino, adubação.

MORFOFISIOLOGY AND PRODUCTION OF WEST INDIAN CHERRY IRRIGATED WITH SALINE WATER UNDER PHOSPHORUS AND NITROGEN PROPORTIONS

ABSTRACT: The quantitative and qualitative scarcity of water resources is a frequent problem in the semi-arid region of the Northeast of Brazil, with the availability of water for irrigation with high salt content, affecting crop growth and development. Thus, it is

necessary to adopt strategies that allow the establishment of irrigated cultivation in this region. The objective of this study was to evaluate the effect of water salinity and phosphorus/nitrogen ratios on growth, physiology and the production of the West Indian Cherry grafted in the first year of cultivation. The experiment was carried out in a protected environment, in lysimeters with Neosol Regolítico eutrophic; the design was randomized blocks with the treatments arranged in a 5 x 4 factorial scheme, referring to the levels of electrical conductivity of the irrigation water - CEa (0.6, 1.4, 2.2, 3.0 and 3, 8 dS m⁻¹) and four percent proportions of phosphorus and nitrogen P/N (100:100, 140:100, 100:140 and 140:140% P/N), with three replicates. Phosphorus and nitrogen doses corresponding to 100% of the recommendation for phosphate and nitrogen fertilization were 45.0 g of P₂O₅ plant year⁻¹ and 23.85 g of N plant year⁻¹, respectively. During 365 days after application of the treatments, the plants were monitored for growth, physiology and production. The increase of salinity of water up to 2.2 dS m⁻¹ allows growth, photosynthetic activity and the adequate production of the West Indian Cherry. The production West Indian Cherry is reduced by 21.5% for each unit increase of salinity in the first cycle. There is synergistic action between phosphorus and nitrogen (140:140% P/N) in mitigating the depressive effect of the salts to the production of the first cycle of the West Indian Cherry.

Key words: *Malpighia emarginata*, semi-arid region, irrigation, saline stress, fertilization.

1. INTRODUÇÃO

A disponibilidade de água nas regiões semiáridas é limitada, principalmente nos períodos de maior demanda atmosférica que coincide com os meses de baixa precipitação pluviométrica, elevada temperatura e taxa de evapotranspiração. O semiárido brasileiro é uma região com pequeno volume de escoamento de água dos rios, devido à variabilidade temporal das precipitações e das características geológicas dominantes, o que resulta em uma densa rede de rios intermitentes, com poucos rios perenes, sendo a água subterrânea uma alternativa promissora, porém grande parte dessas águas apresenta excesso de sais dissolvidos (AYERS & WESTCOT, 1985; MEDEIROS et al., 2003; CIRILO et al., 2010).

Nesta região, a salinidade das águas é um problema tão preocupante quanto a baixa precipitação, sendo necessário o entendimento de suas causas e o

desenvolvimento de tecnologias para o manejo de culturas e/ou recuperação de solos halomórficos (MEDEIROS et al., 2003; SOARES et al., 2006). Águas salinas utilizadas na irrigação podem representar risco à produção agrícola das culturas, ocasionado alterações no desenvolvimento da maioria das culturas, sendo estas de ordem osmótica e iônica (MUNNS & TESTER, 2008; HABIBI & AMIRI, 2013). Além dos efeitos osmótico e iônico, o desequilíbrio nutricional ocasionado pelas misturas ou complexos salinos nos processos de disponibilidade, absorção, transporte e assimilação de nutrientes às plantas. Como, por exemplo, o excesso de Na^+ e Cl^- inibe a absorção de íons, como o K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , NO_3^- , P_2O_5^- , interferindo negativamente no crescimento, fisiologia e produção das plantas (SYVERTSEN & GARCIA-SANCHEZ, 2014; RIBEIRO et al., 2016; SÁ et al., 2017).

Dentre as estratégias para mitigação dos efeitos do estresse salino às culturas, o manejo adequado da adubação tem se destacado em virtude de repostas positivas, principalmente com a utilização do fósforo e nitrogênio (LIMA et al., 2015; SÁ et al., 2017). Esse fato ocorre devido à essencialidade desses nutrientes nas plantas, em funções metabólicas e estruturais, inclusive na fotossíntese; além de que o suprimento adequado desses nutrientes em plantas sob condições de estresse salino pode promover o ajustamento osmótico (aminoácidos e açúcares) e no armazenamento de energia (SHIBLI et al., 2001; ASHRAF & HARRIS, 2004; TAIZ et al., 2015). Apesar dessas importantes funções, o estudo da ação conjunta desses dois nutrientes em plantas irrigadas com água salina ainda é pouco frequente na literatura.

A acerola (*Malpighia emarginata* DC.) é uma planta de clima tropical com origem no norte da América do Sul, América Central e ilhas do Caribe. Destaca-se pelo seu elevado teor de ácido ascórbico, variando de 695 a 4827mg 100 mL⁻¹ de polpa, alta produtividade e rusticidade, conferindo-lhe boa adaptação a regiões de clima semiárido (MEZADRI et al., 2008; CALGARO & BRAGA, 2012). A área cultivada no Brasil é estimada em cerca de 10.000 ha, com destaque para os Estados do Pernambuco, Bahia, Ceará, Paraíba, Rio Grande do Norte e Piauí, que juntos respondem por 64% da produção nacional, denotando predominância do cultivo comercial (*In natura*, processado) dessa espécie na região semiárida (CALGARO & BRAGA, 2012; ESASHIKA et al., 2013).

Diante do exposto, objetivou-se avaliar o efeito da salinidade de água e das proporções fósforo/nitrogênio no crescimento, fisiologia e a produção da acerola enxertada no primeiro ano de cultivo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido em casa de vegetação do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais (CTRN) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), localizado no município de Campina Grande, Paraíba, PB, nas coordenadas geográficas 7°15'18" de latitude Sul, 35°52'28" de longitude Oeste e altitude média de 550 m.

O experimento foi instalado no delineamento de blocos casualizados com os tratamentos arranjos em esquema fatorial 5 x 4, referente aos níveis de condutividade elétrica da água de irrigação - CEa (0,6; 1,4; 2,2; 3,0 e 3,8 dS m⁻¹) e quatro proporções percentuais da recomendação de fósforo e nitrogênio P/N (100:100; 140:100; 100:140 e 140:140% P/N), com três repetições de uma planta por parcela. A aplicação de 100% da adubação fosfatada (45,0 g de P₂O₅ planta ano⁻¹) e nitrogenada (23,85 g de N planta ano⁻¹) foi baseada em recomendações de Musser (1955).

O material de solo utilizado no preenchimento dos lisímetros foi um Neossolo Regolítico de textura franco-argilosa (profundidade de 0-30 cm), procedente do município de Esperança-PB. Os atributos químicos e físicos do solo foram determinados conforme as metodologias contidas em EMBRAPA (2009) e estão na Tabela 1.

Tabela 1. Características químicas e físico-hídricas do solo utilizado no experimento.

Características químicas									
pH (H ₂ O)	M.O	P	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H ⁺ + Al ³⁺	PST	CEes
(1:2,5)	dag kg ⁻¹	(mg kg ⁻¹)(cmolc kg ⁻¹).....				%	(dS m ⁻¹)	
5,63	1,830	18,20	0,21	0,17	3,49	2,99	5,81	1,34	0,61
Características físicas									
Fração granulométrica (g kg ⁻¹)			Classe	Umidade (kPa)		AD	Porosidade	Ds	Dp
Areia	Silte	Argila	textural	33,42	1519,5		total	----- (kg dm ⁻³) ----	
				dag kg ⁻¹	m ³ m ⁻³		
573	101	326	FA	12,68	4,98	7,70	0,5735	1,13	2,65

M.O – Matéria orgânica: Digestão Úmida Walkley-Black; Ca²⁺ e Mg²⁺ extraídos com KCl 1 mol L⁻¹ pH 7,0; Na⁺ e K⁺ extraídos utilizando-se NH₄OAc 1 mol L⁻¹ pH 7,0; Al³⁺ e (H⁺ + Al³⁺) extraídos utilizando-se CaOAc 1 mol L⁻¹ pH 7,0; CEes – condutividade elétrica do extrato de saturação do solo; FA – Franco Argiloso; AD – Água disponível; DA- Densidade do solo; DP- Densidade de partículas.

As plantas de aceroleira foram desenvolvidas em lisímetros, preenchidos com 235 kg de solo, cada lisímetro apresentava dois drenos de 18 mm espaçados equidistantemente nas extremidades. Sobre cada dreno, foi colocado um tecido geotêxtil (tipo Bidin) e uma camada de 0,5 kg de brita. A água de drenagem foi

coletada com auxílio de duas garrafas tipo PET por lisímetro, com capacidade de 2 L cada dispostas abaixo dos lisímetros, sendo o valor da drenagem computado e utilizado no balanço hídrico da cultura.

No experimento, foram utilizadas mudas de aceroleiras cultivar BRS 366-Jaburu, enxertadas por meio de garfagem no porta-enxerto Criolo, proveniente do Jardim de Sementes da EMBRAPA Agroindústria Tropical, em Pacajus-CE. As mudas enxertadas foram adquiridas com idade de 240 dias (150 de porta-enxerto + 90 dias de enxertia) após a sementeira e durante esse tempo foram irrigadas com água de baixa salinidade ($0,6 \text{ dS m}^{-1}$), sendo transplantadas para os lisímetros. Após transplante, as mudas foram aclimatadas por um período de 30 dias antes do início da aplicação dos tratamentos de salinidade.

As águas de menor condutividade elétrica (CEa) ($0,6$ e $1,4 \text{ dS m}^{-1}$) foram obtidas a partir da diluição de água de abastecimento municipal (CEa = $1,78 \text{ dS m}^{-1}$) com água de chuva ($0,04 \text{ dS m}^{-1}$), e as demais CEa ($2,2$; $3,0$ e $3,8 \text{ dS m}^{-1}$) foram preparadas pela adição de sais de sais (NaCl, $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ e $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) à água de abastecimento, na proporção equivalente a 7:2:1 entre os íons Na, Ca e Mg, respectivamente. Essa relação representa a composição média dos teores de íons presentes nas águas utilizadas para irrigação no semiárido do Nordeste brasileiro (MEDEIROS et al., 2003).

A irrigação com os distintos níveis de condutividade elétrica da água foi realizada adotando-se o turno de rega de três dias, aplicando-se em cada lisímetro um volume de água de forma a manter a umidade do solo próximo à sua capacidade ideal de retenção de água no solo ($33,42 \text{ kPa}$). Em cada irrigação, foi aplicado o volume de água determinado para atender à necessidade hídrica das plantas, mediante balanço de água na zona radicular, obtido pela diferença entre o volume aplicado e o drenado, calculados a cada 30 dias. Visando a evitar acumulação excessiva de sais na zona radicular, a cada 30 dias aplicava-se uma fração de lixiviação de 0,10 (AYERS & WESTCOT, 1999).

As adubações com P e N foram realizadas de acordo com os tratamentos previamente estabelecidos, utilizando-se o superfosfato simples (18% P_2O_5 , 18% Ca^{2+} , 12% S) como fonte de fósforo e a ureia (45% N) como fonte de nitrogênio, com base na recomendação de Musser (1995); adicionando-se ainda $19,8 \text{ g}$ de K_2O por planta ano, utilizando-se cloreto de potássio (60% K_2O). Quanto às adubações, foram aplicados 250 e 350 g de superfosfato simples em fundação nos tratamentos de 100

e 140% de P, respectivamente. A adubação nitrogenada foi dividida em 24 parcelas iguais, aplicadas em intervalos de 15 dias durante o ano, sendo aplicados 2,21g de ureia por planta no tratamento de 100%, e 3,09 g de ureia por planta no tratamento de 140% ambas diluídas em 100 ml de água de chuva (0,04 dS m⁻¹). A adubação potássica foi parcelada em 12 aplicações iguais durante o ano, sendo fornecidas mensalmente, na dose 2,75 g de KCl por planta diluídas em 100 ml de água de chuva (0,04 dS m⁻¹). O manejo de adubação foi iniciado (N e P) concomitantemente com o transplântio das mudas para os lisímetros. A partir do início da floração até o fim do primeiro ano de cultivo, as plantas foram adubações semanalmente com micronutrientes, ao nível de 15 litros de calda para todo o estande (60 plantas) na proporção de 0,5 g L⁻¹, tendo como fonte o fertilizante foliar Quimifol Nutri, que possui 25% de potássio (K₂O), 2,5% de magnésio, 6,0% de enxofre, 2,0% de boro, 0,5% de cobre, 0,3% de molibdênio e 5,0% de zinco.

Durante a condução do experimento, foram efetuados os tratos culturais e fitossanitários preconizados para a cultura, monitorando o surgimento de pragas e doenças, adotando-se medidas de controle quando necessário.

Para analisar o crescimento das plantas de acerola, foram realizadas medições de diâmetro do porta-enxerto e do enxerto aos 285 dias após a aplicação dos níveis salinos. O diâmetro do caule do porta-enxerto (mm) foi medido a 2 cm do solo e o diâmetro do caule do enxerto a 2 cm, acima do ponto da enxertia. De posse desses dados, foram obtidas as taxas de crescimento absoluto (TCA) e relativo (TCR) da aceroleira, referente ao período entre 1 (t₁) e 285 dias (t₂) após a aplicação dos níveis salinos (DANS), utilizando-se Eqs. 1 e 2, respectivamente (BENINCASA, 2003).

$$TCA = \frac{A_2 - A_1}{t_2 - t_1} \quad (1)$$

$$TCR = \frac{\ln A_2 - \ln A_1}{t_2 - t_1} \quad (2)$$

Em que:

A₂ - variável em estudo, obtido no final do período, mm;

A₁- variável em estudo, obtido no início do período de estudo, mm;

t₂ – t₁- diferença de tempo entre as observações, dias; e

ln - logaritmo neperiano.

Para determinação das trocas gasosas das plantas de aceroleira, aos 285 dias após aplicação dos níveis de salinidade, utilizou-se o equipamento portátil de medição de fotossíntese “LCPro+” da ADC Bio Scientific Ltda, operando com controle de temperatura a 25 °C, irradiação de 1200 $\mu\text{mol f\u00f3tons m}^{-2} \text{s}^{-1}$ e fluxo de ar de 200 mL min^{-1} , e em n\u00edvel de CO_2 do ambiente, em folhas situadas na altura de 3 m da superf\u00edcie do solo, obtendo-se as seguintes vari\u00e1veis: Taxa de assimila\u00e7\u00e3o de CO_2 - A ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), transpira\u00e7\u00e3o - E ($\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$), condut\u00e2ncia estom\u00e1tica - g_s ($\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e concentra\u00e7\u00e3o interna de CO_2 - C_i ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) na terceira folha contada a partir do \u00e1pice. De posse desses dados, foram quantificadas a efici\u00eancia instant\u00e2nea no uso da \u00e1gua - $E_i\text{UA}$ (A/T) [$(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}) (\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1})^{-1}$] e a efici\u00eancia instant\u00e2nea da carboxila\u00e7\u00e3o - A/C_i (E_iC_i) (SILVA et al., 2014).

No mesmo per\u00edodo, determinou-se a fluoresc\u00eancia da clorofila *a*, usando-se um Fluor\u00f4metro de pulso modulado, modelo OS5p da Opti Science; *a priori*, usou-se o protocolo F_v/F_m a fim de determinar as vari\u00e1veis: Fluoresc\u00eancia inicial (F_o), Fluoresc\u00eancia m\u00e1xima (F_m), Fluoresc\u00eancia vari\u00e1vel ($F_v = F_m - F_o$) e m\u00e1xima efici\u00eancia qu\u00e2ntica do fotossistema II (F_v/F_m) (S\u00c1 et al., 2015). Tal protocolo foi realizado ap\u00f3s adapta\u00e7\u00e3o das folhas ao escuro por um per\u00edodo de 30 min, usando-se um clipe do equipamento, de modo a garantir que todos os aceptores estivessem oxidados, ou seja, com os centros de rea\u00e7\u00e3o abertos.

A avalia\u00e7\u00e3o do estado h\u00eddrico da aceroleira foi feita em tr\u00eas folhas, totalmente expandidas, do ter\u00e7o m\u00e9dio de cada planta para determina\u00e7\u00e3o do teor relativo de \u00e1gua (TRA) no limbo e o d\u00e9ficit de satura\u00e7\u00e3o h\u00eddrica nas folhas (DSH). Para isso, imediatamente ap\u00f3s a coleta das folhas, determinou-se a massa fresca (MF); em seguida, as amostras foram colocadas em sacos pl\u00e1sticos, imersas em \u00e1gua destilada e acondicionadas por 24 horas; em seguida, foi retirado o excesso de \u00e1gua com papel toalha, obtendo-se a massa t\u00fargida (MT); posteriormente, as amostras foram levadas \u00e0 estufa com circula\u00e7\u00e3o de ar (temperatura $\approx 65 \text{ }^\circ\text{C} \pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$, at\u00e9 atingir massa constante) para obten\u00e7\u00e3o da massa seca (MS). A obten\u00e7\u00e3o do TRA e do d\u00e9ficit de satura\u00e7\u00e3o h\u00eddrica (DSH) foi feita conforme Lima et al. (2015), pela Eq. 3 e 4:

$$TRA = \frac{MF-MS}{MT-MS} \times 100 \quad (3)$$

$$DSH = \frac{MT-MF}{MT-MS} \times 100 \quad (4)$$

Em que:

TRA = teor relativo de \u00e1gua (%);

MF= massa fresca de folha (g);

MT= massa túrgida (g);

MS = massa seca (g).

A fim de avaliar a produção da aceroleira durante o primeiro ano de cultivo, determinou-se o número de frutos por planta, por meio da contagem de todos os frutos colhidos por planta; a massa média de fruto, por meio da média do peso de todos os frutos colhido na planta; o diâmetro longitudinal e transversal dos frutos, sendo aferido o comprimento longitudinal, mm (do ápice à base do fruto) e transversal, mm (região equatorial do fruto), de todos os frutos colhidos, utilizando-se paquímetro digital.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F, as médias das proporções P/N foram comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) e às referentes à interação entre a salinidade da água e as proporções de P/N e as relativas aos efeitos isolados da salinidade da água foram comparadas por regressão, empregando o *Software* Sisvar versão 5.1 (FERREIRA, 2011).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Exceto sobre o número de frutos por planta, a salinidade da água \times proporções de fósforo e nitrogênio não interferiu nas demais variáveis da Tabela 2. A taxa de crescimento absoluto em diâmetro do porta-enxerto (TCA-DPE), da copa (TCA-DC), taxa de crescimento relativo em diâmetro do porta-enxerto (TCR-DPE), da copa (TCR-DC), taxa de assimilação de CO_2 (A), eficiência instantânea da carboxilação ($EiCi$), condutância estomática (gs), transpiração (E), eficiência instantânea do uso da água ($EiUA$), fluorescência máxima (F_m) e variável (F_v), massa média e diâmetro longitudinal de frutos responderam aos efeitos isolados ($p < 0,05$) da salinidade da água de irrigação (Tabela 2). O teor relativo de água (TRA), déficit de saturação hídrica (DSH), concentração interna de CO_2 (C_i), fluorescência inicial (F_o) e eficiência quântica do fotossistema II (F_v/F_m) não foram influenciadas significativamente ($p > 0,05$) pelos fatores estudados (Tabela 2).

Tabela 2. Resumo do teste F para as variáveis taxa de crescimento absoluto em diâmetro do porta-enxerto (TCA-DPE), da copa (TCA-DC), taxa de crescimento relativo em diâmetro do porta-enxerto (TCR-DPE), do enxerto (TCR-DE) de 1 a 285 dias, teor relativo de água (TRA), déficit de saturação hídrica (DSH), taxa de assimilação de CO₂ (A), concentração interna de CO₂ (Ci), eficiência instantânea da carboxilação (EiCi), condutância estomática (gs), transpiração (E), eficiência instantânea do uso da água (EiUA), fluorescência inicial (Fo), máxima (Fm), variável (Fv) e eficiência quântica do fotossistema II (Fv/Fm) aos 285 dias após aplicação do níveis salinos, e número de frutos pora (NF/P), massa média de frutos (MMF), diâmetro longitudinal (DLF) e transversal (DTF) de frutos de aceroleira irrigada com águas salinas e adubadas com proporções de fósforo e nitrogênio aos 365 dias após aplicação do níveis salinos.

FV	GL	Significância do teste 'F'							
		TCA-DPE	TCA-DC	TCR-DPE	TCR-DE	TRA	DSH	A	
Bloco	2	*	ns	Ns	ns	ns	Ns	*	
Sal	4	*	*	*	*	ns	Ns	*	
Manejo	3	ns	ns	Ns	ns	ns	Ns	Ns	
Sal x Manejo	12	ns	ns	Ns	ns	ns	Ns	Ns	
CV (%)		19,83	14,56	23,85	17,71	4,37	28,85	27,13	
FV	GL	Significância do teste 'F'							
		Ci	EiCi	Gs	E	EUA	Fo	Fm	
Bloco	2	*	ns	*	*	*	Ns	*	
Sal	4	ns	*	*	*	*	Ns	*	
Manejo	3	ns	ns	Ns	ns	ns	Ns	Ns	
Sal x Manejo	12	ns	ns	Ns	ns	ns	Ns	Ns	
CV (%)		17,49	31,29	34,32	26,28	25,53	12,16	10,90	
FV	GL	Significância do teste 'F'							
		Fv	Fv/Fm	NF/P	MMF	DLF	DTF		
Bloco	2	ns	ns	Ns	ns	Ns	Ns		
Sal	4	*	ns	*	*	*	Ns		
Manejo	3	ns	ns	Ns	ns	Ns	Ns		
Sal x Manejo	12	ns	ns	*	ns	Ns	Ns		
CV (%)		16,55	7,65	18,55	10,00	6,44	7,01		

*Significativo a 0,05 de probabilidade; ns - Não significativo; Sal - Níveis de salinidade; Manejo – Variações nas proporções de adubação de P/N; CV-Coefficiente de variação

O aumento da salinidade da água de irrigação diminuiu o crescimento em diâmetro do porta-enxerto e da copa das plantas de aceroleira, sendo obtidas reduções de 8,35, 4,82, 9,55 e 6,23% nas TCA-DPE, TCR-DPE, TCA-DE e TCR-DE, respectivamente, para cada incremento unitário na condutividade elétrica da água de irrigação (Figuras 1A, B, C e D). A inibição do crescimento do caule do porta-enxerto e da copa da aceroleira está relacionada à acumulação de sais presentes na zona radicular, acrescida das sucessivas irrigações com água salina. Ademais, o excesso de sais na zona radicular potencializa o estresse osmótico, aumentando o gasto de

energia para absorção de água, além de que alguns sais, quando absorvidos em excesso, promovem toxicidade, desencadeando uma série de desordens fisiológicas, como redução da fotossíntese, limitando o crescimento e o desenvolvimento vegetal (MUNNS & TESTER, 2008; SYVERTSEN & GARCIA-SANCHEZ, 2014).

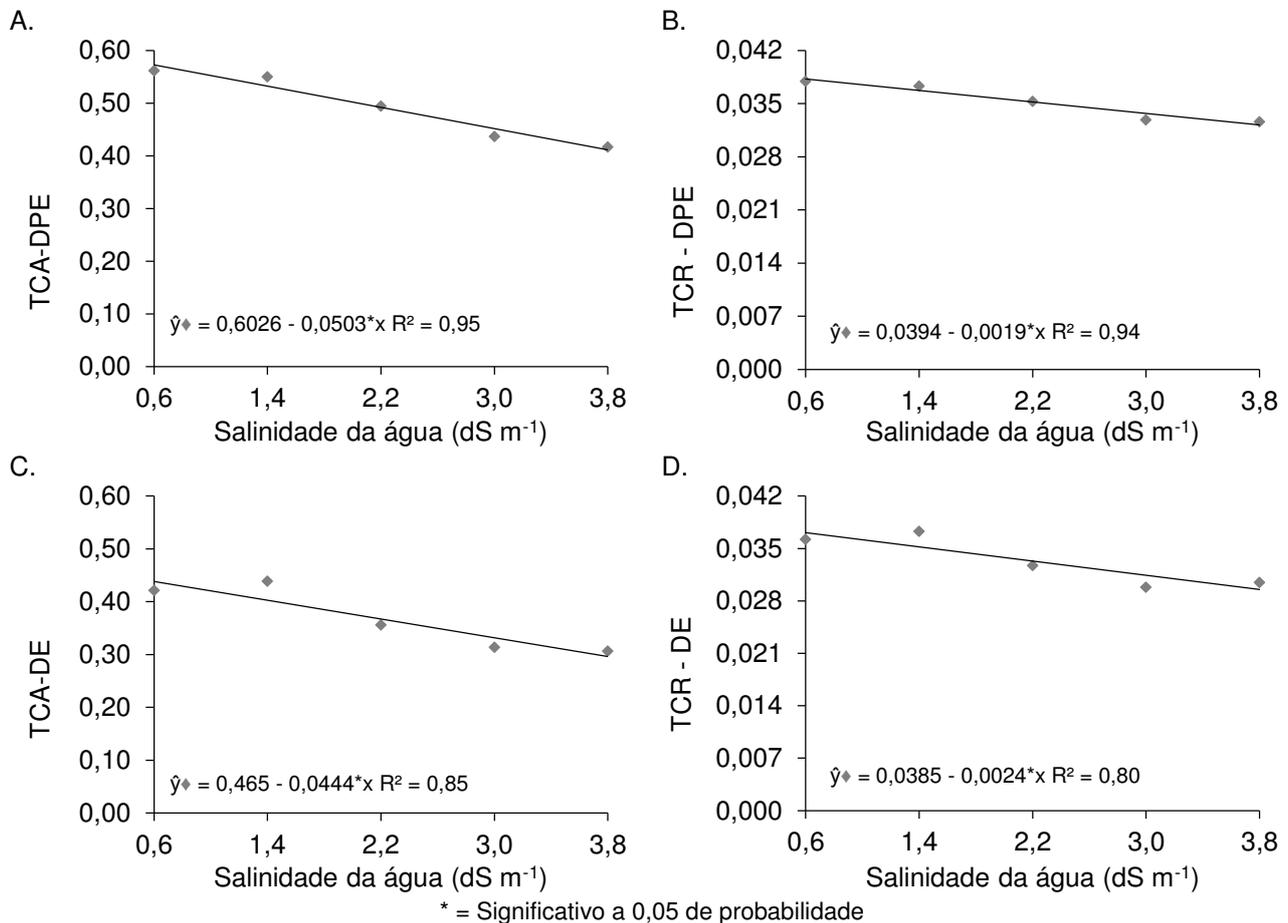


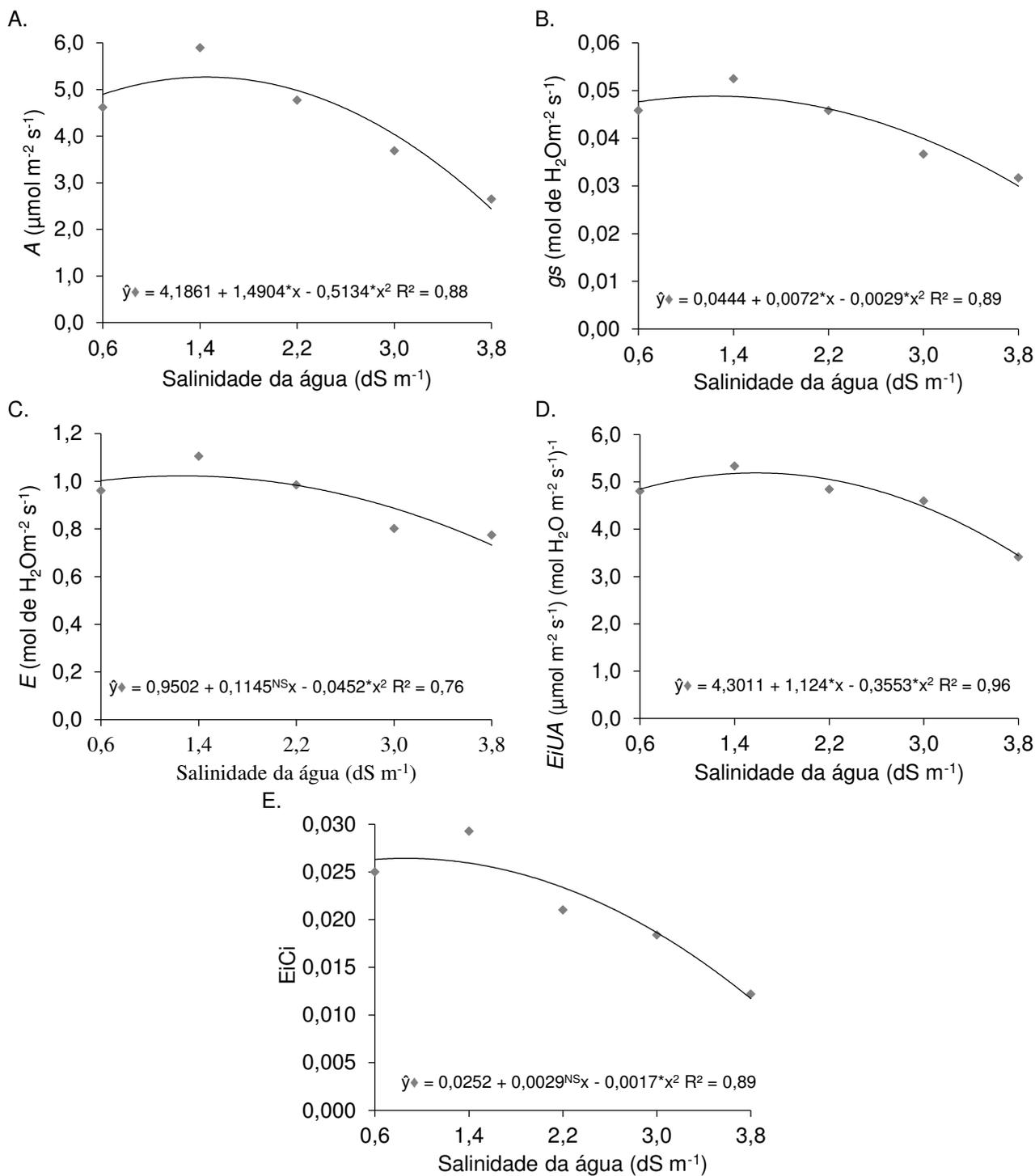
Figura 1. Taxa de crescimento absoluto (TCA - mm dia^{-1}) e relativo (TCR - $\text{mm mm}^{-1} \text{dia}^{-1}$) do diâmetro do porta-enxerto - DPE (A e B) e do enxerto - DE (C e D) de 1 aos 285 de plantas de aceroleira irrigadas com água salina e adubadas com proporções de fósforo e nitrogênio, aos 285 dias após aplicação dos níveis salinos.

Avaliando o crescimento de mudas de aceroleira após a enxertia submetidas à irrigação com água salinas, Gurgel et al. (2007) observaram reduções lineares em todas as variáveis de crescimento em função do aumento da salinidade da água. Na fase de formação das mudas, os autores constataram redução unitária de 2,39% no diâmetro do caule das mudas após 50 dias de enxertadas. No presente trabalho, as reduções nas taxas de crescimento são superiores a 4%, indicando que o efeito

deletério da salinidade ocorre devido ao tempo de exposição das plantas ao ambiente salino. A redução do crescimento ocasionada por efeitos osmóticos e iônicos em função da irrigação com água salina também foi observada por Brito et al. (2014), avaliando genótipos de citros submetidos ao estresse salino na fase de porta-enxertos e pós-enxertia. Os autores observaram efeito progressivo do estresse salino em função do tempo de exposição do porta-enxerto ao estresse, o que resultou em maiores reduções no crescimento das mudas enxertadas conforme a tolerância do porta-enxerto. Em uma breve comparação, podemos observar que mesmo na fase de mudas algumas combinações copa/porta-enxerto de citros, as mais sensíveis ao estresse, obtiveram reduções unitárias de crescimento em diâmetro superiores às aquelas observadas no crescimento da aceroleira durante o primeiro ano de cultivo no presente trabalho. Assim, podemos inferir que a combinação copa/porta-enxerto de acerola apresenta bom desempenho em condições de estresse salino.

É importante ressaltar que o diâmetro do enxerto foi mais prejudicado com aumento da salinidade da água em relação ao porta-enxerto, esse fato é relacionado à maior rusticidade, como também ao mecanismo de tolerância da espécie, sendo esta capaz de destinar maiores concentrações de solutos orgânicos para as raízes (porta-enxerto), permitindo-lhe tolerar as condições adversas impostas pelo estresse osmótico, regulando o potencial hídrico radicular. Além disso, um maior aporte de solutos orgânicos e, conseqüentemente, maior disponibilidade energética, permite que a planta aumente a seletividade na absorção de íons e a exclusão destes, favorecendo a homeostase iônica (GUPTA & HUAG, 2014).

O incremento da salinidade da água de irrigação estimulou o aumento na taxa de assimilação de CO₂, condutância estomática, transpiração, eficiência instantânea da carboxilação e eficiência instantânea do uso da água até os níveis estimados de salinidade de água de 1,45; 1,24; 1,27; 1,58 e 0,85 dS m⁻¹, respectivamente. A partir desses níveis de CEa, houve decréscimos em todas as variáveis, obtendo-se os menores valores no nível salino de 3,8 dS m⁻¹ (Figuras 2A, B, C, D e E). Com base nesses resultados de trocas gasosas, é possível identificar um nível de salinidade de 2,2 dS m⁻¹ como crítico para a atividade de trocas gasosas das plantas de aceroleira.



* e ^{NS} = Significativo a 0,05 de probabilidade e não significativo, respectivamente

Figura 2. Taxa de assimilação de CO₂-A (A), condutância estomática-gs (B), transpiração-E (C), eficiência instantânea do uso da água-EiUA (D) e eficiência instantânea da carboxilação-EiCi (E) de plantas de aceroleira irrigadas com água salina e adubadas com proporções de fósforo e nitrogênio, aos 285 dias após aplicação dos níveis salinos.

A diminuição da atividade estomática é um dos principais efeitos ocasionados pelo estresse salino em plantas, que atua limitando a perda de água via transpiração, assim como observado nesse trabalho (Figura 2B e C). Por meio da transpiração, ocorrem as variações no potencial hídrico nas paredes celulares, espaços intercelulares e no xilema, permitindo diferença de potencial, o que favorece absorção de água e nutrientes pelo sistema radicular (TAIZ et al., 2015; XU et al., 2015). Assim, o aumento ou redução da taxa transpiratória atua como mecanismo para regular o potencial hídrico celular, podendo ser utilizado pela planta para sobreviver em condições de estresse abióticos (HABIBI & AMIRI, 2013; GARRIGA et al., 2014; DADKHAH, 2015). Esse mecanismo de tolerância é de grande importância quando utilizado em condições de estresse salino, permitindo que a planta suporte o estresse osmótico e/ou reduza a absorção da água, além de aumentar a seletividade na absorção de íons tóxicos dissolvidos.

É provável que esse mecanismo permita regular o *status* hídrico da planta, assim como observado nas plantas de aceroleira, haja vista não ter sido observada influência do estresse salino sobre o teor relativo de água e o déficit de saturação hídrica nas folhas. No entanto, a redução da atividade estomática e da taxa transpiratória não foi eficaz para aumentar a eficiência instantânea do uso da água da aceroleira sob condições de salinidade (Figura 2D). Isso ocorreu devido ao decréscimo da taxa de assimilação de CO₂, que pode ser atribuída a fatores de ordem não estomática, tendo em vista que o fechamento estomático não influenciou na concentração interna de CO₂ e houve influência negativa do aumento da salinidade sobre a eficiência instantânea da carboxilação, confirmando que alterações de ordem bioquímica, como a redução do suprimento de energia e de poder redutor, influenciam na atividade da enzima Ribulose 1,5 Bisfosfato Caboxilase Oxigenase (RuBisCO), prejudicando a atividade fotossintéticas das plantas de aceroleira (HUSSAIN et al., 2012; SILVA et al., 2014).

A diminuição da taxa de assimilação de CO₂ pode estar relacionado à redução da fluorescência máxima e da fluorescência variável da clorofila a, influenciado pelo aumento da salinidade da água de irrigação, tendo em vista que foram verificadas reduções de 12,55 e 18,82% na fluorescência máxima e variável da clorofila a, quando comparados o maior (3,8 dS m⁻¹) e o menor (0,6 dS m⁻¹) nível de salinidade estudado, respectivamente (Figuras 3A e B).

A fluorescência máxima (Fm) refere-se ao estado em que os centros de reações do PSII atingiram sua capacidade máxima, evidenciando a condição reduzida de toda quinona (QA) pelos elétrons transferidos a partir do P680, e sua intensidade é determinante na fluorescência variável, energia potencialmente ativa no PSII (BAKER & ROSENQVST, 2004; SILVA et al., 2014). A redução na Fm e Fv é indicativa de diminuição na atividade da clorofila *a* e, conseqüentemente, diminuição na geração de energia e poder redutor, a exemplo do Trifosfato de Adenosina (ATP) e do Fosfato de Dinucleótido de Nicotinamida e Adenina (NADP), essenciais para o bom funcionamento da RuBisCO no processo de carboxilação do CO₂ (HUSSAIN et al., 2012; TAIZ et al., 2015; DABROWSKI et al., 2017).

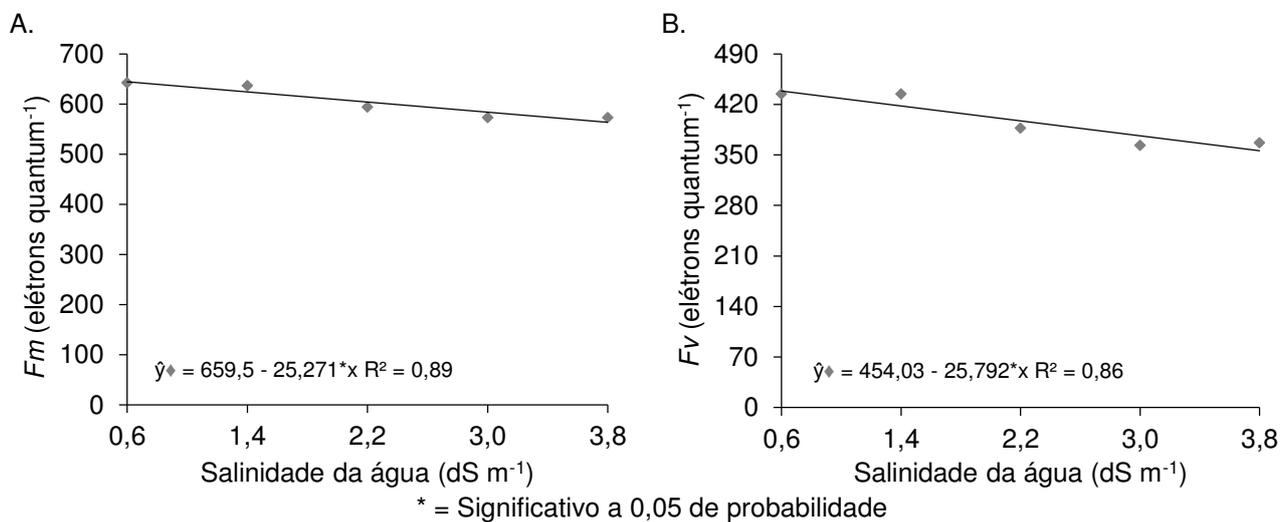


Figura 3. Fluorescência máxima-Fm (A) e variável-Fv (B) de plantas de aceroleira irrigadas com água salina e adubadas com proporções de fósforo e nitrogênio aos 285 dias após aplicação dos níveis salinos.

Apesar de não ter sido observada influência dos tratamentos sobre a eficiência quântica do fotossistema II (Fv/Fm), a redução da atividade da clorofila *a* ou a perda de energia do fotossistema II de 9,41% (Fv), verificada em níveis de salinidade superiores a 2,2 dS m⁻¹ tendo como base o tratamento controle (0,6 dS m⁻¹), promovem reduções na atividade fotossintética, que repercutem no crescimento das plantas de aceroleira (Figuras 1A, B, C, D, 2A e B).

Quanto à produção da aceroleira, verificou-se interação entre os níveis de salinidade e os manejos de adubação estudados sobre emissão de frutos (Tabela 2). As plantas adubadas com a recomendação de adubação fosfatada e nitrogenada (M1

= 100:100% P/N) e as que receberam incremento na adubação nitrogenada (M3 = 100:140% P/N) tiveram a emissão de frutos reduzida em função da salinidade, na ordem de 21,54 e 15,65% por aumento unitário na condutividade elétrica da água de irrigação, respectivamente (Figura 4A).

As plantas que receberam incremento na adubação fosfatada (M2 = 140:100% P/N) e adubação em conjunto (M4 = 140:140% P/N) apresentaram comportamento quadrático das combinações de P e N sobre a emissão de frutos, constatando-se o maior NFP (82,93 e 107,37 frutos/planta) nos níveis de salinidade estimados em 2,23 e 1,93 dS m⁻¹, respectivamente (Figura 4A). O incremento da produção em níveis moderados de salinidade, provavelmente ocorreu devido à maior disponibilidade de cálcio e magnésio no solo, como também ao estímulo ocasionado pela redução do potencial osmótico (estresse hídrico induzido), fazendo as plantas mudarem mais rapidamente da fase vegetativa para a fase reprodutiva (floração/frutificação), isso quando associado à adubação fosfatada, que aumenta a precocidade de produção das plantas (RAIJ, 1991), resultou em maior emissão de frutos de acerola. Nos tratamentos M1 = 100:100% P/N e M3 = M2 = 100:140% P/N, obtiveram menores produções, considerando que nestes tratamentos a única diferença foi a adição de fósforo, é provável que esse nutriente tenha agido como fator estimulante da produção no primeiro ciclo. Todavia, é importante salientar que com o incremento conjunto nas doses de N e P, a produção foi superior aos tratamentos que receberam incremento isolado de N e P, podendo-se dizer que há ação sinérgica entre o fósforo e o nitrogênio sobre a produção da aceroleira, de modo que o fósforo potencializa os efeitos da adubação nitrogenada em plantas de aceroleira cultivadas sob estresse salino.

Para a massa média (MMF) e diâmetro longitudinal (DLF) de frutos de aceroleira, observou-se comportamento quadrático em função do aumento da salinidade da água de irrigação, com o valor máximo na MMF de 7,21 g e DLF de 20,46 mm estimados, respectivamente, nos níveis de CEa de 1,53 e 1,64 dS m⁻¹, com posterior decréscimo, sendo estes mais expressivos em salinidades a partir de 3,0 dS m⁻¹ (Figuras 4B e C).

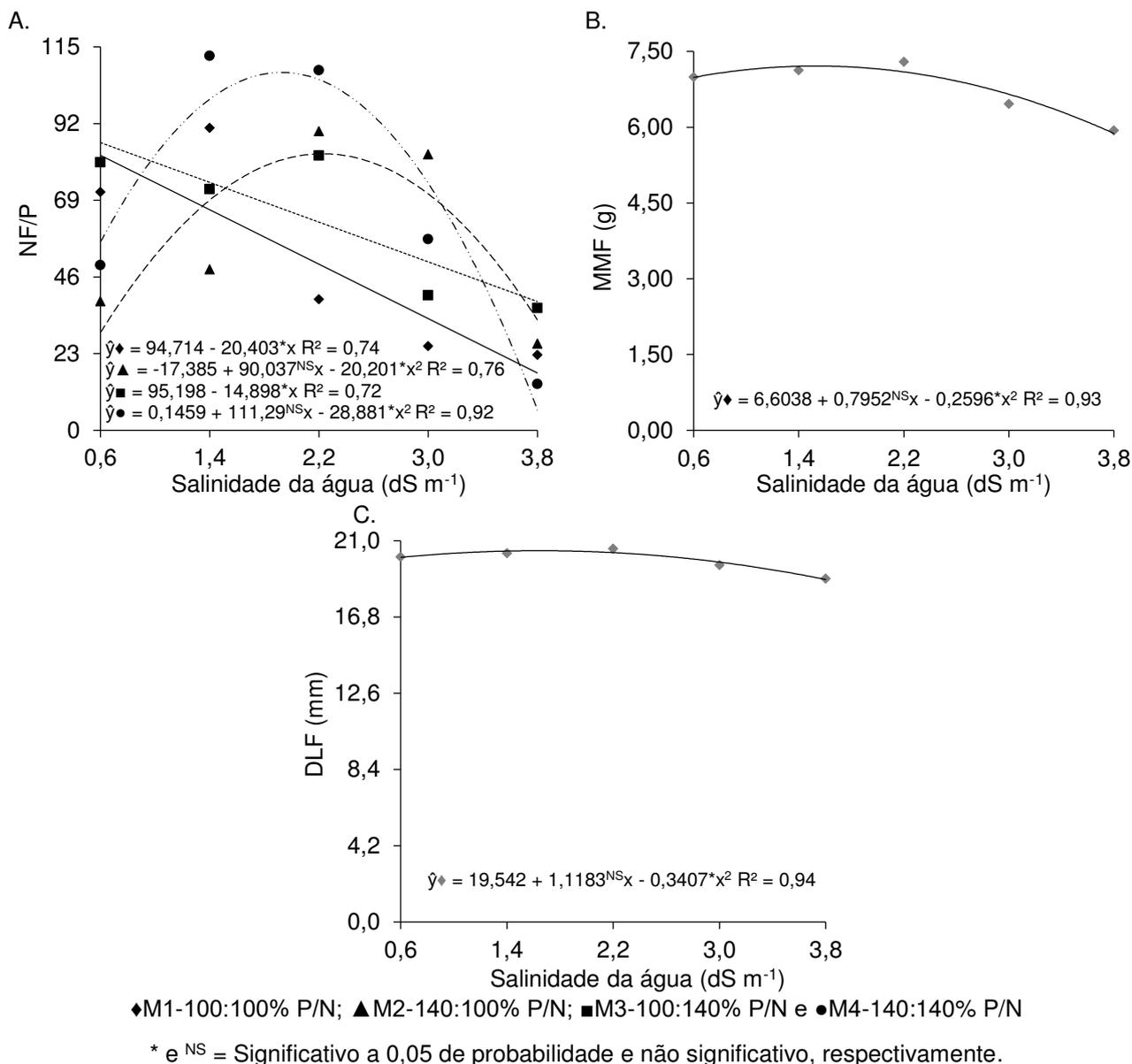


Figura 4. Número de frutos por planta-NF/P (A), massa média de frutos-MMF (B) e diâmetro longitudinal-DLF (C) de frutos de aceroleira irrigadas com água salina e adubadas com proporções de fósforo e nitrogênio aos 365 dias após aplicação dos níveis salinos.

Em condições de alta salinidade, as plantas de aceroleira tiveram não só a emissão de frutos reduzida, como também seu peso e tamanho também diminuíram em função do estresse salino. Observa-se ainda (Tabela 2) que não houve efeito significativo da salinidade sobre o diâmetro transversal do fruto, indicando que as reduções de massa do fruto estão relacionadas à redução no diâmetro longitudinal. Todavia, mesmo com os declínios observadas no peso e tamanhos dos frutos de

aceroleira, os resultados obtidos para cultivar BRS366-Jaburu até a salinidade de 3,0 dS m⁻¹, no presente estudo, foram superiores a cinco dos seis acessos de aceroleira estudados por Lima et al. (2014), quanto a biometria dos frutos, indicando que as irrigações com água de salinidade de 3,0 dS m⁻¹ não afetam as características biométricas dos frutos de aceroleira.

4. CONCLUSÕES

O aumento da salinidade da água até 2,2 dS m⁻¹ permite crescimento, atividade fotossintética e a produção adequada à aceroleira do primeiro ciclo da aceroleira.

Há ação sinérgica entre fósforo e nitrogênio (140:140% P/N) na mitigação do efeito depressivo dos sais à produção do primeiro ciclo da aceroleira.

As proporções de fósforo e nitrogênio não interferiram no crescimento e fisiologia da aceroleira aos 285 dias após aplicação dos tratamentos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASHRAF, M.; HARRIS, P. J. C. Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. **Plant Science**, v. 166, n. 1, p. 3-16, 2004.
- AYRES, R. S.; WESCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Tradução de GHEYI, H. R.; MEDEIROS, J. F.; DAMASCENO, E. F. A. V. Campina Grande, UFPB, 1999.
- BAKER, N. R.; ROSENQVST, E. Application of chlorophyll fluorescence can improve crop production strategies: an examination of future possibilities. **Journal of Experimental Botany**, v. 55, n. 403, p. 1607-1621, 2004
- BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas**: Noções básicas. Jaboticabal: Funep, 2003.
- BRITO, M. E. B.; BRITO, K. S. A.; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R.; SUASSUNA, J. F.; SOARES FILHO, W. S.; MELO, A. S.; XAVIER, D. A. Growth of ungrafted and grafted citrus rootstocks under saline water irrigation. **African Journal of Agricultural Research**, v. 9, n. 50, p. 3600-3609, 2014.
- CALGARO, M.; BRAGA, M. B. **A cultura da acerola**. 3. ed. rev. ampl. – Brasília, DF: Embrapa, 2012.

- CIRILO, J. A.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; CAMPOS, J. N. B. A questão da água no semiárido brasileiro. In: BICUDO, C. E. M.; TUNDISI, J. G.; SCHEUENSTUHL, M. C. B. (org.). **Águas do Brasil: análises estratégicas**. 1ed. São Paulo: Instituto de Botânica, 2010. p. 81-91.
- DĄBROWSKI, P.; KALAJI, M. H.; BACZEWSKA, A. H.; PAWLUŚKIEWICZ, B.; MASTALERCZUK, G.; BORAWSKA-JARMUŁOWICZ, B.; PAUNOV, M.; GOLTSEV, V. Delayed chlorophylla fluorescence, MR820, and gas exchange changes in perennial ryegrass under salt stress. **Journal of Luminescence**, v. 183, n. 11, p. 322-333, 2017.
- DADKHAH, A. Effect of long term salt stress on gas exchange and leaf carbohydrate contents in two sugar beet (*Beta vulgaris* L.) cultivars. **Russian Agricultural Sciences**, v. 41, n. 6, p. 423-428, 2015.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília, DF: Embrapa Solos, 2009.
- ESASHIKA, T.; OLIVEIRA, L. A.; MOREIRA, F. W. Resposta da aceroleira a adubação orgânica, química e foliar num Latossolo da Amazônia Central. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 36, n. 4, p. 399-410, 2013.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: A computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.
- GARRIGA, M.; RETAMALES, J. B.; BRAVO, S. R.; CALIGARI, P. D. S.; LOBOS, G. A. Chlorophyll, anthocyanin, and gas exchange changes assessed by spectroradiometry in *Fragaria chiloensis* under salt stress. **Journal of Integrative Plant Biology**, v. 56, n. 5, p. 505–515, 2014.
- GUPTA, B.; HUANG, B. Mechanism of salinity tolerance in plants: physiological, biochemical, and molecular characterization. **International Journal of Genomics**, v. 2014, n. 1, p. 1-18, 2014.
- 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. **Revista Caatinga**, v. 20, n. 2, p. 16-23, 2007.

- HABIBI, F.; AMIRI, M. E. Influence of in vitro salinity on growth, mineral uptake and physiological responses of two citrus rootstocks. **International Journal of Agronomy and Plant Production**, v. 4, n. 6, p. 1320-1326, 2013.
- LIMA, G. S.; GHEYI, H. R.; NOBRE, R. G.; SOARES, L. A. A.; XAVIER, D. A.; SANTOS JUNIOR, J. A. Water relations and gas exchange in castor bean irrigated with saline water of distinct cationic nature. **African Journal of Agricultural Research**, v. 10, n. 13, p. 1581-1594, 2015.
- LIMA, P. C. C.; SOUZA, B. S.; SOUZA, P. S.; BORGES, S. S.; ASSIS, M. D. O. Caracterização e avaliação de frutos de aceroleira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, n. 3, p. 550-555, 2014.
- MEDEIROS, J. F. DE; LISBOA, R. A.; OLIVEIRA, M.; SILVA JÚNIOR, M. J.; ALVES, L. P. Caracterização das águas subterrâneas usadas para irrigação na área produtora de melão da Chapada do Apodi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 7, n. 3, p. 469-472, 2003.
- MEZADRI, T.; VILLAÑO, D.; FERNÁNDEZ-PACHÓN, M.; GARCÍA-PARRILLA, M.; TRONCOSO, A. M. Antioxidant compounds and antioxidant activity in acerola (*Malpighia emarginata* DC.) fruits and derivatives. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 21, n. 4, p. 282-290, 2008.
- MUNNS, R.; TESTER, M. Mechanism of salinity tolerance. **Annual Review of Plant Biology**, v. 59, n. 3, p. 651-681, 2008.
- MUSSER, R. S. Tratos culturais na cultura da acerola. In: SÃO JOSÉ, A. R.; ALVES, R. E. (org.). **Acerola no Brasil: Produção e mercado**. Vitória da Conquista: DFZ/UESB. 1995. p.47-52.
- RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Ceres/Potafos, 1991.
- RIBEIRO, P. H. P.; GHEYI, H. R.; UYEDA, C. A.; TEIXEIRA, M. B.; SOARES, F. A. L.; DIAS, N. S. Taxa de crescimento e produção de girassol irrigado com água salina sob doses de nitrogênio. **Irriga**, v.1, Especial Grandes Culturas: 233-247, 2016.
- SÁ, F. V. S.; BRITO, M. E. B.; SILVA, L. A.; MOREIRA, R. C. L.; FERNANDES, P. D.; FIGUEIREDO, L. C.; MELO, A. S.; PAIVA, E. P. Physiology and phytomass of saccharine sorghum (*Sorghum bicolor*) in saline-sodic soil treated with correctives

- and single superphosphate. **Australian Journal of Crop Science**, v. 11, n. 10, p. 1290-1296, 2017.
- SHIBLI, R. A.; SAWWANC, J.; SWAIDATA, I.; TAHATC, M. Increased phosphorus mitigates the adverse effects of salinity in tissue culture. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 32, n. 3/4, p. 429-440, 2001.
- SILVA, L. A. S.; BRITO, M. E. B.; SÁ, F. V. S.; MOREIRA, R. C. L. M.; SOARES FILHO, W. S.; FERNANDES, P. D. Mecanismos fisiológicos em híbridos de citros sob estresse salino em cultivo hidropônico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. Especial, p. S1-S7, 2014.
- SOARES, T. M.; SILVA, I. J. O.; DUARTE, S. N.; SILVA, E. F. F. Destinação de águas residuárias provenientes do processo de dessalinização por osmose reversa. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 3, p. 730-737, 2006.
- SYVERTSEN, J. P.; GARCIA-SANCHEZ, F. Multiple abiotic stresses occurring with salinity stress in citrus. **Environmental and Experimental Botany**, v. 103, n. 1, p. 128–137, 2014.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Plant physiology and development**. 6ª. Ed. New York: Sinauer Associates, 2015.
- XU, X.; LI, Y.; WANG, B.; HU, J.; LIAO, Y. Salt stress induced sex-related spatial heterogeneity of gas exchange rates over the leaf surface in *Populus cathayana* Rehd. **Acta Physiol Plant**, v. 37, n. 11, p. 1709-1718, 2015.

CAPÍTULO VI

CRESCIMENTO, COMPOSIÇÃO MINERAL FOLIAR E PRODUÇÃO DA ACEROLEIRA IRRIGADA COM ÁGUA SALINA SOB PROPORÇÕES DE FÓSFORO E NITROGÊNIO

CRESCIMENTO, COMPOSIÇÃO MINERAL FOLIAR E PRODUÇÃO DA ACEROLEIRA IRRIGADA COM ÁGUA SALINA SOB PROPORÇÕES DE FÓSFORO E NITROGÊNIO

RESUMO: Objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito da salinidade de água e proporções fósforo/nitrogênio sobre o crescimento, composição foliar de macronutrientes e sódio e a produção da aceroleira. A pesquisa foi realizada em ambiente protegido, em lisímetros preenchidos com Neossolo Regolítico de textura franco-argilosa e baixo teor inicial de fósforo. O experimento foi desenvolvido em ambiente protegido, em lisímetros com Neossolo Regolítico; o delineamento foi o de blocos casualizados com os tratamentos arranjos em esquema fatorial 5 x 4, referente aos níveis níveis de condutividade elétrica da água de irrigação - CEa (0,6; 1,4; 2,2; 3,0 e 3,8 dS m⁻¹) e quatro proporções percentuais de fósforo e nitrogênio P/N (100:100; 140:100; 100:140 e 140:140% P/N), com três repetições. As doses de fósforo e nitrogênio correspondentes a 100% da recomendação de adubação fosfatada e nitrogenada foram de 45,0 g de P₂O₅ planta ano⁻¹ e 23,85 g de N planta ano⁻¹, respectivamente. As plantas de aceroleira foram conduzidas sob irrigação com água salina durante 365 dias, onde foram avaliadas quanto às características de crescimento, composição mineral foliar e produção. O aumento da salinidade da água de irrigação aumenta os teores de sódio nos tecidos a níveis prejudiciais ao crescimento, composição mineral foliar e produção da aceroleira. Adubação com 140% da recomendação de fósforo e de nitrogênio inibe a ação do estresse salino, promovendo maior produção das plantas de aceroleira irrigadas com água de até 3,0 dS m⁻¹.

Palavras-chave: *Malpighia emarginata*, nutrição mineral, irrigação, estresse salino, adubação.

GROWTH, MINERAL FOLIAR COMPOSITION AND PRODUCTION OF WEST INDIAN CHERRY IRRIGATED WITH SALINE WATER UNDER PHOSPHORUS AND NITROGEN PROPORTIONS

ABSTRACT: The objective of this work was to evaluate the effect of water salinity and phosphorus / nitrogen ratios on growth, leaf composition of macronutrients and sodium and the production of acerola. The research was carried out in a protected environment, in lysimeters filled with Regolithic Neosol of loamy clay texture and low initial phosphorus content. The experiment was carried out in a protected environment, in lysimeters with Neosol Regolítico; the design was randomized blocks with the treatments arranged in a 5 x 4 factorial scheme, referring to the levels of electrical conductivity of the irrigation water - CEa (0.6, 1.4, 2.2, 3.0 and 3, 8 dS m⁻¹) and four percent proportions of phosphorus and nitrogen P/N (100:100, 140:100, 100:140 and 140:140% P/N), with three replicates. Phosphorus and nitrogen doses corresponding to 100% of the recommendation for phosphate and nitrogen fertilization were 45.0 g of P₂O₅ plant year⁻¹ and 23.85 g of N plant year⁻¹, respectively. The West Indian Cherry plants were conducted under irrigation with saline water for 365 days, where they were evaluated the growth characteristics, foliar mineral composition and production. The increase of the salinity of irrigation water increases the levels of sodium in the tissues to levels detrimental to growth, foliar mineral composition and the production of the West Indian Cherry. Fertilization with 140% of the phosphorus and nitrogen recommendation inhibits the action of saline stress, promoting greater production of West Indian Cherry irrigated water plants with water up to 3.0 dS m⁻¹.

Key words: *Malpighia emarginata*, mineral nutrition, irrigation, saline stress, fertilization.

1. INTRODUÇÃO

A aceroleira (*Malpighia emarginata* DC.) é uma planta de clima tropical com origem no norte da América do Sul, América Central e ilhas do Caribe, sendo cultivada no Brasil, principalmente na região Nordeste do país, com 64% da área plantada do país (ADRIANO & LEONEL, 2012).

Dentre as frutas produzidas no Brasil, a acerola vem ganhando cada vez mais espaço no mercado, devido ao seu elevado teor de vitamina C (ácido ascórbico), variando de 695 a 4827mg 100mL⁻¹ de polpa, sendo considerada um produto de alta qualidade, destacando-se no campo dos alimentos funcionais (ADRIANO et al., 2011; CALGARO & BRAGA, 2012).

Apesar da expressividade do cultivo da acerola na região semiárida do Nordeste brasileiro, principalmente no que diz respeito à fruticultura irrigada em geral. Nas regiões onde a evapotranspiração supera a pluviosidade, a salinidade do solo e da água de irrigação constitui grande obstáculo ao sistema de produção (FREIRE et al., 2010; SOUZA et al., 2015). A salinização de áreas irrigadas muitas vezes é consequência do uso de água de qualidade inadequada, associado ao manejo do sistema solo-água-planta e à deficiência do sistema de drenagem (SILVA et al., 2011).

Em geral, o estresse salino reduz o desenvolvimento e produtividade dos vegetais inicialmente pelos efeitos osmóticos, causando deficiência hídrica e, posteriormente, pelos efeitos iônicos, prejudicando o equilíbrio entre nutrientes essenciais absorvidos (MUNNS & TESTER, 2008; HABIBI & AMIRI, 2013; BEZERRA et al., 2018). Essas interações iônicas que afetam a disponibilidade, absorção e transporte de nutrientes são altamente complexas, independentemente das condições de salinidade. Todavia, a salinidade adiciona um nível de complexidade ainda maior, afetando a atividade dos íons em solução e os processos de absorção, transporte, assimilação e distribuição (NEVES et al., 2009; SILVA et al., 2011).

Assim, diante de inúmeras alterações ocasionadas ao desenvolvimento vegetal pelo estresse salino, algumas estratégias de manejo são estudadas ao longo dos anos, como a escolha de espécies e variedades tolerantes, uso cíclico e mistura de fontes de águas de diferentes concentrações salinas e o manejo da adubação, sendo este último uma das principais tecnologias utilizadas para incrementar a produtividade e a rentabilidade das culturas (LACERDA et al., 2009; LIMA et al., 2015).

Grande parte dos estudos relacionados à adubação em ambientes salinos é realizada com o nitrogênio, macronutriente exigido em maior quantidade pelas culturas agrícolas, devido às suas funções no metabolismo das plantas, participando na formação de proteínas, aminoácidos e de outros compostos importantes do metabolismo vegetal (MARINHO et al., 2010; TAIZ et al., 2017). Recentemente, alguns estudos relacionam os benefícios da adubação fosfatada em plantas cultivadas em meio salino; apesar de ser exigido em menores quantidades que o nitrogênio, esse nutriente atua em distintas funções metabólicas e estruturais, inclusive na fotossíntese, mecanismo vital para sobrevivência das plantas (TAIZ et al., 2017; SÁ et al., 2017).

No entanto, mesmo com a expressividade de estudos sobre o manejo da adubação na mitigação dos efeitos do estresse salino nas culturas, são escassos na

literatura estudos que quantificam a extração de nutrientes do solo em plantas sob estresse salino, principalmente em casos nos quais é estudada a ação conjunta de mais de um nutriente (NEVES et al., 2009; SÁ et al., 2017). Com isso, objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito da salinidade de água e combinação fósforo/nitrogênio sobre o crescimento, o teor de macronutrientes e suas relações com o teor de sódio nos tecidos foliares e a produção da aceroleira.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido em casa de vegetação do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais (CTRN) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), localizado no município de Campina Grande, Paraíba, PB, nas coordenadas geográficas 7°15'18" de latitude Sul, 35°52'28" de longitude Oeste e altitude média de 550 m.

O experimento foi instalado no delineamento de blocos casualizados com os tratamentos arranjados em esquema fatorial 5 x 4, referente aos níveis níveis de condutividade elétrica da água de irrigação - CEa (0,6; 1,4; 2,2; 3,0 e 3,8 dS m⁻¹) e quatro proporções percentuais de fósforo e nitrogênio P/N (100:100; 140:100; 100:140 e 140:140% P/N), com três repetições de uma planta por parcela. A aplicação de 100% da adubação fosfatada (45,0 g de P₂O₅ planta ano⁻¹) e nitrogenada (23,85 g de N planta ano⁻¹) foi baseada em recomendações de Musser (1955).

O material de solo utilizado no preenchimento dos lisímetros foi um Neossolo Regolítico de textura franco-argilosa (profundidade de 0-30 cm), procedente do município de Esperança-PB. Os atributos químicos e físicos do solo foram determinados conforme as metodologias contidas em EMBRAPA (2009) e estão na Tabela 1.

As plantas de aceroleira foram desenvolvidas em lisímetros, preenchidos com 235 kg de solo. Cada lisímetro apresentava dois drenos de 18 mm espaçados equidistantemente nas extremidades e sobre cada dreno foram colocados um tecido geotêxtil (tipo Bidin) e uma camada de 0,5 kg de brita. A água de drenagem foi coletada com auxílio de duas garrafas tipo PET por lisímetro, com capacidade de 2 L cada, dispostas abaixo dos lisímetros, sendo o valor da drenagem computado e utilizado no balanço hídrico da cultura.

Tabela 1. Características químicas e físico-hídricas do solo utilizado no experimento.

Características químicas									
pH (H ₂ O) (1:2,5)	M.O dag kg ⁻¹	P (mg kg ⁻¹)	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H ⁺ + Al ³⁺	PST %	CEes (dS m ⁻¹)
5,63	1,830	18,20	0,21	0,17	3,49	2,99	5,81	1,34	0,61
Características físicas									
Fração granulométrica (g kg ⁻¹)			Classe textural	Umidade (kPa)		AD	Porosidade total m ³ m ⁻³	Ds ----- (kg dm ⁻³) ----	Dp
Areia	Silte	Argila		33,42	1519,5				
573	101	326	FA	12,68	4,98	7,70	0,5735	1,13	2,65

M.O – Matéria orgânica: Digestão Úmida Walkley-Black; Ca²⁺ e Mg²⁺ extraídos com KCl 1 mol L⁻¹ pH 7,0; Na⁺ e K⁺ extraídos utilizando-se NH₄OAc 1 mol L⁻¹ pH 7,0; Al³⁺ e (H⁺ + Al³⁺) extraídos utilizando-se CaOAc 1 mol L⁻¹ pH 7,0; CEes – condutividade elétrica do extrato de saturação do solo; FA – Franco Argiloso; AD – Água disponível; DA- Densidade do solo; DP- Densidade de partículas.

No experimento, foram utilizadas mudas de aceroleiras cultivar BRS 366-Jaburu, enxertadas por meio de garfagem no porta-enxerto Criolo, proveniente do Jardim de Sementes da EMBRAPA Agroindústria Tropical, em Pacajus-CE. As mudas enxertadas foram adquiridas com idade de 240 dias (150 de porta-enxerto + 90 dias de enxertia) após a semeadura e durante esse tempo foram irrigadas com água de baixa salinidade (0,6 dS m⁻¹), sendo transplantadas para os lisímetros (Figura 1B e C). Após transplante, as mudas foram aclimatadas por um período de 30 dias antes do início da aplicação dos tratamentos de salinidade.

As águas de menor condutividade elétrica (CEa) (0,6 e 1,4 dS m⁻¹) foram obtidas a partir da diluição de água de abastecimento municipal (CEa= 1,78 dS m⁻¹) com água de chuva (0,04 dS m⁻¹), e as demais CEa (2,2; 3,0 e 3,8 dS m⁻¹) foram preparadas pela adição de sais de sais (NaCl, CaCl₂.2H₂O e MgCl₂.6H₂O) à água de abastecimento, na proporção equivalente a 7:2:1 entre os íons Na, Ca e Mg respectivamente. Essa relação representa a composição média dos teores de íons presentes nas águas utilizadas para irrigação no semiárido do Nordeste brasileiro (MEDEIROS et al., 2003).

A irrigação com os distintos níveis de condutividade elétrica da água foi realizada adotando-se o turno de rega de três dias, aplicando-se em cada lisímetro um volume de água de forma a manter a umidade do solo próxima à sua capacidade ideal de retenção de água no solo (33,42 kPa). Em cada irrigação, foi aplicado o volume de água determinado para atender à necessidade hídrica das plantas, mediante balanço de água na zona radicular, obtido pela diferença entre o volume aplicado e o drenado, calculados a cada 30 dias. Visando a evitar acumulação

excessiva de sais na zona radicular, a cada 30 dias aplicava-se uma fração de lixiviação de 0,10 (AYERS & WESTCOT, 1999).

As adubações com P e N foram realizadas de acordo com os tratamentos previamente estabelecidos, utilizando-se o superfosfato simples (18% P_2O_5 , 18% Ca^{2+} , 12% S) como fonte de fósforo e a ureia (45% N) como fonte de nitrogênio, com base na recomendação de Musser (1995), adicionando-se ainda 19,8 g de K_2O por planta ano, utilizando-se cloreto de potássio (60% K_2O). Quanto às adubações, foram aplicados 250 e 350 g de superfosfato simples em fundação nos tratamentos de 100 e 140% de P, respectivamente. A adubação nitrogenada foi dividida em 24 parcelas iguais, aplicadas em intervalos de 15 dias durante o ano, sendo aplicados 2,21g de ureia por planta no tratamento de 100% e 3,09 g de ureia por planta no tratamento de 140%, diluídos em 100 ml de água de chuva (0,04 dS m^{-1}). A adubação potássica foi parcelada em 12 aplicações iguais durante o ano, fornecidas mensalmente, na dose 2,75 g de KCl por planta, diluídas em 100 ml de água de chuva (0,04 dS m^{-1}). O manejo de adubação foi iniciado (N e P) concomitantemente com o transplântio das mudas para os lisímetros. A partir do início da floração até o fim do primeiro ano de cultivo, as plantas receberam adubações semanalmente com micronutrientes, ao nível de 15 litros de calda para todo estande (60 plantas) nas proporções de 0,5 g L^{-1} , tendo como fonte o fertilizante foliar Quimifol Nutri, que possui 25% de potássio (K_2O), 2,5% de magnésio, 6,0% de enxofre, 2,0% de boro, 0,5% de cobre, 0,3% de molibdênio e 5,0% de zinco.

Durante a condução do experimento, foram efetuados os tratos culturais e fitossanitários preconizados para a cultura, monitorando o surgimento de pragas e doenças, adotando-se medidas de controle quando necessário.

Para analisar o crescimento das plantas de acerola, foram realizadas medições de diâmetro do porta-enxerto e do enxerto aos 285 dias após a aplicação dos níveis salinos. O diâmetro do caule do porta-enxerto (mm) foi medido a 2 cm do solo e o diâmetro do caule do enxerto a 2 cm, acima do ponto da enxertia.

Neste mesmo período, ou seja, aos 285 dias após a irrigação com os níveis salinos, época correspondente à transição da fase de floração e frutificação, foram coletadas amostras foliares das plantas de aceroleira, acondicionadas em sacos de papel e postas para secar em estufa de circulação de ar, a 65 °C para até peso constante. Após a secagem, o material foi triturado em moinho de facas tipo Willey e, posteriormente, analisado quanto aos teores de nitrogênio (N), potássio (K), fósforo

(P), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e sódio (Na), seguindo metodologia contida em EMBRAPA (2009) com os dados expressos em g kg⁻¹ de MS. Após obtenção dos dados foi determinado a relação desses íons com íons de sódio (Na/N; Na/K; Na/P; Na/Ca e Na/Mg).

A fim de avaliar a produção das plantas de aceroleira durante o primeiro ano de cultivo, todos os frutos emitidos por cada planta foram monitoradas, colhidos individualmente e pesados em balança analítica com precisão de 0,0001 g, determinando-se a produção por planta (dados expressos em gramas).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F, as médias das proporções P/N foram comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) e às referentes à interação entre a salinidade da água e as proporções de P/N; aquelas relativas aos efeitos isolados da salinidade da água foram comparadas por regressão, empregando o *Software* Sisvar versão 5.1 (FERREIRA, 2011).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A interação entre a salinidade das águas e as proporções de P/N exerceu efeitos significativos nos teores foliares de fósforo, cálcio, na relação Na/P e na produção por planta de acerola (Tabela 2). A salinidade da água interferiu isoladamente no diâmetro caulinar do porta-enxerto e do enxerto, teor de sódio e nas relações Na/N, Na/K, Na/Ca e Na/Mg nas folhas. As proporções de fósforo e nitrogênio interferiram isoladamente na composição foliar de sódio e na relação Na//N nas folhas das plantas. Quanto aos teores foliares de nitrogênio, potássio e magnésio, não foram observadas influências significativas das fontes de variação estudadas nem da interação entre ambos.

Os diâmetros do caule do porta-enxerto e do caule da copa foram reduzidos linearmente com o aumento da salinidade da água de irrigação, sendo verificadas reduções de 21,74 e 21,38% entre as plantas cultivadas no maior (3,8 dS m⁻¹) e menor (0,6 dS m⁻¹) nível de salinidade da água de irrigação (Figuras 1A e B). A redução do crescimento de plantas frutíferas sob condições de estresse salino também foram verificadas por Brito et al. (2017) e Bezerra et al. (2018) em porta-enxertos de citros e plantas de goiabeira, respectivamente. Os referidos autores atribuem essa diminuição no crescimento das plantas à elevação da salinidade na zona radicular, mediante sucessivas irrigações que elevam a salinidade do solo. O excesso de sais de NaCl na zona radicular potencializou a absorção e a compartimentalização desses sais no

mesófilo, por meio da inibição competitiva e da toxicidade por íons específicos, desencadeando uma série de desordens fisiológicas e nutricionais (MUNNS & TESTER, 2008; SYVERTSEN & GARCIA-SANCHEZ, 2014), que limitaram o crescimento da aceroleira (Figura 1A e B).

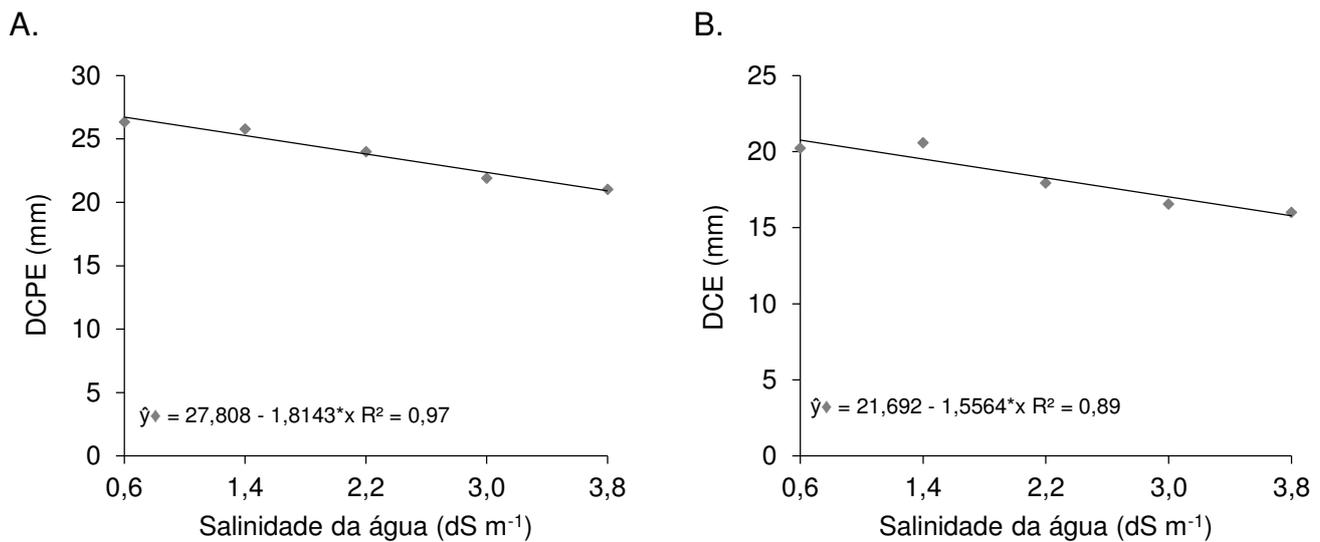
Tabela 2. Resumo das análises de variância, pelo teste F, para o diâmetro do caule do porta-enxerto (DCPE) e do enxerto (DCE), teor de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), sódio (Na) e da relação sódio/nitrogênio (Na/N), sódio/fósforo (Na/P), sódio/potássio (Na/K), sódio/cálcio (Na/Ca) e sódio/magnésio (Na/Mg) nas folhas aos 285 dias após aplicação dos tratamentos e a produção por planta de aceroleira irrigada com águas salinas e adubada com diferentes proporções de fósforo/nitrogênio aos 365 dias após aplicação dos tratamento.

FV	GL	Significância do teste 'F'						
		DCPE	DCE	N	P	K	Ca	Mg
		-----mm-----		-----g kg ⁻¹ de MS-----				
Bloco	2	*	ns	ns	*	ns	*	ns
Sal	4	*	*	ns	*	ns	*	ns
Manejo	3	ns	ns	ns	*	ns	*	ns
Sal x Manejo	12	ns	ns	ns	*	ns	*	ns
CV (%)		14,30	16,81	10,56	18,54	20,31	15,12	16,44
Média Geral		23,81	18,27	20,73	1,67	12,84	18,59	4,11

FV	GL	Significância do teste 'F'						
		Na	Na/N	Na/P	Na/K	Na/Ca	Na/Mg	P/P
		g kg ⁻¹ de MS						
Bloco	2	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Sal	4	*	*	*	*	*	*	*
Manejo	3	*	*	*	ns	ns	ns	*
Sal x Manejo	12	ns	ns	*	ns	ns	ns	*
CV (%)		17,02	22,25	24,79	30,94	20,83	25,43	20,15
Média Geral		16,28	0,79	10,62	1,29	0,92	4,07	414,89

*Significativo a 0,05 de probabilidade; ns - Não significativo; Sal - Níveis de salinidade; Manejo – Variações nas proporções de adubação de P/N; CV-Coeficiente de variação

Apesar de não significativos, os teores médios obtidos de nitrogênio, potássio e magnésio na massa seca foliar de 20,73; 12,84 e 4,11 g kg⁻¹ de massa seca foliar estão em conformidade com os teores médios obtidos por Lima (2008), quando avaliaram a nutrição mineral de progênies de aceroleira em diferentes épocas do ano, obtendo a faixa de 21,8 a 30,5 g kg⁻¹ de MS para o nitrogênio, 9,3 a 29,9 g kg⁻¹ de MS para o potássio e de 3,7 a 5,1 g kg⁻¹ para o magnésio para plantas com 2,5 anos de idade.



* = Significativo a 0,05 de probabilidade

Figura 1. Diâmetro do caule do porta-enxerto- DCPE (A) e do caule do enxerto - DCE (B) de aceroleira irrigada com água salina e adubada com proporções de fósforo e nitrogênio aos 285 dias após aplicação dos níveis salinos.

O aumento da salinidade da água de irrigação reduziu o teor de fósforo nas folhas das plantas de aceroleira adubadas com 100:100% da recomendação de P/N, sendo verificado reduções de 0,227 g kg⁻¹ de fósforo nos tecidos foliares por aumento unitário na salinidade de água de irrigação (Figura 2). Os dados relativos às proporções P/N de 140:100%, 100:140% e 140:140% P/N não se ajustaram a nenhum modelo de regressão, sendo os teores médios de fósforo de 1,74, 1,65 e 1,83 g kg⁻¹ (Figura 2). Assim, verificou-se que as plantas que receberam 40% a mais de fósforo e/ou de nitrogênio não tiveram os teores desses nutrientes influenciados pelo aumento da salinidade (Figura 2). No entanto, as plantas que receberam apenas a dosagem recomendada de P e N tiveram teores foliares de fósforo reduzidos com o aumento da salinidade da água. Considerando que o fósforo apresenta maiores complexidades quanto à sua disponibilidade, movimento em solução do solo, interceptação e absorção pela planta, em relação ao nitrogênio (EPSTEIN & BLOOM, 2006; TAIZ et al., 2017). A restrição osmótica e iônica ocasionada pelo excesso de sais na zona radicular afetou diretamente sua absorção pelas plantas de aceroleira. Porém, com adubação suplementar desse nutriente, os efeitos do estresse salino sobre sua absorção e assimilação são minimizados e exercem efeitos positivos na produção.

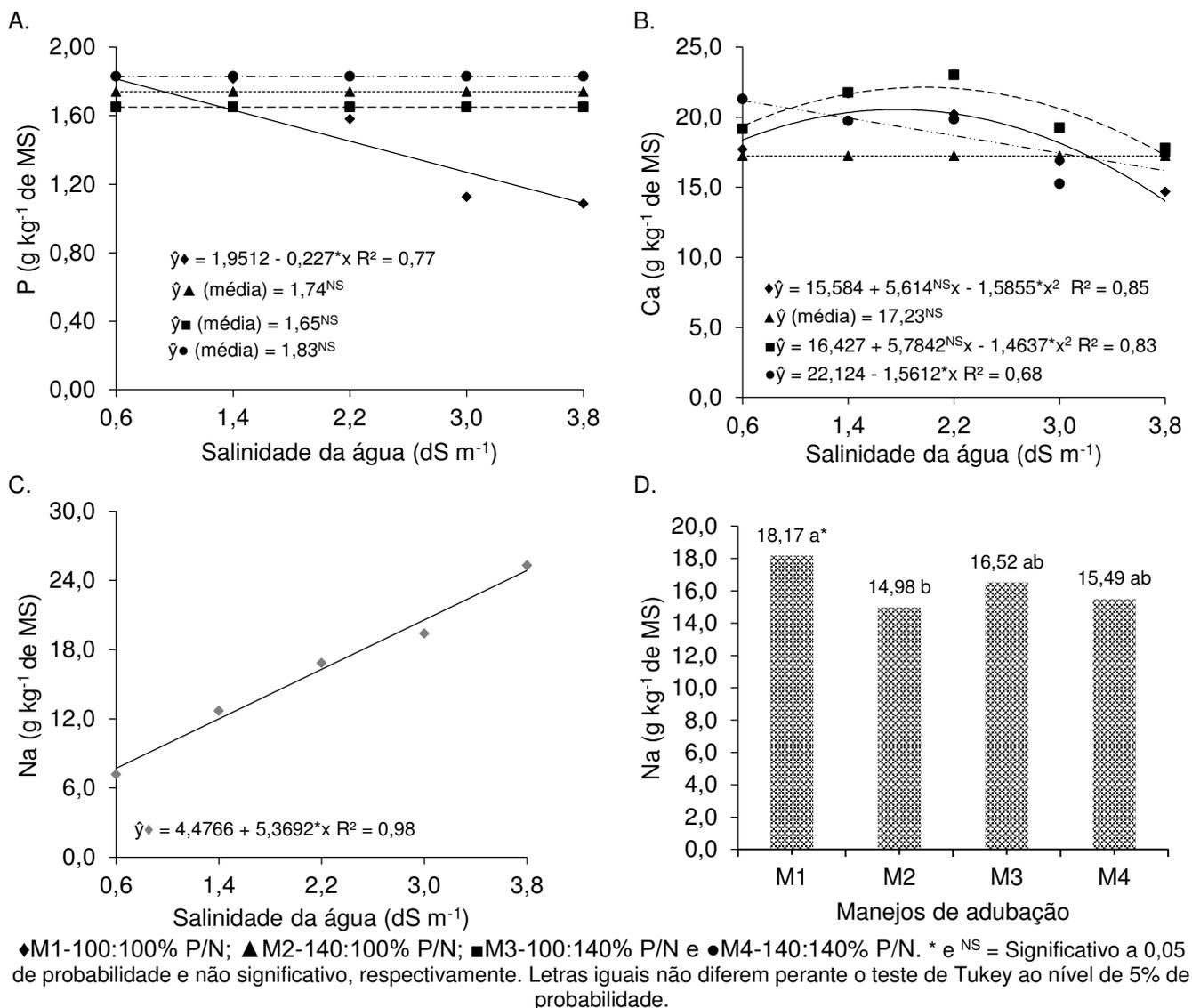


Figura 2. Teor de fósforo-P (A), cálcio-Ca (B) e sódio (C e D) nas folhas de plantas de aceroleira irrigadas com água salina e adubadas com proporções de fósforo e nitrogênio aos 285 dias após aplicação dos níveis salinos.

Os teores médios de fósforo obtidos no presente experimento estão em conformidade com os teores médios observados por Lima (2008) em diferentes progênies de aceroleira, constatando variação de 1,27 a 2,03 g de fosforo kg⁻¹ de massa seca foliar, em plantas com 2,5 anos de idade.

O teor de cálcio das plantas de aceroleira dos tratamentos 100:100% P/N e M3-100:140% P/N apresentou comportamento quadrático em função do aumento da salinidade da água de irrigação, sendo os maiores teores do nutriente observados nos níveis de salinidade de 1,77e 1,97 dS m⁻¹. Nos tratamentos 140:140% P/N, foi observado comportamento linear decrescente em função do aumento da salinidade da

água, com redução unitária de $1,56\text{ g kg}^{-1}$ de matéria seca foliar (Figura 2B). No tratamento 140:100% P/N, não foi observado ajuste significativo, obtendo-se a média de $17,23\text{ g kg}^{-1}$ de matéria seca foliar (Figura 2B). Vale salientar que a partir de $2,2\text{ dS m}^{-1}$, os teores de cálcio são reduzidos em função do aumento da salinidade da água, coincidindo com o aumento dos teores de sódio (Figura 2C), o que indica que a concentração de sódio no meio se sobressai aos teores de cálcio, comprometendo sua absorção por meio de competição iônica, que afeta a homeostase iônica das plantas.

Os teores de cálcio observados no presente trabalho foram superiores aos observados por Lima (2008), avaliando a nutrição mineral de progênies de aceroleira em diferentes épocas do ano. A autora observou variação de $3,6$ a $9,8\text{ g kg}^{-1}$ de cálcio na matéria seca foliar, ao passo que neste trabalho foram observados teores de cálcio variando de 17 a 22 g kg^{-1} de matéria seca foliar. Esse fato pode ser explicado tanto pela aplicação de cálcio via água de irrigação quanto via adubo fosfatado.

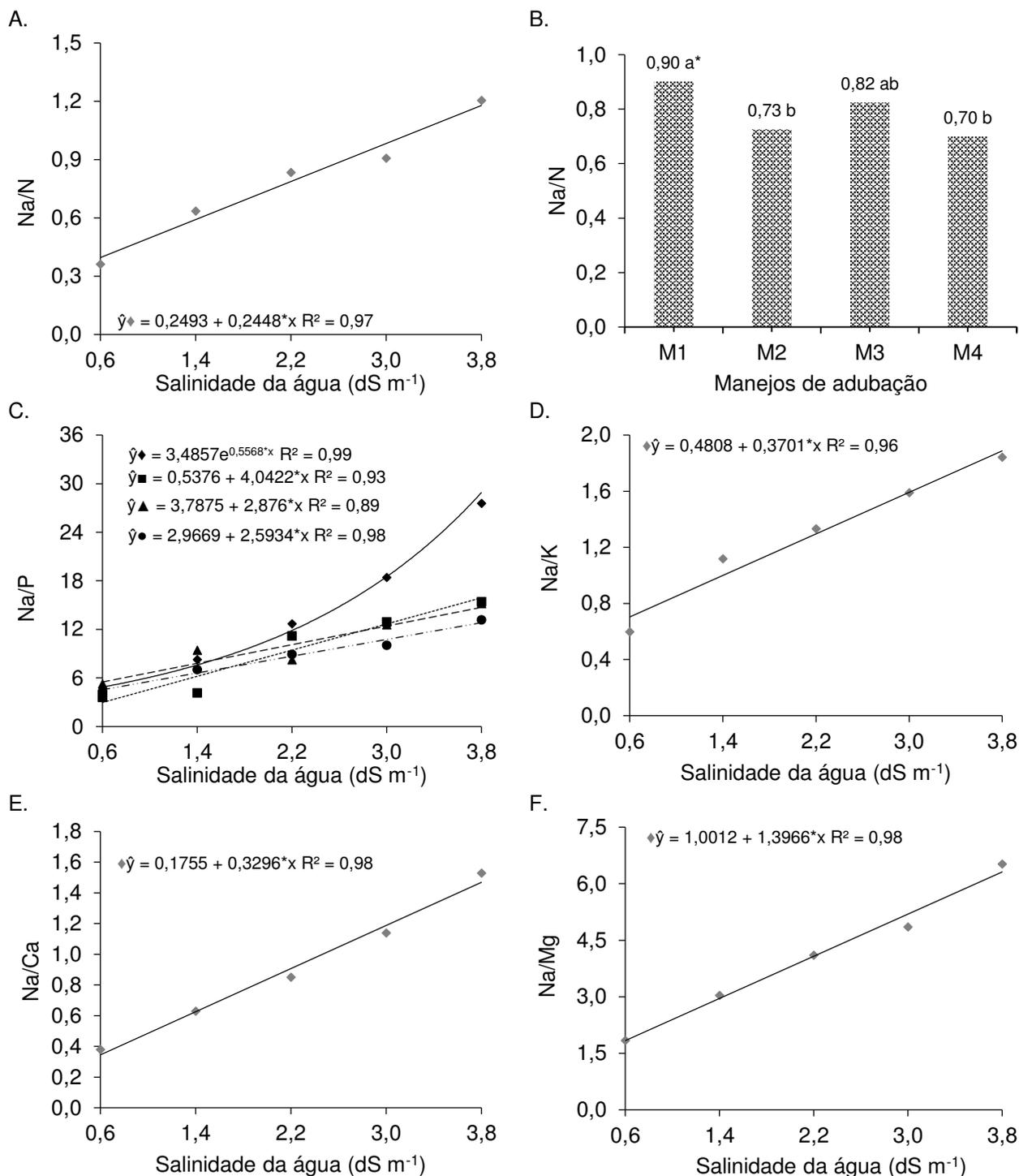
Com o incremento da salinidade das águas de irrigação, ocorreu aumento nos teores foliares de sódio, sendo observado incremento de $5,35\text{ g Kg}^{-1}$ para cada aumento unitário na condutividade elétrica da água (Figura 2C). Os maiores teores de sódio nos tecidos foliares da aceroleira foram observados nas plantas do manejo de adubação M1 (100:100% P/N) (Figura 2D). De modo geral, com o aumento da adubação fosfatada e ou nitrogenada, houve diminuição nos teores de sódio nos tecidos foliares em relação ao tratamento testemunha (M1), porém os resultados foram mais marcantes nas plantas do manejo de adubação M2 (140:100% P/N), que apresentam $17,56\%$ menos sódio nos tecidos foliares (Figura 2D). O aumento das doses de fósforo e nitrogênio estimula a síntese e, conseqüentemente, maior aporte de solutos orgânicos e maior disponibilidade energética, permitindo que a planta aumente a seletividade na absorção de íons benéficos e na exclusão de íons tóxicos, favorecendo a homeostase iônica (GUPTA & HUAG, 2014).

A irrigação com água salina nas plantas de aceroleira fez com que essas plantas absorvessem grandes concentrações de sódio, o que explica os altos teores desses íons nos tecidos foliares (Figura 2C), sendo verificados incrementos nos teores de sódio em relação ao dos demais íons, na ordem de $98,19\%$ na relação sódio/nitrogênio, $43,49\%$ na relação sódio/potássio, $65,25\%$ na relação sódio/cálcio e $58,24\%$ na relação sódio/magnésio, por incremento unitário na salinidade da água de irrigação (Figuras 3 A, D, E e F).

Quanto à relação sódio/nitrogênio, verificou-se que as plantas do manejo M1 apresentaram os maiores índices em relação aos demais manejos, o que pode estar relacionado à alteração na homeostase iônica dessas plantas, devido aos efeitos do estresse salino (Figura 3B). Esse comportamento também é observado na relação sódio/fósforo, com as plantas do manejo M1 apresentando tendência divergente dos demais tratamentos, indicando aumento excessivo do teor de sódio e/ou redução acentuada do teor de fósforo a partir do nível de 2,2 dS m⁻¹ (Figura 3C).

O estresse salino reduz o desenvolvimento e produtividade dos vegetais inicialmente pelos efeitos osmóticos, causando deficiência hídrica e, posteriormente, pelos efeitos iônicos, prejudicando o balanço da absorção de nutrientes essenciais (MUNNS & TESTER, 2008; HABIBI & AMIRI, 2013; BEZERRA et al., 2018). Essas interações afetam a disponibilidade, absorção e transporte de nutrientes, além de serem altamente complexas, independentemente das condições de salinidade. Todavia, a salinidade adiciona um nível de complexidade ainda maior, afetando a atividade dos íons em solução e os processos de absorção, transporte, assimilação e distribuição (NEVES et al., 2009; SILVA et al., 2011).

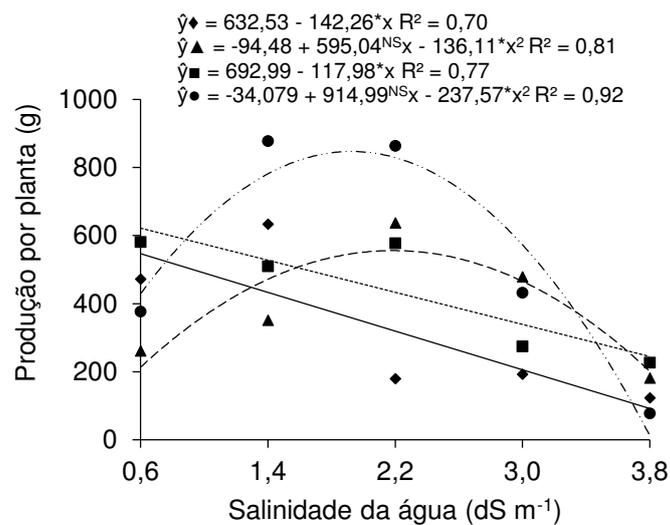
Apesar de não ter função essencial ao metabolismo vegetal das plantas C3, o sódio é absorvido em grande quantidade quando as plantas são irrigadas com água de alta salinidade, devido à concentração deste íon na zona radicular e por apresentar raio iônico semelhante ao potássio, passando livremente pelos canais iônicos presentes nas células radiculares. Essa facilidade de penetração nas células vegetais permite que a concentração desse elemento se eleve nos tecidos vegetais em níveis muito elevados, que influenciam na absorção de outros nutrientes (Figura 3A, B, C, D, E e F), sendo necessário que as plantas adotem mecanismo de tolerância ao excesso de sais, como a compartimentalização no vacúolo e a exclusão desses íons, desencadeando gasto de energia que afeta negativamente o seu crescimento e, conseqüentemente, a produção.



◆M1-100:100% P/N; ▲M2-140:100% P/N; ■M3-100:140% P/N e ●M4-140:140% P/N. * e NS = Significativo a 0,05 de probabilidade e não significativo, respectivamente. Letras iguais não diferem perante o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Figura 3. Relação entre os teores de sódio/nitrogênio, Na/N (A e B), sódio/fósforo, Na/P (C), sódio/potássio, Na/K (D), sódio/cálcio, Na/Ca (E) e sódio/magnésio, Na/Mg (F) nas folhas de plantas de aceroleira irrigadas com água salina e adubadas com proporções de fósforo e nitrogênio aos 285 dias após aplicação dos níveis salinos.

Quanto ao aspecto produtivo, verificou-se interação entre os níveis de salinidade e os manejos de adubação estudados sobre a biomassa de frutos (Tabela 2). As plantas adubadas com a recomendação de adubação fosfatada e nitrogenada (M1 = 100:100% P/N) e as plantas que receberam aumento apenas de nitrogênio (M3 = 100:140% P/N) tiveram a produção de frutos reduzida linearmente pelo aumento da salinidade da água de irrigação, na ordem de 22,49 e 17,02%, por aumento unitário na salinidade da água de irrigação, respectivamente (Figura 4).



\blacklozenge M1-100:100% P/N; \blacktriangle M2-140:100% P/N; \blacksquare M3-100:140% P/N e \bullet M4-140:140% P/N
 * e ^{NS} = Significativo a 0,05 de probabilidade e não significativo, respectivamente

Figura 4. Produção por planta de aceroleira irrigada com água salina e adubadas com proporções de fósforo e nitrogênio aos 365 dias após aplicação dos níveis salinos.

Apesar de ambos os manejos de adubação apresentarem comportamento linear decrescente, as plantas do manejo M1 apresentaram médias inferiores ao M3, como também apresentaram maiores reduções unitárias (Figura 4). A redução observada na produção das plantas de aceroleira cultivadas no manejo M1 corrobora com o declínio do teor de fósforo nas folhas das plantas de aceroleira, como também dos maiores teores de sódio verificados nesse tratamento, indicando maior sensibilidade das plantas desse manejo de adubação ao estresse salino (Figuras 2 e 3D).

Nas plantas que receberam incremento na adubação fosfatada (140:100% P/N) e em conjunto fósforo e nitrogênio (140:140% P/N), verificou-se comportamento quadrático para a produção da aceroleira, com as maiores médias obtidas nos níveis

de salinidade estimados de 2,19 e 1,93 dS m⁻¹, respectivamente (Figura 4). As plantas dos manejos 140:100% P/N e 140:140% P/N apresentaram maiores teores de fósforo nas folhas, como também os menores teores de sódio e as menores relações sódio/nitrogênio, indicando que essas plantas foram menos afetadas pelos efeitos do estresse salino, propiciando a maior produção (Figuras 2A e D e 3B).

Observa-se ainda que a produção das plantas do manejo M2 e M4 irrigadas com água salina de até 3,0 dS m⁻¹ apresenta-se satisfatória quando comparadas às plantas irrigadas com água de 0,6 dS m⁻¹. É importante salientar que com o incremento conjunto nas doses de N e P a produção foi superior aos tratamentos que receberam incremento isolado de N e P, podendo-se dizer que há ação sinérgica entre o fósforo e o nitrogênio sobre a produção da aceroleira, sendo que o aumento da adubação fosfatada potencializa de forma mais acentuando os efeitos da adubação nitrogenada em plantas de aceroleira sobre estresse salino.

4. CONCLUSÕES

A irrigação com águas salinas aumenta os teores de sódio nos tecidos foliares a níveis prejudiciais ao crescimento, nutrição e produção da aceroleira.

Adubação com 140% de fósforo e de nitrogênio reduz o estresse salino, promovendo maior produção das plantas de aceroleira irrigadas com água de até 3,0 dS m⁻¹.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADRIANO, E.; LEONEL, S. Fenologia da aceroleira cv. Olivier em Junqueirópolis-SP. **Revista Brasileira Fruticultura**, v. 34, n. 2, p. 469-474, 2012.
- ADRIANO, E.; LEONEL, S.; EVANGELISTA, R. M. Qualidade de fruto da aceroleira cv. Olivier em dois estádios de maturação. **Revista Brasileira Fruticultura**, v. 33, n. especial, p. 541-545, 2011.
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **Water quality for agriculture**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 1985.
- BEZERRA, I. L.; NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R.; SOUSA, L. P.; PINHEIRO, F. W. A.; LIMA, G. S. Morphophysiology of guava under saline water irrigation and nitrogen fertilization. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 22, n. 1, p. 32-37, 2018.

- BRITO, M. E. B.; SÁ, F. V. S.; SILVA, L. A.; SOARES FILHO, W. S.; GHEYI, H. R.; MOREIRA, R. C. L.; FERNANDES, P. D.; FIGUEIREDO, L. C. Saline stress onto growth and physiology of trifoliate citrus hybrids during rootstock formation. **Bioscience Journal**, v. 33, n. 6, p. 1523-1534, 2017.
- CALGARO, M.; BRAGA, M. B. **A cultura da acerola**. 3. ed. rev. ampl. – Brasília, DF: Embrapa, 2012.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília, DF: Embrapa Solos, 2009. 627 p.
- EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição mineral de plantas**: Princípios e perspectivas. 2.ed. Londrina: Planta, 2006. 403p.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: A computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.
- FREIRE, A. L. O.; SARAIVA, V. P.; MIRANDA, J. R. P.; BRUNO, G. B. Crescimento, acúmulo de íons e produção de tomateiro irrigado com água salina. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 31, suplemento 1, p. 1133-1144, 2010
- GUPTA, B.; HUANG, B. Mechanism of salinity tolerance in plants: Physiological, biochemical, and molecular characterization. **International Journal of Genomics**, v. 2014, n. 1, p. 1-18, 2014.
- HABIBI, F.; AMIRI, M. E. Influence of in vitro salinity on growth, mineral uptake and physiological responses of two citrus rootstocks. **International Journal of Agronomy and Plant Production**, v. 4, n. 6, p. 1320-1326, 2013.
- LACERDA, C. F.; NEVES, A. L. R.; GUIMARÃES, F. V. A.; SILVA, F. L. B.; PRISCO, J. T.; GHEYI, H. R. Eficiência de utilização de água e nutrientes em plantas de feijão-de-corda irrigadas com água salina em diferentes estádios de desenvolvimento. **Engenharia Agrícola**, v. 29, n. 2, p. 221-230, 2009.
- LIMA, G. S.; NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A. A.; PINHEIRO, F. W. A.; DIAS, A. S. Crescimento, teor de sódio, cloro e relação iônica na mamoneira sob estresse salino e adubação nitrogenada. **Comunicata Scientiae**, v. 6, n. 2, p. 212-223, 2015.

- LIMA, R. L. S. **Estudos sobre a nutrição de progênies de aceroleira**: épocas de amostragens de folhas e exportação de nutrientes. 2008. 44f. Tese (Doutorado em Agronomia – Produção Vegetal). Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal-SP.
- MARINHO, A. B.; MOREIRA, L. G.; VIANA, T. V. A.; ALBUQUERQUE, A. H. P.; OLIVEIRA, C. W.; AZEVEDO, B. M. Influência da fertirrigação nitrogenada na produtividade da cultura da mamoneira. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 4, n. 1, p. 31-42, 2010.
- MEDEIROS, J. F.; LISBOA, R. A.; OLIVEIRA, M.; SILVA JÚNIOR, M. J.; ALVES, L. P. Caracterização das águas subterrâneas usadas para irrigação na área produtora de melão da Chapada do Apodi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 7, n. 3, p. 469-472, 2003.
- MUNNS, R.; TESTER, M. Mechanism of salinity tolerance. **Annual Review of Plant Biology**, v. 59, n. 6, p. 651-681, 2008.
- MUSSER, R. S. Tratos culturais na cultura da acerola. In: SÃO JOSÉ, A. R.; ALVES, R. E. (org.). **Acerola no Brasil**: Produção e mercado. Vitória da Conquista: DFZ/UESB, 1995. p. 47-52.
- NEVES, A. L. R.; LACERDA, C. F.; GUIMARÃES, F. V. A.; HERNANDEZ, F. F. F.; SILVA, F. B.; PRISCO, J. T.; GHEYI, H. R. Acumulação de biomassa e extração de nutrientes por plantas de feijão-de-corda irrigadas com água salina em diferentes estádios de desenvolvimento. **Revista Ciência Rural**, v.39, n.3, p.758-765, 2009.
- SÁ, F. V. S.; GHEYI, H. R.; LIMA, G. S.; PAIVA, E. P.; FERNANDES, P. D.; MOREIRA, R. C. L.; SILVA, L. A.; FERREIRA NETO, M. Water relations and gas exchanges of west indian cherry under salt stress and nitrogen and phosphorus doses. **Journal of Agricultural Science**, v. 9, n. 10, p. 168-177, 2017.
- SILVA, F. L. B.; LACERDA, C. F.; SOUSA, G. G.; NEVES, A. L. R.; SILVA, G. L.; SOUSA, C. H. C. Interação entre salinidade e biofertilizante bovino na cultura do feijão-de-corda. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 4, p. 383-389, 2011.
- SOUZA, L. P.; NOBRE, R. G.; SILVA, E. M.; SOUSA, F. F. SILVA, I. A. Desenvolvimento de porta-enxerto de goiabeira sob irrigação com água salinizadas

e doses de nitrogênio. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 10, n. 2, p. 176-182, 2015.

SYVERTSEN, J. P.; GARCIA-SANCHEZ, F. Multiple abiotic stresses occurring with salinity stress in citrus. **Environmental and Experimental Botany**, v. 103, n.1, p.128-137, 2014.

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

CAPÍTULO VII

CONSIDERAÇÕES FINAIS

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após a aplicação dos níveis salinos, foi notória a redução da atividade fotossintética e no crescimento, nas plantas adubadas apenas com a recomendação de adubação nitrogenada e fosfatada, em função do aumento da salinidade da água de 0,6 para 3,8 dS m⁻¹, principalmente em níveis superiores a 2,2 dS m⁻¹. O incremento 40% na adubação fosfatada e nitrogenada promoveu efeitos positivos na atividade fotossintética, no *status* hídrico e no crescimento das plantas de aceroleira na fase vegetativa.

Com o desenvolvimento das plantas, na transição entre as fases vegetativa/floração (150 dias) e floração/frutificação (285 dias), houve estabilização das repostas, quanto ao *status* hídrico, crescimento e trocas gasosas, não havendo influência dos manejos de adubação. Contudo, houve pequenas reduções nas variáveis fisiológicas e de crescimento entre os níveis de salinidade de 0,6 dS m⁻¹ (controle) e 2,2 dS m⁻¹.

O estresse salino afeta negativamente o conteúdo de clorofila *a*, *b* e carotenoides das plantas que receberam apenas a recomendação de adubação em todas as fases estudadas. Além disso, incrementou a porcentagem de danos nas membranas dos tecidos foliares. O teor de clorofila *a* diminuiu e o teor de clorofila *b* e carotenoides é aumentado nos tratamentos que recebem incrementos conjuntos de 40% nas adubações fosfatada e nitrogenada até a salinidade de 3,0 dS m⁻¹.

A eficiência quântica do fotossistema II é reduzida em função do aumento da salinidade, indicando que não há aclimatação, como é verificado no crescimento, em nenhuma das fases de desenvolvimento da cultura, e que fatores de ordem não estomática atuam sobre atividade fotossintética da aceroleira em todo o ciclo.

O aumento da salinidade e os manejos de adubação não influenciaram os teores foliares de nitrogênio. A irrigação com águas salinas aumenta os teores de sódio nos tecidos foliares. E o aumento do teor de sódio nos tecidos foliares coincide com as reduções no teor de fósforo, no crescimento e na produção das plantas de aceroleira, que receberam 100% da recomendação de fósforo e nitrogênio irrigadas com água salina.

A salinidade da água afeta absorção e assimilação de fósforo pela aceroleira. A adubação com 140% da recomendação de fósforo e de nitrogênio em conjunto

promove melhorias no estado nutricional, na eficiência fotoquímica e na produção da aceroleira irrigada com água de até 3,0 dS m⁻¹.

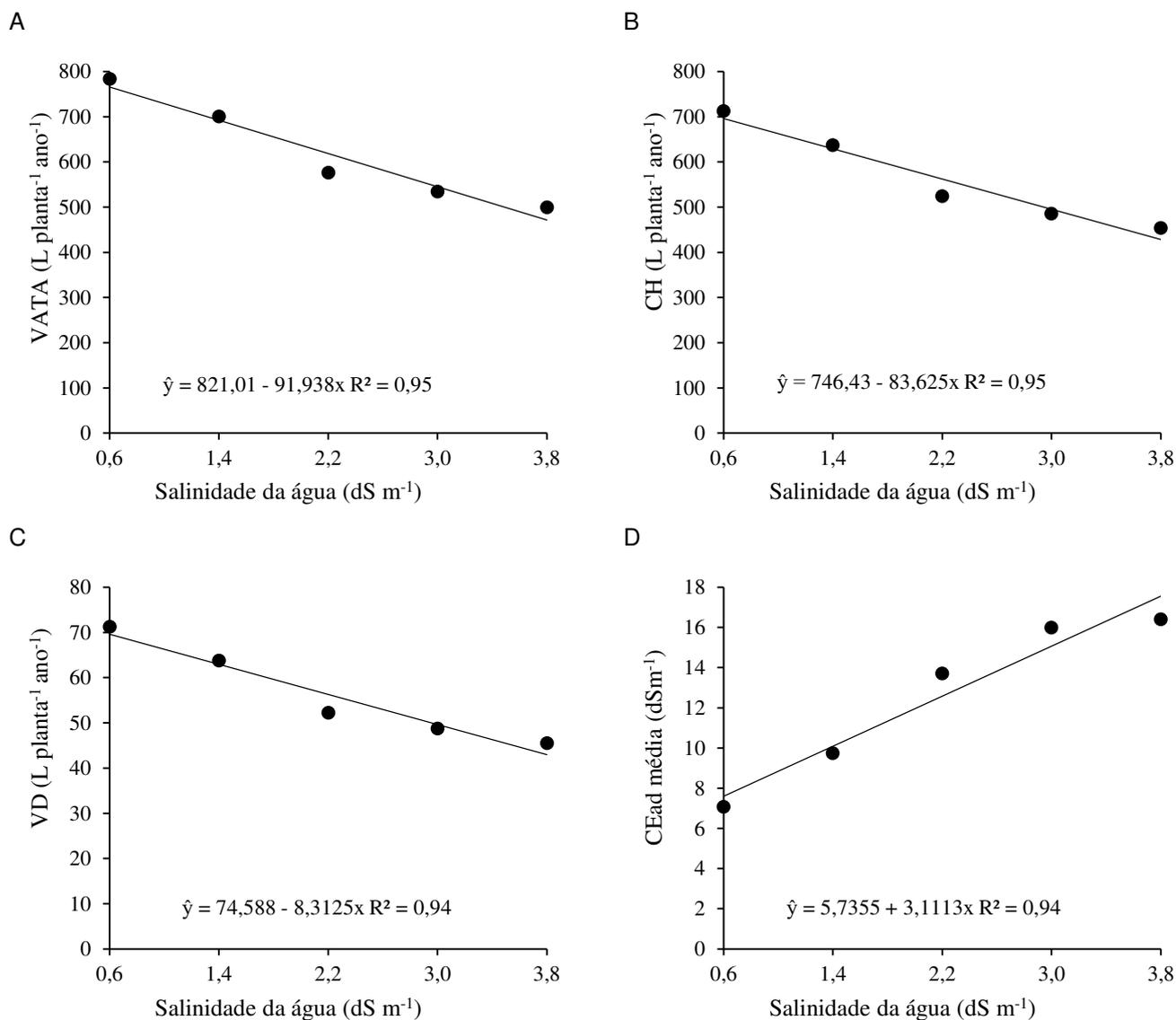
É importante ressaltar, com base nos resultados alcançados no presente trabalho e devido à incipiência de estudos visando à avaliação conjunta de nutrientes na mitigação dos efeitos do estresse salino sobre a aceroleira. Os resultados alcançados refletem apenas o primeiro ano de cultivo da espécie, sendo que seu cronograma de adubação sofre incrementos em todos os nutrientes no segundo e terceiro anos de cultivo, ocorrendo no último a estabilização da produção da cultura. Desde modo, é importante dar continuidade a esse estudo para elucidar os resultados obtidos nesta pesquisa.

É importante salientara importância, para novos trabalhos, da avaliação conjunta de dois ou mais nutrientes, sendo preferivelmente avaliação conjunta da adubação com nitrogênio, fósforo e potássio, haja vista que esses nutrientes são requeridos em maiores quantidades pelas plantas. Esses nutrientes atuam em inúmeros processos no metabolismo vegetal, além de desempenharem funções estruturais, estando estreitamente ligados ao processo fotossintético, tendo o nitrogênio constituinte estrutural da clorofila, o fósforo, constituinte estrutural da adenosina trifosfato, e o potássio, ativador enzimático e regulador osmótico da atividade estomática.

Considerando os resultados obtidos até o momento, o insucesso de inúmeros trabalhos que buscaram mitigar os efeitos do estresse salino, com incremento na adubação de apenas um nutriente isolado, provavelmente está relacionada à ligação e atuação desses três nutrientes em conjunto nos processos metabólicos vegetais.

ANEXOS

ANEXOS



Anexo 1. Volume de água total aplicado por planta, VATA (A), consumo hídrico por planta, CH (B), volume de água drenado por planta, VD (C), e condutividade elétrica média da água de drenagem por planta aos 365 dias após aplicação do tratamentos salinos.