



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

TESE DE DOUTORADO

**CULTIVO DE ACEROLEIRA IRRIGADA COM ÁGUAS SALINAS SOB
COMBINAÇÕES DE ADUBAÇÃO NITROGENADA E POTÁSSICA**

EVANDRO MANOEL DA SILVA

**CAMPINA GRANDE – PB
FEVEREIRO/2020**



EVANDRO MANOEL DA SILVA

Engenheiro agrônomo



CULTIVO DE ACEROLEIRA IRRIGADA COM ÁGUAS SALINAS SOB COMBINAÇÕES DE ADUBAÇÃO NITROGENADA E POTÁSSICA

Tese apresentada à Coordenação do 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. Dr. Hans Raj Gheyi

Prof. Dr. Reginaldo Gomes Nobre

**CAMPINA GRANDE – PB
FEVEREIRO/2020**

S586c

Silva, Evandro Manoel da.

Cultivo de aceroleira irrigada com águas salinas sob combinações de adubação nitrogenada e potássica / Evandro Manoel da Silva. - Campina Grande, 2020.

175 f. : il. color

Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2020.

"Orientação: Prof. Dr. Hans Raj Gheyi, Prof. Dr. Reginaldo Gomes Nobre.

Referências.

1. *Malpighia emarginata* D.C. 2. Estresse Salino. 3. Nitrogênio. 4. Potássio. I. Gheyi, Hans Raj. II. Nobre, Reginaldo Gomes. III. Título.

CDU 631.563.2(043)

FICHA CATALOGráfICA ELABORADA PELO BIBLIOTECÁRIO GUSTAVO DINIZ DO NASCIMENTO CRB-15/515



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



PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA TESE

EVANDRO MANOEL DA SILVA

APROVADO EM: 20 de fevereiro de 2020

BANCA EXAMINADORA

**Prof. Dr. Hans Raj Gheyi
Orientador - UAEA/CTRN/UFCA**

**Prof. Dr. Reginaldo Gomes Nobre
Orientador - Campus Caraúbas/DCT/UFERSA**

**Prof. Dr. Geovani Soares de Lima
Examinador - UAEA/CTRN/UFCA**

**Prof. Dr. Carlos Alberto Vieira de Azevedo
Examinador - UAEA/CTRN/UFCA**

**Prof. Dra. Lauriane Almeida dos Anjos Soares
Examinadora - UAGRA/CCTA/UFCA**

**Prof. Dr. João Batista dos Santos
Examinador - PPGCF/CSTR/UFCA**

**CAMPINA GRANDE – PB
FEVEREIRO/2020**

Ao meu Pai, Francisco Manoel (in memoriam) que, infelizmente, não pode está comigo a partir de meados desta batalha, mas que deixou exemplos de competência, responsabilidade, humildade e de bom caráter.

MINHA HOMENAGEM

À Minha Mãe, Nazinha Maria e a minha esposa Maria José Filgueira, pelo apoio incondicional nos momentos mais difíceis desta jornada.

OFEREÇO

Com todo amor e carinho, aos meus queridos filhinhos, Ellen Filgueira e Eduardo Manoel, principais fontes de incentivo.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus pela proteção e por ter me guiado em todos os momentos nesta jornada para realização deste sonho;

A Universidade Federal de Campina Grande, em especial à Coordenação de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, pelo acolhimento e a oportunidade da realização deste curso;

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

Aos meus Orientadores, Prof. Dr. Hans Raj Gheyi e Prof. Dr. Reginaldo Gomes Nobre, pela orientação, motivação, paciência, amizade, dedicação e ensinamentos em todos os momentos;

Aos examinadores Prof. Dr. Geovani Soares de Lima, Profa. Dra. Lauriane Almeida dos Anjos Soares, Prof. Dr. Carlos Alberto Vieira de Azevedo e Prof. Dr. João Batista dos Santos, por se disporem a contribuir com a melhoria do trabalho, com suas valiosas sugestões;

A todos os professores da pós-graduação em Engenharia Agrícola do (CTRN/UFCG) os quais fui aluno, pela amizade, compreensão e conhecimento transmitido;

Aos Técnicos de laboratório do CTRN/UFCG e CTRN/UFCG, pela disponibilização de espaço e de equipamentos para realização das análises do experimento e ao Prof. Pedro Dantas pelo fornecimento do Irga e do Fluorômetro para realização de análises fisiológicas.

Aos secretários da Coordenação de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, Roberto Romã, Michelle e Maria Aparecida, pela amizade e atenção nos momentos que precisei;

A todos os colegas e amigos da Pós-graduação aos quais tive oportunidade de conviver, trocar experiências e conhecimentos, em especial aos amigos Elysson, Guilherme, Jônathas, Júnior, João Victor e Sonivagno pelo acolhimento e apoio em sua residência;

Ao amigo, Prof. Dr. Geovani Soares de Lima pela grande ajuda através de incentivo, experiência e apoio, desde o início do curso até a avaliação do trabalho final na banca examinadora.

A todos os amigos da 'equipe salinidade': Joicy, Thiago, Reynaldo, Leandro, Luana, Juthay Jorge, Felipe, Elcimar, Amanda, Cristiane e Valeska pelas suas contribuições no desenvolvimento da pesquisa, além dos amigos Luderlânio e Bárbara pela ajuda nas análises fisiológicas e de pós-colheita, respectivamente;

Ao amigo Cícero Fábio pela doação do solo e das mudas do experimento, tivemos a oportunidade de trabalharmos juntos em seu trabalho de dissertação de mestrado, e ao amigo Benedito Bonifácio pelo apoio;

A minha esposa Maria José Filgueira, pelo carinho, incentivo, apoio, compreensão e, por compartilhar comigo a esperança de realização deste sonho;

As minhas irmãs Edileusa, Ledinha e Cleuza e a minha Mãe Nazinha, pelo apoio em todos os momentos.

Enfim, a todos que contribuíram forma direta ou indiretamente para realização desta conquista, com palavras de incentivo.

Muito obrigado!

“Tente uma, duas, três vezes e se possível tente a quinta e quantas vezes forem necessárias. Só não desista nas primeiras tentativas, pois a persistência é amiga da conquista, de onde prospera o sucesso”.

Bill Gates.

“Ter desafios é o que faz a vida interessante e supera-los é o que a vida ter sentido”

Joshua J. Marine.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	Pág ix
LISTA DE FIGURAS	xii
RESUMO GERAL	xvi
GENERAL ABSTRACT	xviii

CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO GERAL, OBJETIVOS E REVISÃO DE LITERATURA

1 INTRODUÇÃO GERAL	21
2 OBJETIVOS	23
2.1 Objetivo Geral	23
2.2 Objetivos Específicos	23
3 REVISÃO DE LITERATURA	24
3.1 Aspectos gerais da cultura da aceroleira	24
3.2 Qualidade da água no semiárido do Nordeste do Brasil	25
3.3 Efeitos da salinidade sobre as plantas	27
3.3.1 Efeito osmótico.....	27
3.3.2 Efeito tóxico.....	28
3.3.3 Efeito indireto.....	29
3.4 Tolerância das plantas à salinidade	30
3.4.1 Mecanismos de tolerância.....	32
3.4.2 Efeitos da salinidade na aceroleira.....	34
3.5 Nitrogênio e potássio no cultivo da aceroleira e a mitigação do estresse salino ...	36
4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	40

CAPÍTULO II – METODOLOGIA GERAL

1 METODOLOGIA GERAL	49
1.1 Localização e caracterização da área experimental	49
1.2 Delineamento experimental e tratamentos	50
1.3 Aquisição das mudas	50
1.4 Instalação do experimento, adubação fosfatada e foliar	51
1.5 Aplicação dos tratamentos	53
1.6 Podas e manejo fitossanitário	54
1.7 Variáveis analisadas	56
1.7.1 Avaliações de crescimento.....	56
1.7.2 Avaliações fisiológicas.....	57
1.7.2.1 Trocas gasosas.....	57
1.7.2.2 Eficiência fotoquímica.....	58
1.7.2.3 Pigmentos fotossintéticos.....	58
1.7.2.4 Relações hídricas e dano na membrana celular.....	59
1.7.3 Parâmetros de produção.....	60
1.7.4 Qualidade pós-colheita de frutos.....	61
2 ANÁLISES ESTATÍSTICA	63
3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63

CAPÍTULO III – CRESCIMENTO E TROCAS GASOSAS DE ACEROLEIRA IRRIGADA COM ÁGUAS SALINAS SOB COMBINAÇÕES DE ADUBAÇÃO NITROGENADA/POTÁSSICA: 1º ANO DE CULTIVO

RESUMO.....	66
ABSTRACT.....	66
1 INTRODUÇÃO.....	67
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	69
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	73
4 CONCLUSÕES.....	82
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	83

CAPÍTULO IV – MORFOLOGIA E PRODUÇÃO DE ACEROLEIRA IRRIGADA COM ÁGUAS SALINAS SOB COMBINAÇÕES DE ADUBAÇÃO NITROGENADA/POTÁSSICA: 1º ANO DE CULTIVO

RESUMO.....	87
ABSTRACT.....	87
1 INTRODUÇÃO.....	88
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	90
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	94
4 CONCLUSÕES.....	103
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	103

CAPÍTULO V – QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE FRUTOS DE ACEROLEIRA IRRIGADA COM ÁGUAS SALINAS SOB COMBINAÇÕES DE ADUBAÇÃO NITROGENADA/POTÁSSICA: 1º ANO DE CULTIVO

RESUMO.....	108
ABSTRACT.....	108
1 INTRODUÇÃO.....	109
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	111
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	116
4 CONCLUSÕES.....	124
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	125

CAPÍTULO VI – PIGMENTOS, FOTOSSÍNTESE E PRODUÇÃO DE ACEROLEIRA IRRIGADA COM ÁGUAS SALINAS SOB COMBINAÇÕES DE ADUBAÇÃO NITROGENADA/POTÁSSICA: 2º ANO DE CULTIVO

RESUMO.....	129
ABSTRACT.....	129
1 INTRODUÇÃO.....	130
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	131
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	136
4 CONCLUSÕES.....	147
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	147

CAPÍTULO VII – ÁGUAS SALINAS E COMBINAÇÕES DE NITROGÊNIO/POTÁSSIO SOBRE DANOS FISIOLÓGICOS E FORMAÇÃO DE FRUTOS DE ACEROLEIRA: 2º ANO DE CULTIVO

RESUMO.....	152
ABSTRACT.....	152
1 INTRODUÇÃO.....	153
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	155
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	159
4 CONCLUSÕES.....	167
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	168

CAPÍTULO VIII – CONSIDERAÇÕES FINAIS

CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	173
----------------------------------	------------

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO II

Pág.

Tabela 1. Atributos físicos e químicos do Neossolo Flúvico eutrófico, utilizado no experimento, antes da aplicação dos tratamentos..... 52

Tabela 2. Quantidades de N e K₂O aplicadas através dos tratamentos das combinações de adubação nitrogenada e potássica, realizadas no primeiro e segundo ano de cultivo, até aos 550 dias após o transplantio (DAT) 54

CAPÍTULO III

Tabela 1. Atributos físicos e químicos do Neossolo Flúvico eutrófico utilizado no experimento, antes da aplicação dos tratamentos, coletado na camada de 0-20 cm do Lote 14, Setor I, do Perímetro Irrigado das Várzeas de Sousa-PB..... 70

Tabela 2. Resumo do teste F para o diâmetro do caule abaixo da enxertia (DCab), no ponto da enxertia (DCpo), acima da enxertia (DCac), diâmetro (DRpr) e comprimento de ramos primários (CRpr), comprimento de ramos secundários (CRsec), número de ramos por planta (NRpl) e número de folhas (NF) em plantas de aceroleira irrigada com águas salinas, sob combinações de doses de nitrogênio e potássio aos 110, 170 e 230 dias após o transplantio..... 74

Tabela 3. Resumo do teste F para condutância estomática (gs), transpiração (E), taxa de assimilação de CO₂ (A) e eficiência instantânea de carboxilação (EiCi) em plantas de aceroleira irrigada com águas salinas, sob combinações de adubação nitrogenada e potássica aos 110, 170 e 230 dias após o transplantio - DAT..... 78

CAPÍTULO IV

Tabela 1. Atributos físicos e químicos do Neossolo Flúvico eutrófico utilizado no experimento, antes da aplicação dos tratamentos, coletado na camada de 0-20 cm do Lote 14, Setor I, do Perímetro Irrigado das Várzeas de Sousa-PB..... 91

Tabela 2. Resumo do teste F para diâmetro do caule abaixo da enxertia (DCab), acima da enxertia (DCac), diâmetro de copa das plantas (DCopa), volume de copa (VCopa) e índice de vigor vegetativo (IVV) de aceroleira irrigada com águas salinas, sob combinações de adubação nitrogenada e potássica, aos 300 dias após o transplantio..... 95

Tabela 3. Resumo do teste F para diâmetro de fruto (DF), comprimento de fruto (CF), peso médio de fruto (PF), número de frutos por planta (NF) e produção por planta (PROD) de aceroleira irrigada com águas salinizadas, sob combinações de adubação nitrogenada e potássica no primeiro ano de produção, de colheitas realizadas entre 260 e 330 dias após o transplantio..... 98

CAPÍTULO V

Tabela 1. Atributos físicos e químicos do Neossolo Flúvico eutrófico utilizado no experimento, antes da aplicação dos tratamentos, coletado na camada de 0-20 cm do Lote 14, Setor I, do Perímetro Irrigado das Várzeas de Sousa-PB..... 113

Tabela 2. Resumo do teste F para diâmetro transversal (DTF) e longitudinal de frutos (DLF), tamanho médio de fruto (TMF), massa média de fruto (MMF) e formato de frutos (FF) de aceroleira irrigada com águas de distintas salinidades, sob combinações de adubação nitrogenada e potássica, no primeiro ano de cultivo, de colheitas realizadas entre 260 e 295 dias após o transplantio..... 116

Tabela 3. Resumo do teste F para teores de antocianinas (Ant), carotenoides (CAR), pH, acidez total titulável (AT), sólidos solúveis totais (SST), razão sólidos solúveis totais/acidez titulável (SST/AT) e teor de vitamina C (Vit C) em frutos de aceroleira irrigada com águas de diferentes salinidades, sob combinações de adubação nitrogenada e potássica, no primeiro ano de cultivo, em colheita realizada aos 295 dias após o transplantio..... 121

CAPÍTULO VI

Tabela 1. Quantidades de N e K₂O aplicadas através dos tratamentos das combinações de adubação nitrogenada e potássica e de adubação fosfatada, realizadas no primeiro e segundo ano de cultivo, até aos 550 dias após o transplantio..... 133

Tabela 2. Atributos físicos e químicos do Neossolo Flúvico eutrófico utilizado no experimento, antes da aplicação dos tratamentos, coletado na camada de 0-20 cm do Lote 14, Setor I, do Perímetro Irrigado das Várzeas de Sousa-PB..... 134

Tabela 3. Resumo do teste F para os teores de clorofila a (CLa), clorofila b (CLb), clorofila total (CLtotal), fluorescência inicial (Fo), fluorescência máxima (Fm) e fluorescência variável da clorofila a (Fv) em plantas de aceroleira irrigada com águas salinas, sob combinações de adubação nitrogenada e potássica, aos 540 dias após o transplantio..... 136

Tabela 4. Resumo do teste F para taxa de transpiração (E), condutância estomática (gs), taxa de assimilação de CO₂ (A), concentração intracelular de CO₂ (Ci), eficiência instantânea de carboxilação (EiCi), eficiência instantânea de uso da água (EiUA) aos 540 dias após o transplantio, número de frutos por planta (NFR) e produção por planta (PROD) de colheitas realizadas entre 420 e 550 dias após o transplantio, em aceroleira irrigada com águas salinas, sob combinações de adubação nitrogenada e potássica..... 140

CAPÍTULO VII

Tabela 1. Quantidades de N e K₂O aplicadas através das combinações de adubação nitrogenada e potássica e de adubação fosfatada, realizadas no primeiro e segundo ano de cultivo, até aos 550 dias após o transplantio..... 156

Tabela 2. Atributos físicos e químicos do solo utilizado no experimento, antes da aplicação dos tratamentos, coletado na camada de 0-20 cm do Lote 14, Setor I, do Perímetro Irrigado das Várzeas de Sousa-PB.....	157
Tabela 3. Resumo do teste F para potencial hídrico no ramo (Ψ_w), conteúdo relativo de água (CRA), déficit de saturação hídrica (DSH) e extravasamento de eletrólitos no limbo foliar (EE), teor de clorofila total na folha (CLtotal), condutância estomática (gs) e taxa de assimilação de CO ₂ (A), em plantas de aceroleira irrigada com águas de diferentes salinidades, sob combinações de doses de nitrogênio e potássio, aos 540 dias após o transplantio.....	160
Tabela 4. Resumo do teste F para comprimento (CF), diâmetro (DF), tamanho médio (TMF) e massa média de frutos (MMF) de aceroleira irrigada com águas de diferentes salinidades, sob combinações de adubação nitrogenada e potássica, de colheitas realizadas entre 420 e 550 dias após o transplantio.....	165

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO II	Pág.
Figura 1. Dados médios de precipitação, temperatura média e umidade relativa média – UR, no período de estudo de 19 de abril de 2017 a 26 de outubro de 2018, obtido em estação meteorológica automatizada, localizada próxima ao município de Pombal, PB (INMET, 2018)	49
Figura 2. Instalação do dreno (A e B), mistura de superfosfato simples ao solo do lisímetro (C) e plantio das mudas em lisímetro preenchido com o solo (D)	51
Figura 3. Planta de aceroleira após a poda da gema apical, com 3 ramos laterais distribuídos simetricamente e em espiral aos 90 DAT (A); com a estrutura básica da copa formada aos 130 DAT (B) e após uma poda corretiva aos 335 DAT (C)	55
Figura 4. Medição de diâmetro de caule abaixo da enxertia (A), de ramos primários (B) e comprimento de ramos aos 170 DAT (C) e diâmetro de copa de planta aos 300 DAT (D)	56
Figura 5. Avaliação das trocas gasosas nas plantas de aceroleira utilizando analisador de gás carbônico a infravermelho portátil (IRGA), modelo LCPro + Portable Photosynthesis System® (ADC BioScientific Limited, UK) aos 540 DAT.....	57
Figura 6. Análise da eficiência fotoquímica através da fluorescência da clorofila a com auxílio do equipamento PEA – Hansatech aos 540 DAT.....	58
Figura 7. Planta de aceroleira em fase de produção durante o segundo ano de cultivo aos 540 DAT (A), frutos no ponto de colheita (B), medição de diâmetro do fruto (C) e pesagem de frutos (D)	61
Figura 8. Frutos utilizados para extração da polpa (A), análise de sólidos solúveis em refratômetro digital (B), preparo das amostras para centrifugação e determinação de carotenoides e antocianinas (C) estimativa por titulação do teor de vitamina C (D)	62
CAPÍTULO III	
Figura 1. Dados médios de precipitação, temperatura média e umidade relativa – UR, no período do estudo.....	69
Figura 2. Diâmetro de caule abaixo da enxertia - DCab (A), no ponto da enxertia – DCpo (B), acima da enxertia – DCac (DCac) e diâmetro de ramos primários - DRpr (D) em plantas de aceroleira em função da salinidade da água de irrigação – CEa aos 230 dias após a transplantio.....	76

Figura 3. Diâmetro de caule abaixo da enxertia - DCab (A), no ponto da enxertia – DCpo(B) acima da enxertia – DCac (C), e diâmetro de ramos primários - DRpr (D) em plantas de aceroleira adubadas com diferentes combinações de doses de nitrogênio e potássio aos 110, 170 e 230 dias após a transplantio.....	77
Figura 4. Condutância estomática – gs (A), transpiração – E (B) e taxa de assimilação de CO ₂ – A (C) em plantas de aceroleira em função da salinidade da água de irrigação – CEa e sob diferentes combinações de adubação nitrogênio-potássica aos 110 dias após o transplantio – DAT.....	79
Figura 5. Condutância estomática – gs (A), transpiração – E (B), taxa de assimilação de CO ₂ – A (C) e eficiência instantânea de carboxilação – EiCi (D) em plantas de aceroleira adubadas com diferentes combinações (C) de doses de nitrogênio e potássio, aos 230 dias após o transplantio – DAT.....	81

CAPÍTULO IV

Figura 1. Dados médios de precipitação, temperatura e umidade relativa – UR, durante a condução do experimento.....	90
Figura 2. Diâmetro de caule abaixo da enxertia - DCab (A) e acima da enxertia – DCac (B) em plantas de aceroleira em função da salinidade da água de irrigação – CEa, aos 300 dias após o transplantio.....	95
Figura 3. Diâmetro de caule baixo da enxertia – Dcab (A), acima da enxertia – DCac (B), diâmetro de copa – DCopa (C), volume de copa – VCopa (D) e índice de vigor vegetativo – IVV (E) em plantas de aceroleira adubadas com diferentes combinações de adubação nitrogenada e potássica, aos 300 dias após o transplantio.....	97
Figura 4. Desdobramento das salinidades da água de irrigação dentro das combinações de adubação de NK (A) e das combinações de adubação de NK dentro das salinidades (B) para diâmetro de frutos - DF de aceroleira irrigada com águas salinas, no primeiro ano de produção, de colheitas realizadas entre 260 e 330 dias após o transplantio.....	99
Figura 5. Comprimento - CF (A) e peso médio de frutos – PMF (B) de aceroleira em função da salinidade da água de irrigação – CEa, no primeiro ano de produção, de colheitas realizadas entre 260 e 330 dias após o transplantio.....	100
Figura 6. Comprimento de fruto – CF (A), peso médio de fruto – PMF (B), número de frutos por planta – NF (C) e produção por planta (PROD) de aceroleira adubadas com diferentes combinações de doses de nitrogênio e potássio, no primeiro ano de cultivo, de colheitas realizadas entre 260 e 330 dias após o transplantio.....	102

CAPÍTULO V

Figura 1. Dados médios de precipitação, temperatura e umidade relativa – UR, no período de estudo, obtido em estação meteorológica automatizada, localizada próxima ao município de Pombal, PB (INMET, 2018)	111
---	-----

Figura 2. Análise do efeito das salinidades da água de irrigação em cada combinação de adubação nitrogenada e potássica para diâmetro transversal – DTF (A) e tamanho médio de frutos – TMF (B) de aceroleira irrigada com águas salinas, de colheitas realizadas no primeiro ano de cultivo, entre 260 e 295 dias após o transplântio.....	117
Figura 3. Efeito das combinações de adubação nitrogenada e potássica dentro de cada nível de salinidade da água de irrigação para diâmetro transversal de frutos – DTF (A) e tamanho médio de frutos - TMF (B) de aceroleira irrigada com águas salinas, de colheitas realizadas no primeiro ano de cultivo, entre 260 e 295 dias após o transplântio.....	118
Figura 4. Diâmetro longitudinal de frutos – DLF (A) e massa média de frutos – MMF (B) de aceroleira irrigada com águas salinas, em colheitas realizadas no primeiro ano de cultivo, entre 260 e 295 dias após o transplântio.....	119
Figura 5. Diâmetro longitudinal de frutos – DLF (A) e massa média de frutos - MMF (B) de aceroleira sob diferentes combinações de adubação nitrogenada e potássica, de colheitas realizadas no primeiro ano de cultivo, entre 260 e 295 dias após o transplântio.....	120
Figura 6. Teor de vitamina C (Vit C) em frutos de aceroleira irrigada com águas salinas, de colheitas realizadas no primeiro ano de cultivo, aos 295 dias após o transplântio.....	123

CAPÍTULO VI

Figura 1. Dados médios de precipitação, temperatura e umidade relativa – UR, no período de estudo, obtido em estação meteorológica automatizada, próximo ao local do experimento (INMET, 2018)	132
Figura 2. Teores de clorofila a – Cla (A), Clorofila b – CLb (B), Clorofila total – Cltotal (C) e carotenoides – Car (D) em folhas de aceroleira, em função da salinidade da água de irrigação – CEa, aos 540 dias após o transplântio.....	137
Figura 3. Teores de clorofila a – Cla (A), Clorofila b – CLb (B), Clorofila total – Cltotal (C) e carotenoides – Car (D) em folhas de aceroleira, em função de diferentes combinações de adubações de adubação nitrogenada e potássica aos 540 dias após o transplântio.....	138
Figura 4. Fluorescência máxima da clorofila a – Fm (A) e Fluorescência variável da clorofila a – Fv (B) em folhas de aceroleira, em função da salinidade da água de irrigação – CEa, aos 540 dias após o transplântio.....	139
Figura 5. Concentração intercelular de CO ₂ – Ci (A), taxa de assimilação de CO ₂ – A (B), eficiência instantânea de carboxilação - EiCi (C) e eficiência instantânea no uso da água – EiUA (D) em plantas de aceroleira, em função da salinidade da água de irrigação aos 540 dias após o transplântio.....	141

Figura 6. Concentração intercelular de CO₂ – Ci (A), taxa de assimilação de CO₂ – A (B), eficiência instantânea de carboxilação - EiCi (C) e eficiência instantânea no uso da água – EiUA (D) em plantas de aceroleira, em função de diferentes combinações de adubação nitrogenada e potássica aos 540 dias após o transplântio..... 143

Figura 7. Número de frutos por planta – NF de aceroleira, em função da salinidade da água de irrigação (A) e de diferentes combinações de adubação nitrogenada e potássica (B), de colheitas realizadas entre 420 e 550 dias após o transplântio..... 144

Figura 8. Desdobramento das salinidades da água de irrigação dentro das combinações de adubação de NK (A) e das combinações de adubação de NK dentro das salinidades (B) para produção por planta – PROD de aceroleira irrigada com águas salinas, no segundo ano de cultivo, referente às colheitas realizadas entre 420 e 550 dias após o transplântio..... 145

CAPÍTULO VII

Figura 1. Dados médios de precipitação, temperatura e umidade relativa – UR, no período de estudo, obtido em estação meteorológica automatizada, próximo ao local do experimento (INMET, 2018) 155

Figura 2. Potencial hídrico no ramo – Ψ_w (A), conteúdo relativo de água – CRA (B) déficit de saturação hídrica – DSH (C) e extravasamento de eletrólitos – EE no limbo foliar (D), teor de clorofila total na folha – CLtotal (E) e taxa de assimilação de CO₂ (F), em aceroleira irrigada com águas de diferentes salinidades aos 540 dias após o transplântio..... 161

Figura 3. Potencial hídrico no ramo – Ψ_w (A), extravasamento de eletrólitos - EE (B), clorofila total – CLtotal (C) e taxa de assimilação de CO₂ – A (D) em folhas de aceroleira, em função da adubação com diferentes combinações de adubações de adubação nitrogenada e potássica aos 540 dias após o transplântio..... 163

Figura 4. Comprimento – CF (A), diâmetro – DF (B), tamanho médio – TMF (C) e massa média de frutos – MMF (D) de aceroleira, em função da salinidade da água de irrigação – CEa, de colheitas realizadas entre 420 e 550 dias após o transplântio..... 166

Figura 5. Comprimento – CF (A), diâmetro – DF (B), tamanho médio – TMF (C) e massa média de frutos – PF (D) de aceroleira, em função de diferentes combinações de adubações de adubação nitrogenada e potássica, de colheitas realizadas entre 420 e 550 dias após o transplântio..... 167

SILVA, E. M. **Cultivo de aceroleira irrigada com águas salinas sob combinações de adubação nitrogenada e potássica**. 2020. 175 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais. Campina Grande, PB.

RESUMO GERAL

A aceroleira destaca-se entre as fruteiras com potencial de cultivo na região semiárida do Nordeste brasileiro. Nesta região, a utilização de água salina na irrigação tem se intensificado durante os longos períodos de escassez hídrica, porém, o uso de água com altas concentrações de sais pode afetar o balanço nutricional, a fisiologia, o crescimento e a produção das culturas. Nestas condições, o manejo da combinação de adubação nitrogenada e potássica pode ser uma alternativa para mitigar estes efeitos causados pelo estresse salino. Assim, objetivou-se com esta pesquisa estudar o efeito de diferentes salinidades da água de irrigação sobre o crescimento, a fisiologia, os componentes de produção e a qualidade pós-colheita de frutos de aceroleira, adubada com diferentes combinações de doses de nitrogênio e potássio no primeiro e segundo ano de cultivo. A pesquisa foi desenvolvida em campo, com as plantas cultivadas em vasos adaptados como lisímetros de 60 L, em área experimental pertencente ao Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar da Universidade Federal de Campina Grande, localizado no município de Pombal-PB, em delineamento de blocos ao acaso, com os tratamentos dispostos em esquema fatorial 5 x 4, referentes a cinco níveis de salinidades da água de irrigação ajustadas para condutividades elétricas (CEa) de 0,3; 1,3; 2,3; 3,3 e 4,3 dS m⁻¹ e quatro combinações de doses de nitrogênio e potássio, sendo: 70% N + 50% K₂O; 100% N + 75% K₂O; 130% N + 100% K₂O e 160% N + 125% K₂O, da dose recomendada para aceroleira irrigada, com três repetições e parcela composta de um lisímetro contendo uma planta, totalizando 60 unidades experimentais. Foram utilizadas mudas enxertadas de aceroleira, tendo como porta-enxerto a cultivar Junco, e enxerto a cultivar Flor Branca. A aplicação das combinações de adubação e das águas salinas iniciou-se aos 20 e 41 dias após o transplantio, respectivamente, em que foram aplicadas até o final do experimento. As variáveis de crescimento, fisiológicas, de produção e de qualidade pós-colheita de frutos foram avaliadas até aos 550 dias após o transplantio. A salinidade da água de irrigação comprometeu o crescimento das plantas a partir 230 dias, sendo observado diminuição sobre o diâmetro de caule abaixo, no ponto, acima da enxertia e de ramos primários acima da CEa de 2,32 dS m⁻¹, enquanto que as trocas gasosas não foram afetadas neste período. Entre 260 e 330 dias após o transplantio, os efeitos negativos do incremento da salinidade até a CEa de 4,3 dS m⁻¹ foi intensificado nos diâmetros de caule das plantas e reduziu o tamanho, peso de frutos e o teor de vitamina C, porém não afetou o diâmetro e volume de copa, índice de vigor vegetativo, número de frutos, produção por planta, teores de antocianinas, carotenoides, pH, acidez titulável, sólidos solúveis totais e sabor dos frutos. No segundo ano de cultivo, entre 420 e 550 dias após o transplantio, o aumento na salinidade da água de irrigação a partir de 0,3 dS m⁻¹ diminuiu os teores de pigmentos fotossintéticos nas folhas, a eficiência fotoquímica, trocas gasosas, o potencial hídrico nas plantas, intensificou os danos às membranas celulares e reduziu o comprimento, diâmetro e massa de frutos, o número de frutos e a produção por planta. A combinação de 70% de N + 50% de K₂O da dose recomendada, favoreceu o maior crescimento de plantas, atividades fisiológicas e componentes de produção no primeiro e segundo ano de cultivo, porém não afetou os atributos físico-químicos dos frutos no primeiro ano, aos 295 dias após o transplantio. Além disso, esta combinação de N e K₂O mitigou o efeito da salinidade sobre o tamanho médio dos frutos no primeiro ano de cultivo (entre 260 e

295 dias após o transplantio) e a produção por planta no segundo ano (entre 420 e 550 dias após o transplantio), até os níveis de salinidade da água de 1,3 e 2,3 dS m⁻¹, respectivamente, tornando-se a combinação de adubação mais adequada para adubação da aceroleira irrigada com águas salinas. A adubação com nitrogênio e potássio acima da dose recomendada intensificou o estresse salino e o desbalanço nutricional nas plantas, comprometendo o crescimento, a fisiologia e os componentes de produção da cultura da aceroleira no primeiro e segundo ano de cultivo.

Palavras-chave: *Malpighia emarginata* D.C, estresse salino, nitrogênio e potássio.

SILVA, E. M. **Cultivation of West Indian cherry irrigated with saline waters under combinations of nitrogen and potassium fertilization.** 2020. 175 p. Thesis (Doctoral in Agricultural Engineering). Federal University of Campina Grande, Center for Technology and Natural Resources. Campina Grande, PB.

GENERAL ABSTRACT

The West Indian cherry stands out among the fruit trees with potential for cultivation in the semiarid region of the Brazilian Northeast. In this region, the use of saline water for irrigation has intensified during the long periods of water scarcity; however, the use of water with high concentrations of salts can affect the nutritional balance, growth and crop production. Under these conditions, the management of a combination of nitrogen and potassium fertilization can be an alternative to mitigate these effects caused by salt stress. Thus, this research aimed to study the effect of different salinities on irrigation water on the physiology, growth, production components and postharvest quality of West Indian cherry fruits, fertilized with combinations of nitrogen and potassium doses in the first and second year of cultivation. The research was carried out in the field, with plants grown in pots adapted as 60-L lysimeters, in an experimental area belonging to the Center for Agrifood Science and Technology of the Federal University of Campina Grande, located in the municipality of Pombal-PB, in a randomized block design, with treatments arranged in a 5 x 4 factorial scheme, referring to five levels of irrigation water salinities (EC_w): 0.3, 1.3, 2.3, 3.3 and 4.3 dS m⁻¹ and four combinations of doses of nitrogen and potassium: 70% N + 50% K₂O; 100% N + 75% K₂O; 130% N + 100% K₂O and 160% N + 125% K₂O, of the recommended dose for irrigated West Indian cherry, with three replicates and experimental plot consisting of a lysimeter, containing one plant, totaling 60 experimental units. Graft West Indian cherry fruits seedlings were used, having as rootstock the cultivar Junco, and graft to cultivar Flor Branca. The application of fertilizer combinations and saline water started at 20 and 41 days after transplanting, respectively, in which they were applied until the end of the experiment. Growth, physiological, production and post-harvest quality variables were evaluated up to 550 days after transplanting. Irrigation water salinity compromised plant growth after 230 days, with a decrease in stem diameter below, at the point, above the grafting and primary branches above EC_w of 2.32 dS m⁻¹, while gas exchange was not affected during this period. Between 260 and 330 days after transplanting, the negative effects of increasing salinity to EC_w of 4.3 dS m⁻¹ were intensified in the plant stem diameters and reduced fruit size, weight and vitamin C content. However, did not affect canopy diameter and volume, vegetative vigor index, fruit number, yield per plant, anthocyanin, carotenoid content, pH, titratable acidity and total soluble solids and fruit flavor. In the second year of cultivation, between 420 and 550 days after transplanting, the increase in salinity of irrigation water from 0.3 dS m⁻¹ decreased the content of photosynthetic pigments in leaves, photochemical efficiency, gas exchange, the water potential in the plants, intensified the damage to the membranes and reduced the length, diameter and mass of fruits, number of fruits and production per plant. The combination of 70% N + 50% K₂O of the recommended dose favored higher plant growth, physiological activities and production components in the first and second year of cultivation, although it did not affect the physicochemical attributes of the fruits in the first year, at 295 days after transplanting. In addition, this combination of N and K₂O mitigated the effect of salinity on the average fruit size in the first year of cultivation (between 260 and 295 days after transplanting) and production per plant in the second year (between 420 and 550 days after transplanted), up to water salinity levels of 1.3 and 2.3 dS m⁻¹, respectively, making it the

most suitable fertilizer combination for fertilizing irrigated aceroleira with saline water. Fertilization with nitrogen and potassium above the recommended dose intensified the salt stress and nutritional imbalance in the plants, compromising the growth, physiology and production components of the West Indian cherry in the first and second year of cultivation.

Key words: *Malpighia emarginata* D.C., salt stress, nitrogen and potassium.

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO GERAL, OBJETIVOS E REVISÃO DE LITERATURA

1 INTRODUÇÃO GERAL

A aceroleira, é uma fruteira nativa das Ilhas do Caribe, América Central e Norte da América do Sul, sendo iniciado seu cultivo comercial a partir de 1946 em Porto Rico, Cuba, Flórida e Havaí, incentivado pela descoberta de seu alto conteúdo de vitamina C, que em algumas variedades pode chegar a 5.000 mg/100 g de polpa (RITZINGER; RITZINGER, 2011). No Brasil, foi introduzida em 1955 no estado de Pernambuco, sendo o seu cultivo intensificado no período de 1988 a 1992, especificamente na região Nordeste, em virtude da boa adaptação às condições climáticas, à tecnologia da irrigação e a grande demanda do mercado internacional (CALGARO; BRAGA, 2012; SOUZA et al., 2017).

É uma das fruteiras com notoriedade nacional, sendo o Brasil um dos maiores produtores, consumidores e exportadores mundiais de acerola, com uma produção de 60,97 mil toneladas em uma área colhida de 5,75 mil hectares, com destaque para a região Nordeste que produziu mais de 47,6 mil toneladas, principalmente nos Estados de Pernambuco, Sergipe, Ceará, Paraíba e Piauí, que são os maiores produtores de acerola no Brasil (IBGE, 2017).

A exploração desta cultura na região Nordeste é de suma importância, uma vez que exige mão-de-obra intensiva, principalmente nas etapas de colheita e classificação dos frutos para exportação; além disso, as várias formas de aproveitamento do fruto rico em vitamina C e compostos antioxidantes como antocianinas, carotenoides e fenólicos, motiva a comercialização para consumo “in natura” e agroindústria, gerando excelente opção de mercado interno e externo, representando grande importância socioeconômica a nível nacional (CALGARO; BRAGA, 2012; ESASHIKA et al., 2013).

Apesar disto, nos últimos anos, vem ocorrendo reduções do volume de produção de fruteiras nos pomares brasileiros, especificamente na região semiárida do Nordeste, devido às estiagens persistentes e déficit de água de boa qualidade (CARVALHO et al., 2017); isso vem impondo pressão para o uso de água salina na irrigação, numa região em que 52,73% das fontes (açudes, barragens e poços profundos) possuem condutividade elétrica da água variando de 0,75 a maior que 3,0 dS m⁻¹, com alto risco de salinidade e 60% com risco de toxidez por sódio e cloreto (MORAIS et al., 1998).

O acúmulo de sais no solo diminui a disponibilidade de água às plantas devido à redução no potencial osmótico da solução do solo, onde a planta tende a dispende mais energia para absorver água e nutrientes (ASHRAF; HARRIS, 2004). Outrossim, podem

ocorrer efeitos tóxicos principalmente dos íons Na^+ e Cl^- , em função do nível de tolerância da cultura (MUNNS, 2005); além de desequilíbrio nutricional, causado por deficiências de Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ induzidas por excesso de Na^+ (MARSCHNER, 2011), e a concentração de Cl^- interferir na absorção de NO_3^- através de competição iônica (FLOWERS, 2004).

O uso de água com excesso de sais na irrigação compromete as propriedades físico-químicas do solo, crescimento, fisiologia e produção das culturas (MUNNS, 2005), especificamente, da aceroleira, que pode sofrer diminuição no crescimento, na fotossíntese e produção, quando irrigada com água de irrigação de salinidade a partir de $0,6 \text{ dS m}^{-1}$, durante o primeiro ano de cultivo (SÁ et al., 2019).

De acordo com Kafkafi (1984) plantas tolerantes à salinidade exibem valores elevados das razões K^+/Na^+ , $\text{Ca}^{2+}/\text{Na}^+$ e $\text{NO}_3^-/\text{Cl}^-$ nas folhas do que aquelas menos tolerantes. Neste sentido, muitos estudos têm buscado doses adequadas de adubação nitrogenada e potássica de modo a reduzir a relação $\text{Cl}^-/\text{NO}_3^-$ e Na^+/K^+ nas plantas e mitigar dos efeitos tóxicos dos íons Na^+ e Cl^- , assim impondo maior tolerância das culturas à salinidade (BLANCO et al., 2008; ANDRADE JUNIOR et al., 2010; GURGEL et al., 2010a).

Além disso, concentrações adequadas de NO_3^- em relação ao Cl^- na planta sob salinidade podem contribuir para maior síntese de compostos orgânicos vitais para o vegetal, como aminoácidos, proteínas, clorofila, ácidos nucleicos, ATP, NADH, NADPH e inúmeras enzimas (TAIZ et al., 2017), promovendo o ajuste osmótico e maior adaptação ao estresse salino (ANDRADE JUNIOR et al., 2010). Outrossim, maiores concentrações de K^+ em relação ao Na^+ , pelo efeito antagônico, podem reduzir acúmulo deste íon tóxico, favorecendo os processos fisiológicos e bioquímicos dependentes de K^+ , como a abertura estomática, fotossíntese, respiração e síntese de proteínas (APSE; BLUMWALD, 2007).

Alguns trabalhos investigando o efeito da adubação na aceroleira submetida ao estresse salino, verificaram que aumentos de 40% na dose de N e P (SÁ et al., 2017; 2018a; 2018b e 2019b) e de 125% de K_2O em relação à dose recomendada (LIMA et al., 2019c), mitigam os efeitos negativos da salinidade da água de irrigação até a condutividade elétrica de $3,8 \text{ dS m}^{-1}$ sobre a fisiologia, o crescimento e a produção das plantas. Além de estarem relacionados com a mitigação do estresse salino, o nitrogênio e o potássio são os macronutrientes mais acumulados no tecido da cultura sem condições de salinidade (LIMA, 2008). Assim sugere que, através do manejo da adubação, a utilização de combinações de doses adequadas de nitrogênio e potássio possa elevar a produtividade da cultura e torna-se uma das principais alternativas para viabilização do uso da água com problemas de sais em áreas cultivadas com aceroleira no semiárido do Nordeste brasileiro.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

Avaliar o efeito de diferentes níveis de salinidade da água de irrigação sobre o crescimento, a fisiologia, os componentes de produção e a qualidade pós-colheita de frutos de aceroleira cv. Flor Branca enxertada sobre a cv. Junco, adubada com diferentes combinações de doses de nitrogênio e potássio no primeiro e segundo ano de cultivo.

2.2 Específicos

Constatar o período inicial de manifestação dos efeitos da salinidade da água e das combinações de adubação sobre as plantas de aceroleira através das variáveis analisadas.

Analisar as variáveis de crescimento, as fisiológicas, os componentes de produção e de qualidade pós-colheita de frutos, afetadas pelas diferentes salinidades da água de irrigação e as diferentes combinações de adubação nitrogenada e potássica.

Determinar o limite de salinidade da água de irrigação associada à combinação de adubação nitrogenada e potássica adequada para o cultivo da aceroleira durante o crescimento e a produção da cultura no primeiro e segundo ano de cultivo.

Identificar a combinação de doses de N e K que possam minimizar o efeito negativo da salinidade da água de irrigação sobre a cultura da aceroleira em diferentes épocas de cultivo.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Aspectos gerais da cultura da aceroleira

A aceroleira, pertence à família Malpighiaceae, gênero Malpighia. Esta família possui cerca de 63 gêneros e 850 espécies, das quais cerca de 30 espécies fazem parte do gênero Malpighia, com ocorrência principalmente nas regiões tropicais do continente americano. A espécie cultivada é a *Malpighia emarginata* D.C, cuja denominação foi atribuída em 1986 pelo Internacional Board of Plant Genetic Resources (IBPGR) (RITZINGER; RITZINGER, 2011).

Trata-se de um arbusto de pequeno a médio porte que pode chegar a 3,0 m de altura, mas que sob condições de plantio comercial atinge 1,5 a 2,0 m de altura, em consequência do manejo da poda (ALVES; MENEZES, 1995). Apresenta tronco único ou ramificado, ramos densos, espalhados e geralmente curvados para baixo. As folhas são simples, opostas, de pecíolo curto e forma que varia de oval a elíptica. As flores hermafroditas, dispostas em pequenos cachos pedunculados, surgem na axila das folhas de ramos novos ou em esporões laterais após surtos de crescimento vegetativo (ALVES; MENEZES, 1995; RITZINGER; RITZINGER, 2011). Os frutos são drupas de forma arredondada, ovalada ou cônica e quando maduros, apresentam cor vermelha, roxa ou amarela, com peso variando de 3 a 16 g em função do potencial genético da planta e das condições de cultivo (BARBOZA et al., 1996). As sementes são pequenas, monoembriônicas e de baixa viabilidade que varia de 20% a 50% (RITZINGER; RITZINGER, 2011).

A aceroleira pode ser cultivada em solos arenosos e em solos argilosos, desde que se adotem os devidos cuidados de adubação e drenagem, pois a cultura é sensível ao enxarcamento, sendo os solos de fertilidade mediana e textura argilo-arenosa os mais propícios ao cultivo dessa fruteira (CRISÓSTOMO; NAUMOV, 2009). Faixas de pH do solo entre 4,5 e 6,5 e altitude variando desde o nível do mar até 800 m são propícios para o desenvolvimento da cultura (BARBOZA et al., 1996; RITZINGER; RITZINGER, 2011).

Por ser uma planta rústica, a aceroleira desenvolve-se bem tanto em clima tropical quanto subtropical, necessitando para o seu desenvolvimento e produção, temperaturas entre 15 e 32 °C, com médias anuais próximas a 27 °C (CALGARO; BRAGA, 2012).

No semiárido do Nordeste brasileiro, devido aos baixos índices pluviométricos e a irregularidade das precipitações, a produção de aceroleira em larga escala só é possível com o

uso de irrigação que supre a necessidade hídrica e favorece a produção precoce da cultura, iniciando a produção em plantas enxertadas por volta dos 6 a 7 meses do plantio (BARBOZA et al., 1996).

A planta é exigente quanto à insolação, que também influencia na produção de vitamina C (ácido ascórbico), que é sintetizada a partir de açúcares hexoses solúvel, derivado da atividade fotossintética. Este ácido ascórbico é antioxidante e também protege o sistema fotossintético dos danos solares, interagindo positivamente nos processos bioquímicos. Dessa maneira, a radiação solar interfere diretamente no crescimento, fisiologia, produção das plantas e qualidade dos frutos de acerola (CALGARO; BRAGA, 2012). Neste sentido, estes autores reportam que a associação de temperaturas elevadas (24 a 31 °C), alta radiação solar (2.000 a 3.000 horas/ano) e disponibilidade de água para irrigação na região semiárida do Nordeste brasileiro proporcionam as condições climáticas necessárias ao desenvolvimento da aceroleira, assegurando elevado rendimento na produção de frutos de ótima qualidade.

A acerola pode ser consumida na forma de polpa, *in natura*, sob a forma de suco natural, ou como fonte enriquecedora de vitamina C quando associada ao suco de outras frutas. Também entra na fabricação de licores, geleias, doces em calda e em pasta, sorvetes, chicletes e bombons; com isso, incrementando perspectivas de mercado em vários setores do comércio (RITZINGER; RITZINGER, 2011).

Além disso, as perspectivas efetivas de exportação de acerola nas formas de suco concentrado e de polpa integral congelada são promissoras, o que pode obter com seu cultivo excelente opção de mercado. No mais, as características da acerola como cultura perene, produzindo praticamente durante o ano todo nos projetos irrigados do Nordeste, permitem ao pequeno fruticultor ter um fluxo de caixa quase contínuo, revestindo-se isto de fundamental importância para agregação de renda, uma vez que o pequeno produtor no semiárido nordestino, em geral, tem dificuldade em obter capital de giro nos períodos de entressafra (CALGARO; BRAGA, 2012).

3.2 Qualidade da água no semiárido do Nordeste do Brasil

Em regiões semiáridas, a concentração de sais nas águas pode atingir valores elevados, prejudicando o solo e as plantas. Atualmente, vastas áreas vêm sendo afetadas pela irrigação com águas com teores elevados de sais associada à falta de planejamento de drenagem, aplicação de lâmina insuficiente de irrigação, manejo inadequado da adubação ou mesmo a

combinação destes fatores, que tem resultado na diminuição do rendimento das culturas e degradação de solos por salinidade e sodicidade (FERREIRA et al., 2016; RIBEIRO et al., 2016).

No tocante a concentração de principais sais, Medeiros (1992) verificou que nas principais fontes de água disponíveis para irrigação no Nordeste brasileiro, incluindo os estados do Ceará, Rio Grande do Norte e Paraíba, há predominância de águas cloretadas, principalmente, de Na, Ca e Mg, na proporção de 7:2:1 em mmol_c L⁻¹.

Silva Junior et al. (1999) avaliando a qualidade de águas do cristalino da Paraíba, Rio Grande do Norte e Ceará, concluíram que, em geral, são cloretadas sódicas, com poucas restrições para o uso na irrigação. Entretanto, Morais et al. (1998) avaliando 1077 amostras de água do banco de dados da UFERSA coletadas desde o Maranhão até Pernambuco, onde mais de 95% destas água representam a situação do semiárido do Nordeste brasileiro, observaram que 52,73% de águas (provenientes de poços tubulares, poço amazonas, rio, açude, lagoa, entre outros) são pertencentes às classes C₃ e C₄, apresentando salinidade variando entre 0,75 a maior que 3,0 dS m⁻¹, com alto risco de salinidade, sendo que 60% apresentam perigo de toxidez de sódio ou cloreto, conforme a classificação de Richards (1954).

Medeiros et al. (2003) verificaram que águas subterrâneas da Chapada do Apodí nos estados do Rio Grande do Norte e Ceará apresentavam níveis elevados de salinidade, altas concentrações de cloreto, baixa sodicidade e elevada alcalinidade. Da mesma forma, Andrade Junior et al. (2006) avaliando água de poços em municípios do Piauí, concluíram que, os situados no embasamento cristalino do município de Simões apresentavam alta salinidade.

De acordo com Holanda et al. (2016), em torno de 30% das águas avaliadas em estados do Nordeste que abrange a região semiárida são de baixa qualidade para irrigação, e que mesmo, nas áreas irrigadas com água de salinidade baixa, a média apresenta problemas de acumulação de sais, em consequência do manejo inadequado da irrigação, como nos perímetros irrigados do Nordeste brasileiro.

Os sais presentes na água de irrigação são incorporados ao solo e, embora, parte seja absorvidas pelas plantas e outra parte eliminada por percolação através de lâminas sucessivas de irrigação e chuvas, outra parte fica acumulada no solo, promovendo reduções no rendimento das culturas, quando superior aos limites de tolerância à salinidade (DIAS et al., 2003).

Desse modo, deve-se dar ênfase a estudos que busquem alternativas viáveis para o uso de águas salinas na irrigação na região semiárida do Nordeste brasileiro, especificamente no cultivo da aceroleira.

3.3 Efeitos da salinidade sobre as plantas

3.3.1 Efeito osmótico

Embora a salinidade exerça processos complexos sobre os vegetais, pode-se dizer que os efeitos da salinização sobre as plantas podem ser causados pelas dificuldades de absorção de água pela planta, toxicidade de íons específicos, desbalanço nutricional em função da elevada concentração iônica e a inibição da absorção de outros cátions pelos íons de sódio e cloreto, causando interferência dos sais nos processos fisiológicos (efeitos indiretos), reduzindo o crescimento e desenvolvimento das plantas (SCHOSSLER et al., 2012).

O efeito osmótico provocado pelas elevadas concentrações de sais dissolvidos na solução do solo afeta as relações hídricas entre o solo e a planta, reduzindo a absorção de água, e conseqüentemente, o movimento de nutrientes através das membranas das raízes para o interior da célula (ALVES et al., 2011; MACHADO; SERRALHEIRO, 2017).

Isso ocorre devido os sais na solução do solo aumentar as forças de retenção de água, elevando à magnitude de escassez de água na planta, devido às forças de embebição das raízes se tornarem inferiores as forças com que a água é retida no solo. O aumento da pressão osmótica causado pelo excesso de sais solúveis na solução do solo poderá atingir um nível em que as plantas não terão força de sucção suficiente para superar o potencial osmótico e, em consequência, a planta não irá absorver água, e conseqüentemente nutrientes, sendo este processo também denominado de seca fisiológica. Dependendo do grau de salinidade, a planta em vez de absorver poderá perder a água que se encontra no interior das raízes, devido perda de água das células para solução concentrada no solo através do processo conhecido por plasmólise (DIAS et al., 2016).

O componente osmótico do estresse salino, ou seja, a menor disponibilidade de água para a planta, não confere diretamente danos à membrana plasmática. Estes danos são ocasionados pelo efeito tóxico de íons específicos (MUNNS; TESTER, 2008). Contudo, as taxas de alongação e divisão celular dependem diretamente do processo de extensibilidade da parede celular relacionado ao balanço osmótico; desta forma, este componente é essencial para o crescimento dos vegetais em meio salino e qualquer falha neste balanço resultará em injúrias semelhantes às da seca, como a perda de turgescência e a redução no crescimento, resultando em plantas atrofiadas, por causar aumento no dispêndio de energia para absorver água do solo e realizar os ajustes bioquímicos necessários para sobreviver em condições de estresse (ASHRAF; HARRIS, 2004).

Entretanto, plantas tolerantes a salinidade, como no caso das halófitas, apresentam capacidade de realizar ajuste osmótico mesmo em condições de baixos potenciais de água no solo pelo acúmulo de solutos orgânicos e de íons salinos absorvidos no vacúolo das células foliares, mantendo a concentração salina no interior da célula em níveis baixos, sem que haja interferência na hidratação das proteínas e nos mecanismos enzimáticos e metabólicos da planta, assim, permanecendo uma gradiente favorável para absorção de água pelas raízes, enquanto que as plantas sensíveis à salinidade, denominadas de glicófitas, geralmente tendem a tentar excluir os sais na absorção da solução do solo, no entanto, não são capazes de realizar o ajuste osmótico necessário, sofrendo com decréscimo de turgor, levando as plantas a estresse hídrico, por osmose (KOSOVÁ et al., 2013).

3.3.2 Efeito tóxico

Os efeitos deletérios da salinidade referem-se também à ação dos efeitos tóxicos dos íons (MUNNS; TESTER, 2008). Esses efeitos ocorrem quando as plantas absorvem os sais do solo, juntamente com a água, permitindo que haja toxidez na planta por excesso de sais absorvidos. Este excesso promove, então, desbalanceamento e danos ao citoplasma, resultando em danos principalmente, na bordadura e no ápice das folhas, onde a planta mais transpira, havendo, nessas regiões, acúmulo do sal translocado do solo para a planta e, obviamente, intensa toxidez de sais (DIAS et al., 2016).

Normalmente, a toxidade é provocada pelos íons cloreto, sódio e boro, sendo a toxidade mais frequente provocada pelo cloreto, seguida do sódio e do boro, contudo, a toxidez provocada pelos íons sódio e cloreto são os mais evidentes em solos salinos (AYERS; WESTCOT, 1999). Estes íons quando absorvidos entram no fluxo de transpiração, ocasionando injúrias nas folhas, reduzindo o crescimento ou influenciando negativamente na absorção de elementos essenciais (MACHADO; SERRALHEIRO, 2017).

Os sintomas de toxidez por íons específicos nas folhas das plantas são relatados por Dias e Blanco (2010): a) o sintoma do cloreto é evidenciado pela queimadura do ápice das folhas, atingindo as bordas em estágios mais avançados, promovendo queda prematura; b) os sintomas típicos do sódio aparecem em forma de queimaduras ou necrose ao longo das bordas nas folhas mais velhas, progredindo na área interneval até o centro da folha, à medida que se intensifica; c) os sintomas causados pelo boro na folha se resumem em manchas amarelas ou

secas nas bordas e no ápice das folhas velhas, se estendendo pelas áreas internevais até o centro da folhas.

A clorose e queima das folhas devido à toxicidade da salinidade pode ser em decorrência de alterações no balanço hormonal, redução generalizada da atividade metabólica da planta e da perda da turgescência das células guarda (FERREIRA et al., 2001). Para Fernandes et al. (2002), os sintomas de fitotoxidez são devidos aos desequilíbrios nutricionais no citoplasma, ocorrendo redução da translocação de citocinina para as folhas com consequente aumento do conteúdo de ácido abscísico. A acumulação dos íons tóxicos podem inibir a fotossíntese e a síntese de proteínas, inativar enzimas e danificar cloroplastos e outras organelas, sendo esses efeitos mais evidenciados em folhas mais velhas devido estarem transpirando por mais tempo e acumulando maior quantidade de íons (MACHADO; SERRALHEIRO, 2017).

A concentração elevada de Cl^- no meio de crescimento, por sua vez, pode interferir na absorção de NO_3^- e na osmorregulação (PARIHAR et al., 2015). Além disso, o aumento da concentração de Na^+ nos tecidos foliares pode afetar a extensibilidade da parede celular que é composta pelo Ca^{2+} e o processos fisiológicos e bioquímicos dependentes de K^+ , como a abertura estomática, a fotossíntese, a respiração e a síntese de proteínas, em virtude da similaridade físico-química entre esses íons; desse modo, a toxicidade iônica pode ser evidenciada por alterações nas razões K^+/Na^+ e $\text{Ca}^{2+}/\text{Na}^+$ dos tecidos, provocando desde reduções no desenvolvimento até morte das plantas (APSE; BLUMWALD, 2007).

As alterações na membrana podem ocorrer, também, devido ao contato com o íon Na^+ , o que causa sua despolarização, podendo conduzir à interrupção dos mecanismos de absorção iônica e seletividade (MUNNS; TESTER, 2008).

3.3.3 Efeito indireto

Esses efeitos acontecem quando as altas concentrações de sódio ou outros cátions na solução interferem nas condições físicas do solo ou na disponibilidade de alguns elementos, afetando o crescimento e o desenvolvimento das plantas, indiretamente (DIAS et al., 2003), como por exemplo, o excesso de sódio trocável no solo pode promover efeito indireto sobre as plantas por provocar dispersão das argilas e entupimento de poros do solo, criando camadas compactadas, diminuindo a permeabilidade, a retenção de água e penetração de raízes, cujos

fatores são desfavoráveis para crescimento e desenvolvimento das plantas, sobretudo do sistema radicular (DIAS et al., 2016).

Quando as plantas são expostas à salinidade, o excesso de sódio e cloro na solução do solo provoca distúrbio na absorção de nutrientes, afetando as concentrações de nutrientes, como o cálcio, magnésio, potássio, fósforo e nitrato na planta (MARSCHNER, 2011; PARIHAR et al., 2015). O desequilíbrio nutricional é um dos fatores mais agravantes relativo ao estresse salino, evidenciado por reduções nos teores de K, Ca e Mg na matéria seca das raízes, caule e folhas (CAVALCANTE et al., 2005).

Há situações em que o efeito osmótico dos sais no solo não se torna evidente, sobretudo, a concentração de diversos íons pode provocar interferências indiretas, ocasionando o desequilíbrio nutricional nas plantas, assim, afetando negativamente os processos metabólicos devido à perda de eficiência nos mecanismos de absorção, transporte e utilização dos nutrientes minerais (WILLADINO; CÂMARA, 2010).

3.4 Tolerância das plantas à salinidade

A tolerância de uma cultura à salinidade é a capacidade que a mesma tem de suportar os efeitos do excesso de sais na zona radicular, assim, atingindo seu desenvolvimento e completando seu ciclo de vida (MACHADO; SERRALHEIRO, 2017). O limite de tolerância depende da concentração do sal em solução, do tempo de exposição, do estágio de desenvolvimento das plantas e a variabilidade genética (AYERS; WESTCOT, 1999).

Nem todas as culturas respondem igualmente a salinidade, com o nível de tolerância podendo variar entre espécies e entre genótipos de uma mesma espécie, visto que algumas produzem rendimentos aceitáveis a níveis altos de salinidade e outras são sensíveis a níveis relativamente baixos, muitas das vezes, em consequência da melhor capacidade de adaptação osmótica, sendo capazes de absorver e acumular íons e utilizá-los na síntese de compostos orgânicos, permitindo-lhes absorver, mesmo em meio salino, maior quantidade de água (AYERS; WESTCOT, 1999; DIAS et al., 2016).

Sob condições de estresse salino, a homeostase hídrica e iônica é alterada. Essa quebra da homeostase ocorre tanto ao nível celular como na planta inteira, acarretando danos moleculares, suspensão do crescimento ou a morte da planta (WILLADINO; CAMARA, 2010). De acordo com esses autores, para que as plantas tolerem essas condições, devem-se promover interconexão de três importantes aspectos das atividades metabólicas, que

normalmente ocorre em plantas tolerantes à salinidade, como evitar ou aliviar os danos causados pelo estresse (exclusão iônica); restabelecer as condições homeostáticas (iônica e osmótica) e retomar o crescimento, ainda que a uma taxa reduzida.

Para avaliação da tolerância das culturas a salinidade pode ser englobada três critérios: 1) capacidade das plantas sobreviver em solo salino; 2) rendimento da planta em meio salino (produção satisfatória) e 3) produção relativa. Contudo, em termos de produção relativa, nem sempre uma variedade tolerante à salinidade é a mais produtiva, pois, este critério avalia o decréscimo percentual de produtividade, sendo que avaliando duas cultivares em mesmo nível salino, pode dizer aquela que embora apresente menor produtividade, mas que tenha apresentado menor decréscimo percentual pelo incremento de nível salino, é a cultivar mais tolerante (DIAS et al., 2016).

Além dos componentes de produção, o crescimento vegetativo e a produção de biomassa produzida diminuem linearmente com aumento da salinidade acima da salinidade limiar, podendo estes também ser componente de avaliação da tolerância à salinidade (DIAS et al., 2003; WILLADINO; CAMARA, 2010), tendo maior importância, principalmente, na fase de produção de mudas, onde é impossível a obtenção de dados de produção.

A tolerância das culturas é convenientemente expressa em termos da salinidade média da zona radicular, que é o nível de salinidade máximo em que a produção não é reduzida, denominada salinidade limiar (SL), normalmente expressa em termos de condutividade elétrica do extrato de saturação do solo (CEes), sendo que neste nível de salinidade o rendimento das culturas é 100% (AYERS; WESTCOT, 1999).

De acordo com Maas (1984), as tolerâncias relativas das culturas são classificadas da seguinte forma: sensíveis (Salinidade Limiar $<1,3 \text{ dS m}^{-1}$); moderadamente sensíveis ($1,3 < \text{Salinidade Limiar} < 3,0 \text{ dS m}^{-1}$); moderadamente tolerantes ($3,0 < \text{Salinidade Limiar} < 6,0 \text{ dS m}^{-1}$); tolerantes ($6,0 < \text{Salinidade Limiar} < 10,0 \text{ dS m}^{-1}$); não adequados para a maioria das culturas (Salinidade Limiar $> 10 \text{ dS m}^{-1}$).

Em termos de diversidade na tolerância à salinidade, as plantas podem ser classificadas como halófitas e glicófitas. As halófitas são aquelas que podem tolerar elevadas concentrações salinas na rizosfera sem afetar seu crescimento (KOSOVÁ et al., 2013). Estas plantas possuem a capacidade de crescer em ambiente com concentração salina que varia de 50 a 500 Mm e potencial que oscila entre -1,0 e -2,5 MPa e, em condições extremas, a -5,0 Mpa. Apresentam mecanismos de exclusão de Na^+ e Cl^- em estruturas morfológicas como glândulas secretoras, pelos vesiculares e abscisão de folhas velhas (FERNANDES et al., 2010). As glicófitas são a maioria das plantas cultivadas, que são incapazes de se desenvolver

em ambientes com elevadas concentrações salinas, sofrendo decréscimos de turgor e redução no crescimento quando a salinidade supera 10 Mm (WILLADINO; CAMARA, 2010).

3.4.1 Mecanismos de tolerância

No intuito de amenizar os efeitos negativos dos sais sobre as atividades metabólicas, as plantas desenvolvem uma série de mecanismos diferenciados de tolerância entre as distintas espécies (DIAS; BLANCO, 2010).

Um dos mecanismos de tolerância à salinidade é o ajustamento osmótico que consiste na capacidade das plantas em acumular íons no vacúolo e, ou, solutos orgânicos de baixo peso molecular no citoplasma, conhecidos como osmólitos compatíveis ou osmoprotetores, que pode permitir a manutenção da absorção de água e da turgescência celular (HOPKINS, 1999). Estas substâncias são compatíveis com enzimas e os metabólitos ali presentes (LAUCHI; EPSTEIN, 1984), e dentre os principais grupos de solutos compatíveis destacam-se: os aminoácidos (como a prolina), compostos amônio-quaternários (glicina betaína, manitol, açúcares solúveis - frutose, sacarose, trealose, rafinose) ou polimérico (frutanas) e poliaminas (putrescina, espermidina e espermina) (HASEGAWA et al., 2000), além de enzimas que eliminam os radicais livres, e proteínas que protegem outras proteínas (MUNNS, 2005).

O ajustamento osmótico pode contribuir para manutenção dos processos fisiológicos, tais como abertura estomática, fotossíntese e expansão celular (SERRAJ; SINCLAIR, 2002). Em termos de consumo energético, o acúmulo de íons inorgânicos (principalmente, Na^+ e Cl^-) para o ajuste é menos dispendioso em relação à síntese de solutos (CHINNUSAMI et al., 2005), devido este último processo desviar substratos energéticos de outras vias metabólicas para o crescimento das plantas, como síntese de proteínas e parede celular (MUNNS, 2005).

Outro mecanismo de tolerância à salinidade é a exclusão e a compartimentação de sais que se qualifica essencial para a homeostase dos íons Na^+ e K^+ e amenização do efeito tóxico (SILVEIRA et al., 2010). A nível celular deve ser evitado o acúmulo de sal no citosol, onde se encontra o aparato metabólico sensível, para assim evitar a inibição de um grande número de enzimas, tanto em glicófitas como em halófitas (MUNNS, 2005).

Desse modo, três mecanismos estão disponíveis em plantas para prevenir o acúmulo excessivo de Na^+ no citosol. No primeiro, a entrada de Na^+ é restringida pela seletividade na absorção de íons. O segundo refere-se à compartimentalização de Na^+ no vacúolo e, no terceiro, o Na^+ presente no citosol é exportado para o espaço apoplástico ou para o solo/substrato (WILLADINO; CAMARA, 2010). Este mecanismo de compartimentalização

de Na^+ no vacúolo ou a exclusão para o meio externo celular ocorre através de proteínas antiporte Na^+/H^+ , sendo aplicada uma força eletromotriz gerada pelas bombas de hidrogênio (H^+ -ATPase ou H^+ -PPiase) (SILVEIRA et al., 2010).

A percepção das mudanças ambientais e subsequente adaptação das plantas a salinidade seguem complexas vias de transdução de sinal, envolvendo uma série de reações bioquímicas reguladas por genes específicos que transmitem sinais às células, os quais ativam os mecanismos de respostas adaptativa da planta (DIAS; BLANCO, 2010).

As vias de sinalização celular iniciam-se quando um receptor, localizado na plasmalema, detecta o estresse, e transmite o sinal através de um grande número de componentes intracelulares localizados a jusante, tais como proteínas, lipídios, hormônios vegetais, cálcio, espécies reativas de oxigênio (EROS), fosfatos e inositol (MAHAJAN; TUTEJA, 2005). Esses mensageiros considerados secundários podem alterar as concentrações intracelulares de cálcio, iniciando várias fosforilações de proteínas que resultam na síntese proteica, diretamente envolvida na proteção celular, ou em fatores de transcrição que controlam grupos específicos de genes reguladores de estresse, os quais emitem produtos que participam da geração de moléculas reguladoras como o ácido abscísico, etileno e ácido salicílico (XIONG et al., 2002). Uns desses genes são o *SOS1* e o *atNHX1*, altamente sensíveis ao sódio e responsáveis pelo fluxo Na^+/K^+ que ocorre pela membrana celular através de um processo antiporte, regulando a concentração de Na^+ no interior das células (SHI; ZHU, 2002)

Outro mecanismo chave que contribui para expressar a maior tolerância das plantas à salinidade é a habilidade de genótipos de plantas ao manter altos teores de K, Ca e NO e baixos níveis de Na e Cl dentro do tecido (DIAS; BLANCO, 2010). Este fenômeno mantém altas relações de K/Na, Ca/Na e NO/Cl⁻ nos tecidos, principalmente nas folhas, os quais mantem as plantas mais tolerantes a salinidade (KAFKAFI, 1984). Para Cuartero e Muñoz (1999), a aplicação de fertilizantes em quantidades maiores que a recomendada poderia ser um mecanismo alternativo para induzir maior tolerância das plantas à salinidade moderada, pois, haveria maior absorção de nutrientes, aumentando às relações K/Na, Ca/Na e NO /Cl nas plantas.

Além da atuação desses mecanismos, as respostas das plantas à salinidade são muitas vezes acompanhadas por alterações morfológicas e anatômicas, destacando-se fechamento de estômatos, redução do número de folhas e da área foliar, diminuindo assim sua superfície transpirante como alternativa para manter a absorção de água e reduzir a taxa de transpiração (TAIZ et al., 2017), aumento da espessura do mesófilo foliar devido ao aumento no número e

comprimento das células paliçádicas e no número de camadas de células paliçádicas e esponjosas, aumento de camada de cera sobre as folhas e aumento da suberização das células endodérmicas radiculares e formação das estrias de Caspary, como forma de reduzir o transporte de Na^+ pela via apoplástica (OLIVEIRA et al., 2010).

As plantas também podem evitar o acúmulo excessivo de sais, no organismo como todo, através da retenção íons nas raízes, na parte superior do caule, no pedúnculo da flor e no pecíolo da folha, reduzindo a quantidade destes que chegam ao limbo foliar e aos frutos jovens. Também podem excluir pelos vesiculares, que são células epidérmicas modificadas, acumuladoras de sais no protoplasto, morrendo em seguida; no mais as plantas podem realizar a abscisão de folhas velhas que acumulam quantidades consideráveis de sal (WILLADINO; CÂMARA, 2010).

É de fundamental importância o conhecimento a respeito da tolerância das plantas à salinidade e seus mecanismos; pois, vale salientar que a solução de grande parte dos problemas da salinidade na produção agrícola depende da compreensão do nível de tolerância e dos aspectos fisiológicos e bioquímicos das plantas cultivadas sob essas condições (PRISCO; GOMES-FILHO, 2010).

Estes conhecimentos podem ser úteis no que corresponde ao melhoramento e seleção de plantas tolerantes e na adoção de tecnologias que possam amenizar os efeitos deletérios dos sais nas plantas cultivadas, permitindo desse modo, o uso de águas de qualidade inferior e aumento da faixa aceitável das águas salinas para irrigação (DIAS et al., 2003).

3.4.2 Efeitos da salinidade na aceroleira

Vários estudos com a cultura têm sido desenvolvidos investigando o efeito da salinidade da água de irrigação durante a fase de mudas, formação de porta-enxertos e na fase de produção da espécie.

Gurgel et al. (2003a e 2003b) observaram que o aumento na salinidade da água de irrigação variando entre 0,5 e 5,5 dS m^{-1} prejudica a porcentagem de plantas emergidas, índice de velocidade de germinação, a taxa de assimilação líquida e o crescimento das mudas, sendo que a sensibilidade ao estresse salino sofre diminuição ao longo do tempo, possibilitando classificar o clone BV1 de aceroleira como moderadamente sensível com salinidade limiar de 1,16 dS m^{-1} , na época da enxertia, que corresponde a um período de 50 e 90 dias após a emergência.

Já Gurgel et al. (2007), estudando o efeito de águas salinas na produção de mudas enxertadas, relataram que aumentos da salinidade na água irrigação até a CEa de $5,5 \text{ dS m}^{-1}$ diminui o crescimento e acúmulo de fitomassas de aceroleira, porém, não prejudicou a adequabilidade de porta-enxertos de Clone BV1 para propagação por garfagem aos 80 dias após repicagem para tubetes, bem como não afetou o pegamento e nem das mudas de aceroleira enxertadas com clone Clone BV7 até a fase de transplântio (50 dias após a enxertia).

Para a fisiologia da cultura na fase vegetativa aos 75 dias após o transplântio, Sá et al. (2017) observaram em plantas enxertadas com cultivar BRS 336-Jaburu e porta-enxerto Crioula, que a irrigação com salinidade da água até $3,8 \text{ dS m}^{-1}$ não afetou o conteúdo relativo de água nas folhas e a eficiência fotoquímica, porém inibiu as trocas gasosas nas plantas; enquanto que aos 150 dias após o transplântio foi observada a diminuição da eficiência quântica do fotossistema II, das trocas gasosas, aumento da porcentagem de danos nas células foliares e redução do crescimento das plantas pela irrigação com salinidade superior à $2,2 \text{ dS m}^{-1}$ (SÁ et al., 2018a e 2018b).

Já aos 285 dias após o transplântio, foi notificada diminuição no crescimento, na fotossíntese e produção da aceroleira BRS 336-Jaburu, enxertada com porta-enxerto Crioula, quando foi irrigada com água de irrigação de salinidade a partir de $0,6 \text{ dS m}^{-1}$ (SÁ et al., 2019a).

Lima et al. (2019b) observaram redução das trocas gasosas, fluorescência da clorofila a e do crescimento da aceroleira cv. Flor branca pela irrigação com CEa a partir de $0,8 \text{ dS m}^{-1}$ aos 130 dias após o transplântio.

Outrossim, foi observada considerada diminuição da atividade fotossintética e do crescimento da cv. BRS 336-Jaburu enxertada com porta-enxerto Crioula, aos 180 dias após o transplântio (DIAS et al., 2018), e peso médio de frutos entre 180 e 515 dias após o transplântio, a partir da irrigação com água salina com condutividade elétrica de $3,8 \text{ dS m}^{-1}$ (LIMA et al., 2019c).

Enquanto que Alvarenga et al. (2019) observaram que as trocas gasosas, a eficiência fotoquímica e a maioria das variáveis de crescimento da aceroleira cv. Flor Branca, não foram comprometidas pela irrigação com salinidade da água de até $4,3 \text{ dS m}^{-1}$ até aos 200 dias após o transplântio.

3.5 Nitrogênio e potássio no cultivo da aceroleira e a mitigação do estresse salino

O nitrogênio mineral do solo prontamente disponível para as plantas está representado, principalmente, pelas formas iônicas amônio (NH_4^+) e nitrato (NO_3^-) (FURTINI NETO et al., 2001). A assimilação do N pelas plantas compreende os processos de redução do nitrato a amônio e a incorporação do amônio em aminoácidos para formação de proteínas, que participam como enzimas nos processos metabólicos das plantas exercendo assim, atividade funcional (BREDEMEIER; MUNDSTOCK, 2000).

Já o potássio na solução do solo aparece na forma iônica, K^+ , forma esta absorvida pelas raízes das plantas. As plantas absorvem em altas concentrações, que são requeridas para a neutralização de ânions insolúveis e solúveis, a exemplos de ânions de ácido orgânicos e ânions inorgânicos, e para estabilizar o pH entre 7 e 8, considerado ótimo para as reações enzimáticas. O potássio também atua como cofator na ativação de enzimas envolvidas na respiração e fotossíntese, no processo de absorção iônica, contribui na regulação osmótica da planta, abertura e fechamento dos estômatos, transpiração, transporte de carboidratos, resistência à seca e à salinidade (FAQUIN, 2005; MARSCHNER, 2011).

Esses macronutrientes são os mais requeridos pela cultura da aceroleira, estando intimamente relacionados com o crescimento, fisiologia e produção da cultura (VELOSO et al., 2001; LIMA, 2008; FERREIRA, 2014; SÁ et al., 2019a; LIMA et al., 2019c).

Veloze et al. (2001) verificaram que a aplicação de nitrogênio utilizando distintas fontes de N nas doses variando de 75 a 150 mg kg^{-1} de solo (sulfato de amônia, nitrato de cálcio, ureia e salitre do chile), favorecem o acúmulo de N com o aumento da dose, além de S e Ca, contribuindo para acúmulo de fitomassa em caules, folhas, raízes e total na planta de aceroleira. Da mesma forma, Ferreira et al. (2014) concluíram que doses de N e K de 600 e 300 mg dm^{-3} de solo, respectivamente, incrementam o crescimento de mudas de aceroleira e influenciam indiretamente no acúmulo de outros macros e micronutrientes, como Ca, Mg, P, S, Mn, B, Z e Fe.

Esashika et al. (2013) verificaram que o fornecimento via foliar de N e K também contribuem para acúmulo destes nutrientes nas folhas de aceroleira, principalmente quando complementado com adubação orgânica, e que podem influenciar positivamente sobre a fisiologia e o crescimento das plantas.

Silva (1998) e Fernandes et al. (2000) verificaram em plantas de aceroleira com 360 e 120 dias após o transplântio, respectivamente, que o N e K são os macronutrientes mais requeridos pela cultura da aceroleira. Em relação à sintomatologia, os mesmos autores

observaram que a deficiência de N causa drástica redução no crescimento e, amarelecimento nas folhas mais velhas inicialmente, tornando-se posteriormente generalizado, contribuindo para diminuição do tamanho das folhas e coloração verde-clara. Na deficiência de K foi observado apenas leve amarelecimento das folhas mais velhas.

Em relação à recomendação de doses de N e K para cultura da aceroleira durante e após o transplântio, Musser (1995) e Kavati (1995) recomendam para o plantio 10 a 20 L de esterco de curral para suplementar o N e, 200 a 300 g de cloreto de potássio como fonte de K; e na fase de crescimento no primeiro ano, aplicação de 53 g de ureia e 33 g de KCl (MUSSER, 1995). Todavia, Cavalcanti (2008), sugere que a adubação na aceroleira devem ser realizados de acordo com análise de solo, recomendando aplicação de 20 L de esterco bovino curtido e, 20 a 60 g de K₂O no plantio, além de 100 g de N e 30 a 120 g de K₂O na fase de crescimento da cultura. No mais, este autor recomenda para o primeiro e segundo ano de produção, em cultivo sob irrigação, doses variando de 150 e 200 g de N e 40 a 200 g de K₂O por planta, dependendo da disponibilidade no solo.

Além de promover o crescimento e incrementar ganhos de produtividade (TAIZ et al., 2017), o nitrogênio pode também reduzir os efeitos da salinidade nas espécies vegetais (FLORES et al., 2001). A explicação pode estar relacionada às funções deste elemento nas plantas, uma vez que faz parte de diversos compostos orgânicos vitais para o vegetal, como aminoácidos, proteínas, clorofila, ácidos nucleicos, e outras importantes biomoléculas, tais como ATP, NADH, NADPH e inúmeras enzimas (TAIZ et al., 2017). Estes compostos orgânicos podem elevar a capacidade de ajustamento das plantas à salinidade, devido diminuírem o potencial osmótico na planta em relação ao solo, elevando a absorção de água e impondo maior resistência ao estresse salino (MUNNS, 2005).

Existem evidências de 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 em condições de salinidade, resultando na diminuição do efeito tóxico de Cl⁻ e elevando a concentração de nitrogênio nas plantas (AMOR et al., 2000).

Em relação ao potássio, afirma-se que este nutriente pode auxiliar na mitigação do estresse salino nas plantas quando está presente nas folhas em maiores concentrações em relação ao Na⁺, assim reduzindo o efeito negativo do acúmulo deste íon tóxico, e favorecendo os processos fisiológicos dependentes de potássio mencionados anteriormente (APSE; BLUMWALD, 2007).

Neste sentido, ressalta-se que para redução do desbalanço nutricional nas plantas em virtude da competição entre os sais e os nutrientes no processo de absorção, a aplicação de

determinadas doses de fertilizantes pode se tornar uma técnica capaz de compensar a menor absorção de nutrientes em condições salinas e, assim, aumentar a tolerância das culturas à salinidade (CUARTERO; MUÑOZ, 1999).

Sá et al. (2017; 2018a; 2018b e 2019b) investigaram este fenômeno analisando a combinação de doses de nitrogênio e fósforo, e observaram que aumentos de 40% de N e P em relação à dose recomendada para aceroleira, mitigam os efeitos negativos da salinidade da água de irrigação até a CEa de $3,0 \text{ dS m}^{-1}$, sobre trocas gasosas, eficiência quântica do fotossistema II, teores de pigmentos fotossintéticos e produção da cv. BRS 336-Jaburu, em avaliações realizadas entre 75 e 395 dias após o transplantio.

Lima et al. (2019a) observaram em aceroleira da cv. BRS 336-Jaburu no segundo ciclo de cultivo, que doses de 101 e 115% da dose recomendada de N proporcionaram maior número de frutos e massa total de frutos por planta irrigada com salinidade da água de $0,8 \text{ dS m}^{-1}$, porém nas que receberam condutividade elétrica da água de $4,5 \text{ dS m}^{-1}$, os maiores valores destas variáveis foram obtidos pela adubação com 70% da dose de nitrogênio.

Em outro estudo, Lima et al. (2019b) averiguaram que doses de nitrogênio de até 125 g por planta por ano não mitigam os efeitos deletérios da salinidade da água de irrigação de CEa a partir de $0,8 \text{ dS m}^{-1}$ sobre a fotossíntese, fotoquímica eficiência e crescimento da cv. Flor Branca até aos 130 dias após o transplantio.

Em relação à fertilização apenas com o uso de potássio, Lima et al. (2019c) observaram atenuação os efeitos deletérios do estresse salino da CEa de $0,8$ e $3,8 \text{ dS m}^{-1}$ sobre a taxa de crescimento relativo do diâmetro do porta-enxerto, número total de frutos e massa fresca total de frutos da cv. BRS 336-Jaburu, com utilização de até 125% da dose recomendada entre 180 e 515 DAT. Todavia, Dias et al. (2018) verificaram que esta recomendação de adubação potássica não foi eficiente na redução do estresse promovido pela salinidade da água de $0,8$ e $3,8 \text{ dS m}^{-1}$ sobre as trocas gasosas e a eficiência fotoquímica da cv. BRS 336-Jaburu aos 180 dias após o transplantio.

No tocante à investigação do efeito da combinação de adubação nitrogenada e potássica em plantas de aceroleira submetida a estresse salino, Alvarenga et al. (2018) observaram que $160\% \text{ N} + 125\% \text{ K}_2\text{O}$ da dose recomendada, não interagiram com a salinidade da água de irrigação variando de $0,3$ a $4,3 \text{ dS m}^{-1}$, sobre as variáveis de crescimento e a fisiologia de plantas de cv. Flor Branca na fase vegetativa, aos 200 dias após o transplantio.

Em contrapartida, são evidenciados efeitos isolados e benéficos do aumento da adubação nitrogenada sobre a redução do estresse salino em outras culturas. Blanco et al. (2008), estudando doses crescentes de N no tomateiro híbrido Facundo, irrigado com água de

condutividade elétrica de $9,5 \text{ dS m}^{-1}$, notaram redução no teor de Cl/N nas plantas com as doses de N, sugerindo que o aumento na adubação nitrogenada pode ser benéfico para o tomateiro sob condições de salinidade moderada.

Silva et al. (2015) observaram em mudas de goiabeira cv. Paluma que a adubação nitrogenada mitigou o efeito da salinidade da água de irrigação até a CEa de $1,7 \text{ dS m}^{-1}$ sobre o diâmetro de caule das plantas.

Andrade Júnior et al. (2011) verificaram que o fornecimento de N na forma de nitrato de potássio foi eficiente na redução do efeito prejudicial da salinidade da água de irrigação ($5,0 \text{ dS m}^{-1}$) no melão 'Hales Best Jumbo' aos 62 dias após o semeio, verificando efeito quadrático na produção de frutos, com melhor desempenho na dose de $6,25 \text{ g de N planta}^{-1}$, atingido produção de 440 g de frutos por planta.

Referente à adubação potássica, Gurgel et al. (2010a e 2010b) observaram no meloeiro cv. Goldex aos 63 dias após a semeadura que doses crescentes de K_2O (doses de 328 e 438 kg de $\text{K}_2\text{O ha}^{-1}$), utilizando como fonte o cloreto de potássio, mitigaram os efeitos prejudiciais da salinidade da água de irrigação de $2,41 \text{ dS m}^{-1}$ no cultivo da espécie, devido promover o acúmulo de K nas plantas e favorecer acúmulo de fitomassa nas plantas e nos frutos; e contribui para diminuição da perda de peso dos frutos da cultivar durante o armazenamento, quando as plantas são irrigadas com água de $0,52 \text{ dS m}^{-1}$ (GURGEL et al., 2010c).

Para Prazeres et al. (2015), a existência de interações entre salinidade e potássio é um indicativo de que a dose ótima desse nutriente para mitigação do estresse salino depende da salinidade na zona radicular das plantas e da fonte utilizada na adubação.

Com base nestes resultados, torna-se evidente a necessidade do estudo da interação entre salinidades da água de irrigação e combinação de doses de N e K, na tentativa de mitigação dos efeitos negativos do estresse salino sobre o crescimento, a fisiologia e a produção da aceroleira em diferentes épocas de cultivo, de modo a contribuir para o estabelecimento da cultura e viabilizar o cultivo da espécie em regiões que utilizam água de baixa qualidade para irrigação, como no caso de áreas irrigadas no semiárido Nordeste.

4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVARENGA, C. F. S.; SILVA, E.M.; NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R.; LIMA, G.S.; SILVA, L. A. Morfofisiologia de aceroleira irrigada com águas salinas sob combinações de doses de nitrogênio e potássio. **Revista de Ciências Agrárias**, v.42, n.1, p.194-205, 2019.
- ALVES, R. E; MENEZES, J.B. **Botânica da aceroleira**. In: SÃO JOSÉ. A.R.; ALVES, R.E. (Eds.) *Acerola no Brasil, produção e mercado*. Vitória da Conquista: DFZ/UESB, 1995. p. 7-14.
- AMOR, F. M.; RUIZ-SÁNCHEZ, M. C.; MARTÍNEZ, V.; CERDÁ, A. Gás Exchange, water relations, and ions concentrations of salt-stressed tomato and melon plants. **Journal of Plant Nutrition**, v. 23, n. 9, p. 1315-1325, 2000.
- ANDRADE JUNIOR, A. S.; SILVA, E. F. F.; BASTOS, E. A.; MELO, F. B.; LEAL, C. M. Uso da qualidade da água subterrânea para irrigação no Semiárido piauiense. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, n.4, p.873-880, 2006.
- APSE, M.P.; BLUMWALD, E. Na⁺ transport in plants. **FEBS Letters**, v.581, n.12, p.2247-2254, 2007.
- 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**. Campina Grande: Universidade Federal da Paraíba, 1999. 153p.
- BLANCO, F. F.; FOLEGATTI, M. V.; HENRIQUES NETO, D. Doses de N e K no tomateiro sob estresse salino: I. Concentração de nutrientes no solo e na planta. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.12, n.1, p.26-33, 2008.
- BREDEMEIER, C.; MUNDSTOCK, C. M. Regulação da absorção e assimilação do nitrogênio nas plantas. **Ciência Rural**, v. 30, n. 2, p. 365-372, 2000.
- CALGARO, M.; BRAGA, M. B. **A cultura da acerola**. 3. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2012. 144 p. (Coleção Plantar; 69).
- CARVALHO, C; KIST, B. B.; SANTOS, C. E.; TREICHEL, M.; FILTER, C. F. **Anuário Brasileiro da Fruticultura 2017**. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 2017. 88 p.
- CAVALCANTE, L. F. CAVALCANTE, Í. 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.
- CHINNUSAMI, V.; JAGENDORF, A.; ZHU, J. -K. Understanding and improvind salt tolerance in plants. **Crop Science**, v.45, p.437-448, 2005.
- CRISÓSTOMO, L. A.; NAUMOV, A. **Adubando para alta produtividade e qualidade: fruteiras tropicais do Brasil**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2009.238 p.
- CUARTERO, J.; MUÑOZ, R. F. Tomato and salinity. **Scientia Horticulturae**, v.78, n.1/4, p.83-125, 1999.
- DIAS, A. S.; LIMA, G. S.; SÁ, F. V. S.; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A. A.; FERNANDES, P. D. Gas exchanges and photochemical efficiency of West Indian cherry cultivated with saline water and potassium fertilization. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.22, n.9, p.628-633, 2018.
- DIAS, N. S.; BLANCO, F. F. Efeito dos sais no solo e nas plantas. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. FORTALEZA, INCTA Sal, 2010. p.129-141.
- DIAS, N. S.; BLANCO, F. F.; SOUZA, E. R.; FERREIRA, J. F. S.; SOUSA NETO, O. N.; QUEIROZ, I. S. R. Efeito dos sais nas plantas e tolerância das plantas à salinidade. In: GHEYI, R. H.; DIAS, N. S.; LACERDA, C.F.; GOMES FILHO, E. (Eds.). **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. 2ª ed. Fortaleza: INCTSal, 2016. p.151-162.
- DIAS, N. S.; GHEYI, H. R.; DUARTE, S. N. **Prevenção, manejo e recuperação de solos afetados por sais**. Piracicaba: ESALQ/USP, 2003. 118 p. (Série didática nº 13).
- 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.
- FAQUIN, V. **Nutrição Mineral de Plantas**. Lavras: UFLA /FAEPE, 2005. 186 p.
- FERNANDES, A. A.; SILVA, G. D.; MARTINEZ, H.E. P.; BRUCKNER, C. H. Sintomatologia das deficiências minerais e quantificação de macronutrientes em mudas de aceroleira. **Revista Ceres**, v.47, n.274, p.639-650, 2000.
- FERNANDES, A. R.; CARVALHO, J. G.; CURI, N.; PINTO, J. E. B. P.; GUIMARÃES, P. T. G. Nutrição mineral de mudas de pupunheira sob diferentes níveis de salinidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, n.11, p.1613-1619, 2002.

- FERNANDES, P.D.; GHEYI, H. R.; ANDRADE, E. P.; MEDEIROS, S. S. Biossalinidade e produção agrícola. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. Manejo da salinidade na agricultura. Fortaleza, INCT Sal, 2010. 181-203 p.
- FERREIRA, K. S. **Crescimento e acúmulo de nutrientes em mudas de aceroleira adubadas com nitrogênio e potássio**. 2014. 49 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias, Universidade Federal de São João Del-Rei, 2014
- FERREIRA, P. A.; SILVA, J. B. L.; RUIZ, H. A. Aspectos físicos e químicos de solos em regiões áridas e semiáridas. In: GHEYI, R. H.; DIAS, N. S.; LACERDA, C.F.; GOMES FILHO, E. (Eds.). **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. . 2ª ed. Fortaleza: INCTSal, 2016. p.17-34.
- FERREIRA, R. G; TÁVORA, F. J. A. F.; HERNANDEZ, F. F. F. Distribuição da matéria seca e composição química das raízes, caule e folhas de goiabeira submetida a estresse salino. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 1, p. 79-88, 2001.
- FLORES, P.; CARVAJAL, M.; CERDÁ, A.; MARTÍNEZ, V. Salinity and ammonium/nitrate interactions on tomato plant development, nutrition, and metabolites. **Journal of Plant Nutrition**, v.24, n.10, p.1561-1573, 2001.
- FLOWERS, T.J. Improving crop salt tolerance. **Journal Exp. Botany**, v. 55, p.307-319, 2004.
- 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.
- 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, 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. **Caatinga**, v.20, n.2, p.16-23, 2007.
- GURGEL, M. T.; UYEDA, C. A.; GHEYI, H. R.; OLIVEIRA, F. H. T; FERNANDES, P. D.; SILVA, F. V. Crescimento de meloeiro sob estresse salino e doses de potássio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.1, p.3-10, 2010a.

- GURGEL, M. T.; GHEYI, H. R.; OLIVEIRA, F. H. T. Acúmulo de matéria seca e nutrientes em meloeiro produzido sob estresse salino e doses de potássio. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 1, p. 18-28, 2010b.
- GURGEL, M. T.; OLIVEIRA, F. H. T.; GHEYI, H. R.; FERNANDES, P. D.; UYEDA, C. A. Qualidade pós-colheita de variedades de melões produzidos sob estresse salino e doses de potássio. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.5, n.3, p.398-405, 2010c.
- HASEGAWA, P. M.; BRESSAN, R. A; ZHU, J. K; BOHNERT, H. J. Plant cellular and molecular responses to high salinity. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v. 51; p.463:469, 2000.
- HOLANDA, J. S.; AMORIM, J. R. A; FERREIRA NETO, M. HOLANDA, A. C.; SÁ, F. V. S. In: GHEYI, R. H.; DIAS, N. S.; LACERDA, C.F.; GOMES FILHO, E. (Eds.). **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. 2ª ed. Fortaleza: INCTSal, 2016. p. 35-50.
- HOPKINS, G.W. **Introduction to plant physiology**, New York: John Wiley & Sons, 1999. 512 p.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Produção e área nos estabelecimentos agropecuários com mais de 50 pés existentes**. Rio de Janeiro: IBGE, 2017. Disponível em: https://censos.ibge.gov.br/agro/2017/templates/censo_agro/resultadosagro/agricultura.html?localidade=0&tema=76215. Acesso: 03 de fev, 2020.
- KAFKAFI, U. Plant nutrition under saline conditions. In: SHAINBERG, I; SHALHEVET, J. (ed.). **Soil salinity under irrigation: processes and management**. Berlin: Springer-Verlag, 1984. p. 319-338.
- KAVATI, R.. Pesquisa e extensão sobre a cultura da acerola no Estado de São Paulo. In: A. R. SÃO JOSÉ; R. E. ALVES. (Eds.) **Acerola no Brasil: Produção e mercado**. DFZ/UESB, Vitória da Conquista. 1995. p.149-154.
- KOSOVÁ, K.; VÍTÁMVÁS, P.; URBAN, M. O.; PRÁŠIL, I. T. Plant proteome responses to salinity stress - Comparison of glycophytes and halophytes. **Functional Plant Biology**, v.40, n.9, p.775-786, 2013.
- LAUCHI, A.; EPSTEIN, E. Mechanisms of salt tolerance in plants. **California Agriculture**, v. 38, n. 10, p. 18-21. 1984.
- LIMA, G. S.; PINHEIRO, F. W. A.; Dias, A. S.; Gheyi, H. R.; Nobre, R. G.; Soares, L. A. A.; Silva, A. A. R.; Silva, E. M. Gas exchanges and production of West Indian cherry

- cultivated under saline water irrigation and nitrogen fertilization. **Semina: Ciências Agrárias**, v.40, n.6, sup. 2, p.2947-2960, 2019a.
- LIMA, G. S.; ANDRADE, E. M. G.; KETOUNOU, T. R.; LIMA, V. L. A.; GHEYI, H. R.; SILVA, S. S.; SOARES, L. A. A. Photosynthesis, photochemical efficiency and growth of west indian cherry cultivated with saline waters and nitrogen fertilization. **Bioscience Journal**, v.35, n.1, p.67-78, 2019b.
- LIMA, G. S.; PINHEIRO, F. W. A.; DIAS, A. S.; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A. A.; SILVA, S. S. Growth and production components of West Indian cherry cultivated with saline waters and potassium fertilization. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.23, n.4, p.250-256, 2019c.
- LIMA, R. L. S. **Estudos sobre a nutrição de progênies de aceroleira: épocas de amostragens de folhas e exportação de nutrientes**. 2008. 44 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2008.
- MACHADO, R. M. A.; SERRALHEIRO, R. P. Soil salinity: Effect on vegetable crop growth. Management practices to prevent and mitigate soil salinization. **Horticultura**, v.3, n.30, p.1-13, 2017.
- MAHAJAN, S.; TUTEJA, N. Cold, salinity, drought stresses: An overview. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, v. 444, p. 139-158, 2005.
- MANSOUR, M. M. F. NaCl alteration of plasma membrane of *Allium cepa* epidermal cells, Alleviation by calcium. **Journal Plant Physiology**, v. 145, p. 726-730, 1995.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 3. ed. New York: Academic Press, 2011. 672p.
- MEDEIROS, J. F. **Qualidade da água de irrigação e evolução da salinidade nas propriedades assistidas pelo "GAT" nos Estado do RN, PB e CE**. 1992. 173 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 1992.
- MEDEIROS, J. F. DE; LISBOA, R. DE A.; OLIVEIRA, M. DE; SILVA JÚNIOR, M. J. DA; 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.
- MORAIS, E. R. C.; MAIA, C. E.; OLIVEIRA, M. Qualidade da água para irrigação em amostras analíticas do banco de dados do departamento de solos e geologia da Escola

- Superior de Agricultura de Mossoró, Mossoró-RN. **Caatinga**, v. 11, n. 1/2, p. 75-83, 1998.
- MUNNS, R. Genes and salt tolerance: bringing them together. **New Phytologist**, v.167, p. 645–663, 2005.
- MUSSER, R. S. Tratos culturais na cultura da acerola. In: A. R. SÃO JOSÉ; R. E. ALVES. (Eds.) **Acerola no Brasil: Produção e mercado**. Vitória da Conquista: DFZ/UESB, 1995. p. 47-52.
- OLIVEIRA, A. B.; GOMES-FILHO, E.; ENÉAS-FILHO, J. O problema da salinidade na agricultura e as adaptações das plantas ao estresse salino. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, v.6, n.11, p.1-16, 2010.
- PARIHAR, P.; SINGH, S.; SINGH, R.; SINGH, V. P.; PRASAD, S. M. Effect of salinity stress on plants and its tolerance strategies: a review. **Environmental Science and Pollution Research**, v.22, s/n, p.4056–4075, 2015.
- PRAZERES, S. S.; LACERDA, C. F.; BARBOSA, F. E. L.; AMORIM, A. V.; ARAUJO, I. C. S.; CAVALCANTE, L. F. Crescimento e trocas gasosas de plantas de feijão-caupi sob irrigação salina e doses de potássio. **Revista Agro@ambiente On-line**, v.9, n.2, p. 111-118, 2015.
- PRISCO, J. T.; GOMES-FILHO, E. Fisiologia e bioquímica do estresse salino em plantas. In: GHERY, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. **Manejo da Salinidade na Agricultura: Estudos Básicos e Aplicados**. Fortaleza: INCT Sal, 2010. p.143-159.
- RIBEIRO, M. R.; RIBEIRO FILHO, M. R.; JACOMINE, P. K. T. Origem e classificação dos solos afetados por sais. In: GHEYI, R. H.; DIAS, N. S.; LACERDA, C.F.; GOMES FILHO, E. (Eds.). **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. 2ª ed. Fortaleza: INCTSal, 2016. p.9-16.
- RITZINGER, R.; RITZINGER, C. H. S. P. **Acerola**. In: Cultivo Tropical de Fruteiras. RODRIGUES, M. G. V.; DIAS, M. S. C. (Eds.). Belo Horizonte: EPAMIG, Informe Agropecuário, v.32, n.264, p.17-25, 2011.
- SÁ, F. V. S.; GHEYI, H. R.; LIMA, G. S.; MOREIRA, R. C. L.; DIAS, A. S.; SILVA, L. A.; SOARES, L. A. A.; MELO, A. S.; FERREIRA NETO, M. Physiological indices of West Indian cherry (*Malpighia emarginata*) irrigated with saline water under nitrogen and phosphorus doses. **Australian Journal of crop Science**. v.13, n.7, p.1141-1148, 2019b.

- SÁ, F. V. S.; GHEYI, H. R.; LIMA, G. S.; PAIVA, E. P.; LACERDA, C. F.; FERNANDES, P. D. Saline water, nitrogen and phosphorus on water relations and physiological aspects of West Indian cherry. **Comunicata Scientiae**, v.9, n.3, p.430-437, 2018b.
- SÁ, F. V. S.; GHEYI, H. R.; LIMA, G. S.; PAIVA, E. P.; MOREIRA, R. C. L.; SILVA, L.A. Water salinity, nitrogen and phosphorus on photochemical efficiency and growth of west indian cherry. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.22, n.3, p.158-163, 2018a.
- SÁ, F. V. S.; GHEYI, H. R.; LIMA, G. S.; PAIVA, E. P.; SILVA, L. A.; MOREIRA, R. C. L.; FERNANDES, P. D.; DIAS, A. S. Ecophysiology of west indian cherry irrigated with saline water under phosphorus and nitrogen doses. **Bioscience Journal**, v.35, n.1, p. 211-221. 2019a.
- 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, 2017.
- SCHOSSLER, T. R.; MACHADO, D. M.; ZUFFO, A. M.; ANDRADE, F. R.; PIAUILINO, A. C. Salinidade: Efeitos na fisiologia e na nutrição mineral de plantas. **Enciclopédia biosfera**, v.8, n.15; p.1563-1578, 2012.
- SERRAJ, R.; SINCLAIR, T. R.; Osmolyte Accumulation: can it really help increase crop yield under drought condition. **Plant, Cell and environment**, v.25, p.333-341, 2002.
- SHI, H.; ISHITANI, M.; KIM, C.; ZHU, J. K. The *Arabidopsis thaliana* salt tolerance gene *SOS1* encodes a putative Na^+/H^+ antiporter. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v.97, p.6896–6901, 2000.
- SHI, H.; ZHU, J. K. Regulation of expression of the vacuolar Na^+/H^+ antiporter gene *atNHX1* by salt stress and abscisic acid. **Plant Molecular Biology**, v.50, p.543-550, 2002.
- SILVA, E. M.; NOBRE, R. G.; SOUZA, L. P.; ABRANTES, D. S.; ANDRADE, A. B. A. Efeito da adubação nitrogenada na formação de mudas de goiabeira irrigadas com águas salinizadas. **Revista Verde**, v.10, n.4, p.42-48, 2015.
- SILVA, G. D. **Absorção de macro e micronutrientes pela aceroleira (*Malpighia glabra* L.)**. Viçosa: UFV, 1998. 61 P.
- SILVA JUNIOR, L. G. A.; GHEYI, H. R.; MEDEIROS, J. F. Composição química de águas do cristalino do Nordeste Brasileiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.3, n.1, p.11-17, 1999.

- SILVEIRA, J. A. G.; SILVA, S. L. F.; AILVA, E. N.; VIEGAS, R. A. Mecanismos biomoleculares envolvidos com a resistência ao estresse salino em plantas. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. **Manejo da salinidade na agricultura**. Fortaleza, INCTSal, 2010. p. 161-180.
- SOUZA, F. F.; DEON, M. D.; CUNHA, J. M.; CALGARO, C. M. **Contribuições das pesquisas realizadas na Embrapa Semiárido para a cultura da aceroleira**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2017. 26 p. (Documentos, 282).
- TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. Fisiologia e desenvolvimento vegetal. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858p.
- TESTER, M.; DAVENPORT, R. Na⁺ tolerance and Na⁺ transport in higher plants. *Annals of Botany*, v.91, p.503-527, 2003.
- VELOSO, C. A. C.; BATISTA, E. M.; CARVALHO, E. J. M. Efeitos de fontes e doses de nitrogênio em mudas de aceroleira (*Malpighia glabra*, L.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 23, n.1. p.087-091. 2001.
- WHITE, P.J.; BROADLEY, M.R. Chloride in soils and its uptake and movement within the plant: a review. **Annals of Botany**, v.88, n.6. p.967-988, 2001.
- WILLADINO, L.; CAMARA, T. R. Tolerância das plantas à salinidade: Aspectos fisiológicos e bioquímicos. **Enciclopédia biosfera**, v.6, n.11; p. 1-23, 2010.
- XIONG, L.; SCHUMAKER, K. S.; ZHU, J. K. Cell signaling during cold, drought and salt stress. **The Plant Cell**, v.14, p.S165-S183, 2002.

CAPÍTULO II

METODOLOGIA GERAL

1 METODOLOGIA GERAL

1.1 Localização e caracterização da área experimental

A pesquisa foi conduzida em campo, com a cultura da aceroleira cultivada em vasos de 60 L adaptados como lisímetros, no período de 19 de abril de 2017 a 26 de outubro de 2018, em área experimental pertencente ao Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar (CCTA) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Pombal, PB, cujas coordenadas geográficas locais de referência são 6°48'16" S, 37°49'15" O e altitude média de 144 m. Segundo a classificação de Köppen, adaptada ao Brasil, o clima da região é classificado como BSh, semiárido quente (COELHO; SONCIN, 1982).

Os dados climatológicos próximo ao local do experimento, obtidos de estação meteorológica automática São Gonçalo-PB, durante o período do estudo, estão apresentados na Figura 1 (INMET, 2018).

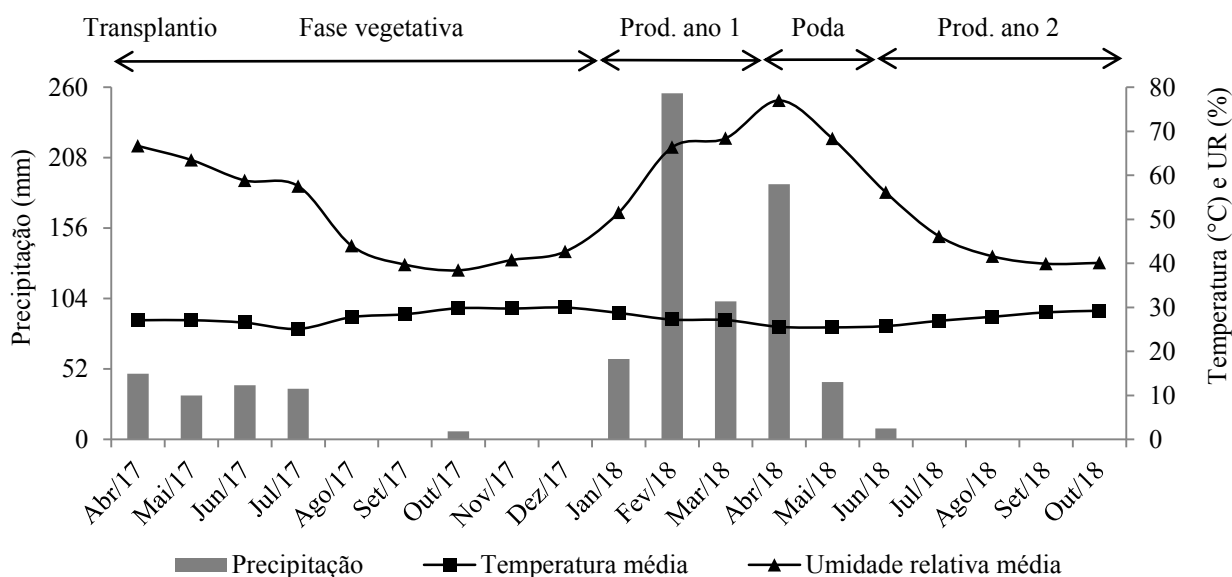


Figura 1. Dados médios de precipitação, temperatura média e umidade relativa média – UR, no período de estudo de 19 de abril de 2017 a 26 de outubro de 2018, obtido em estação meteorológica automatizada, localizada próxima ao município de Pombal, PB (INMET, 2018).

1.2 Delineamento experimental e tratamentos

O experimento foi implantado em delineamento de blocos ao acaso, com os tratamentos dispostos em esquema fatorial 5 x 4, referentes a cinco salinidades da água de irrigação de condutividades elétricas (CEa) de 0,3; 1,3; 2,3; 3,3 e 4,3 dS m⁻¹ e quatro combinações (C) de doses de nitrogênio (N) e potássio (K₂O): C1 = 70%N + 50%K₂O; C2 = 100%N + 75%K₂O; C3 = 130%N + 100%K₂O e C4 = 160%N + 125%K₂O, determinadas com base na dose recomendada para cultivo de aceroleira irrigada (CAVALCANTI, 2008). Foram utilizadas três repetições e parcela experimental composta por uma planta cultivada em vaso adaptado como lisímetro de 60 L, totalizando 60 lisímetros no experimento.

Adotou-se a recomendação de adubação para cultivar de aceroleira “Flor Branca” cultivada sob condições de irrigação, correspondente a 100 g de N e 80 g de K₂O por planta por ano, ou seja, 365 dias (CAVALCANTI, 2008), equivalentes às doses dos tratamentos de 100% de nitrogênio e de potássio, utilizando ureia (45% de N) e cloreto de potássio (60% K₂O) como fonte de nitrogênio e potássio, cujos índices salinos destes fertilizantes são de 75 e 115, respectivamente (BORGES; SILVA, 2011).

Os níveis salinos foram selecionados conforme Sá et al. (2017) onde verificaram que o crescimento e produção da cultura da aceroleira BRS 336-Jaburu não foi comprometida, no primeiro ano de cultivo, pela salinidade de irrigação de até 2,2 dS m⁻¹.

As águas salinas dos tratamentos de 1,3 a 4,3 dS m⁻¹, foram preparadas, obedecendo-se a relação entre CEa e a concentração dos sais (mmol_c L⁻¹ = CE x 10) (RHOADES et al. 1992), a partir da adição de NaCl, CaCl₂.2H₂O e MgCl₂.6H₂O, mantendo a proporção equivalente de 7:2:1, respectivamente, à água do tratamento de menor salinidade (0,3 dS m⁻¹) proveniente do sistema de abastecimento local que é oriundo do reservatório Coremas-Mãe d'Água que disponibiliza água para irrigação de culturas na região do local do estudo. Esta proporção de sais está predominante nas principais fontes de água utilizadas em irrigação no Nordeste brasileiro (MEDEIROS, 1992).

1.3 Aquisição das mudas

As mudas foram provenientes de viveiro comercial credenciado no Registro Nacional de Sementes e Mudas, localizado no Distrito de São Gonçalo, Sousa – PB, cultivadas em sacolas de polietileno com dimensões 10 x 20 cm e capacidade volumétrica de 0,5 L,

enxertadas pelo tipo fenda cheia, usando porta-enxerto e enxerto das cultivares Junco e Flor Branca, respectivamente.

Estas cultivares utilizadas são adaptadas às condições edafoclimáticas do Semiárido do Nordeste do Brasil, estando entre as principais plantadas em perímetros irrigados do Vale do São Francisco, caracterizadas por iniciar a produção aos 6 meses após o transplântio sob irrigação e apresentar produtividade de até 100 kg planta⁻¹ ano⁻¹; frutos com película de coloração vermelha, pesando entre 3 e 5 g e teor de vitamina C acima de 1.000 mg 100g⁻¹ de polpa (CALGARO; BRAGA, 2012).

1.4 Instalação do experimento, adubação fosfatada e foliar

Antes do transplântio das mudas, os lisímetros receberam na base um sistema de drenagem, composto por um dreno com diâmetro de ½ polegada (12,7 mm) inserido na extremidade da base e acoplado a uma garrafa PET com volume 2 L para coleta da água drenada; no fundo do lisímetro foi colocada uma camada de 3,0 cm de brita nº 1 e 2,0 cm de areia lavada (Figuras 2A e 2B). Acima da areia, usou-se 56 L de solo (Neossolo Flúvico eutrófico) para preenchimento dos lisímetros que foram suspensos do solo a 20 cm sob tijolos cerâmicos e, espaçados a 1,8 x 2,0 m, entre plantas e linhas de plantio, respectivamente, ocupando uma área de 216 m².

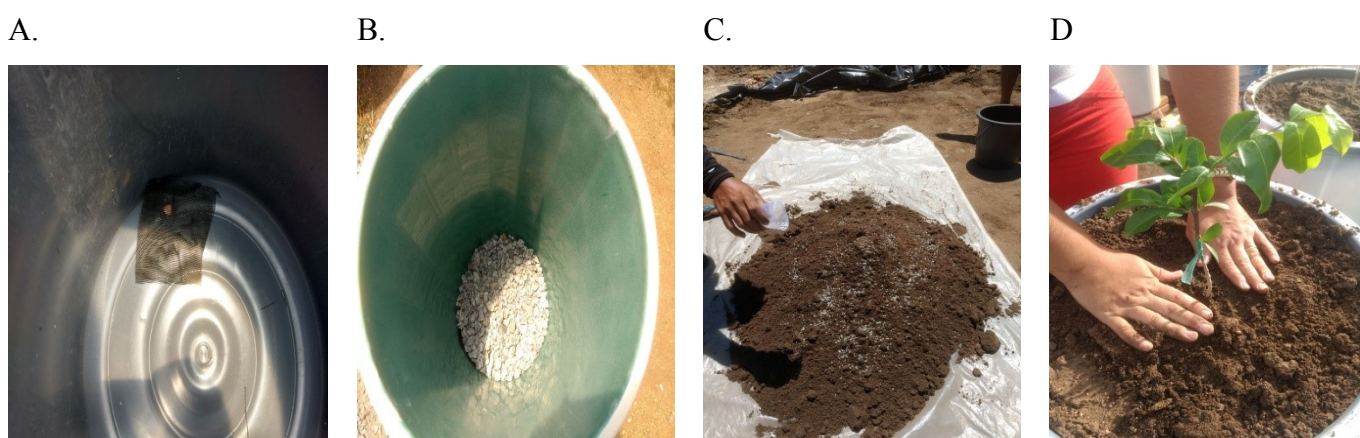


Figura 2. Instalação do dreno (A e B), mistura de superfosfato simples ao solo do lisímetro (C) e plantio das mudas em lisímetro preenchido com o solo (D)

O solo foi coletado na camada de 0-20 cm do Lote 14, Setor I, do perímetro irrigado das Várzeas de Sousa-PB, cujos atributos físicos e químicos (Tabela 1) foram determinados no Laboratório de Irrigação e Salinidade do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais (CTRN) da UFCG (DONAGEMA et al., 2011).

Tabela 1. Atributos físicos e químicos do Neossolo Flúvico eutrófico, utilizado no experimento, antes da aplicação dos tratamentos.

Classificação textural	Granulometria				Ds (kg dm ³)	Pt (%)	M.O (%)	N	P assimilável (mg dm ⁻³)	Complexo sortivo				
	Areia (%)	Silte (%)	Argila (%)	Ca ²⁺						Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	H ⁺ + Al ³⁺	
FA	73,73	16,16	7,11	1,44	47,63	0,41	0,02	41,00	3,50	1,70	0,14	0,30	0,00	
pHes	CEes (dS m ⁻¹)	Ca ²⁺ Mg ²⁺		K ⁺	Extrato de saturação			CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Us (% em massa)				
		Na ⁺	Cl ⁻		SO ₄ ²⁻									
7,11	1,28	1,39	3,23	0,38	5,78	9,00	Ausente	0,00	1,40	20,80				
RAS (mmol L ⁻¹) ^{0,5}		PST (%)		Salinidade/sodicidade			Classe de solo							
3,80		2,48		Não salino/não sódico			Normal							

FA – Franco arenoso; Da - Densidade do solo; Pt - Porosidade total; M.O - Matéria orgânica; pHes - pH do extrato de saturação, CEes - condutividade elétrica do extrato de saturação a 25 °C; Us - umidade de saturação do solo (% em base de massa); RAS- Razão de adsorção de sódio; PST - Percentagem de sódio trocável; P, K⁺ e Na⁺ extraídos com extrator Mehlich-1; Ca²⁺ e Mg²⁺ extraídos com extrator KCl 1,0 M L⁻¹ a pH 7,0; H⁺ + Al³⁺ extraído por 0,5 M CaOAc a pH 7,0; M.O: digestão úmida Walkley-Black.

A adubação fosfatada no primeiro ano de cultivo (365 DAT) foi feita aplicando-se 20 g de P₂O₅ por planta, utilizando superfosfato simples (18% P₂O₅), numa única aplicação antes do transplântio, misturando-se o fertilizante ao solo de cada lisímetro, conforme recomendação de Cavalcanti (2008) para aceroleira irrigada cv. “Flor branca” (Figura 2C). Já para o segundo ano de cultivo entre 365 e 550 dias, a adubação com fósforo foi feita em cobertura, aplicando-se 10 g de P₂O₅ por planta, parcelada em 12 aplicações em partes iguais, em intervalo de 15 dias, utilizando monoamônio fosfato - MAP (61% P₂O₅ e 12% de N), aplicado juntamente as com as adubações nitrogenada e potássica dos tratamentos. A quantidade nitrogênio aplicado através do MAP, foi subtraído das doses dos tratamentos com adubação nitrogenada aplicadas através da ureia.

O transplântio das mudas para os lisímetros de 60 L, com dimensões de 0,58 (altura), 0,42 (diâmetro superior) e 0,32 m (diâmetro inferior), foi realizado quando as plantas atingiram entre 30 a 40 cm de altura, aos 120 dias após a enxertia (Figura 2D), conforme recomendação de Barboza et al. (1996). A umidade do solo foi elevada ao nível correspondente à capacidade de campo e as plantas irrigadas com água de abastecimento local

(CEa de $0,3 \text{ dS m}^{-1}$) até 40 dias após o transplântio (DAT), com propósito de promover aclimatação às condições de campo.

Após o transplântio, foi colocada uma camada de 4,0 cm de cobertura morta, composta de restos de gramíneas, de modo a minimizar as perdas de águas por evaporação. Foram utilizadas hastes de madeira que serviram como tutores com 80 cm de altura para sustentação das plantas, de modo a permitir o crescimento ereto e evitar o tombamento.

Foram feitas duas aplicações de micronutrientes com pulverização foliar, aos 180 e 360 DAT, utilizando Quimifol Nutri na proporção de 0,5 g por litro de água, conforme recomendação do fabricante para citros, adaptada para aceroleira, cujo produto possui em sua composição: 25% de potássio (K_2O), 2,5% de Magnésio; 6,0% de Enxofre; 2,0% de Boro; 0,5% de Cobre; 0,3% de Molibidênio e 5,0% de Zinco.

1.5 Aplicação dos tratamentos

A irrigação com as águas salinas iniciou-se aos 41 DAT, sendo feita diariamente de forma manual, com a água dos respectivos tratamentos e baseado no princípio da lisimetria de drenagem, onde o volume a ser aplicado em cada irrigação foi determinado pela diferença entre volume aplicado e volume drenado no dia seguinte, onde o valor desta diferença equivalente ao volume de água necessária para o solo atingir máxima capacidade de retenção de água nos microporos (capacidade de campo). Foi adotada fração de lixiviação de 15% a cada 15 dias, quando não ocorria precipitação neste intervalo de dias que promovesse a lixiviação necessária, sendo o volume de lixiviação determinado com base no volume de água aplicada neste período e teve como propósito diminuir o acúmulo excessivo de sais na zona radicular das plantas.

A aplicação das combinações de adubação dos tratamentos (doses de nitrogênio e potássio) teve início aos 20 DAT, realizadas simultaneamente em cobertura, em círculo, a um raio de 20 cm em relação à base da planta. No primeiro ano de cultivo (até 365 DAT), a adubação foi feita pelo método convencional e após este período, as doses de nitrogênio e potássio foram aplicadas via água de irrigação de condutividade elétrica de $0,3 \text{ dS m}^{-1}$ para todos os tratamentos, de modo a facilitar o manejo da adubação, considerando a solubilidade da ureia e do KCl de 780 e de 340 g L^{-1} , respectivamente (SANTOS; CRISÓSTOMO, 2000). As quantidades de N e K_2O aplicadas durante a condução do experimento estão apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2. Quantidades de N e K₂O aplicadas através dos tratamentos das combinações de adubação nitrogenada e potássica, realizadas no primeiro e segundo ano de cultivo, até aos 550 dias após o transplântio (DAT).

Combinações de adubação	Quantidades aplicadas por planta		
	1º ano (até 365 DAT)	2º ano (365 - 550 DAT)	Total (até 550 DAT)
C1 = 70% N + 50% K ₂ O	70 g N + 40 g K ₂ O	35 g N + 20 g K ₂ O	105 g N + 60 g K ₂ O
C2 = 100% N + 75% K ₂ O	100 g N + 60 g K ₂ O	50 g N + 30 g K ₂ O	150 g N + 90 g K ₂ O
C3 = 130% N + 100% K ₂ O	130 g N + 80 g K ₂ O	65 g N + 40 g K ₂ O	195 g N + 120 g K ₂ O
C4 = 160% N + 125% K ₂ O	160 g N + 100 g K ₂ O	80 g N + 50 g K ₂ O	240 g N + 150 g K ₂ O

Nota: A aplicação de combinações das doses de N e K₂O foram feitas em intervalo de 15 dias, utilizando como fontes ureia (45% de N) e KCl (60% de K₂O).

1.6 Podas e manejo fitossanitário

As plantas foram conduzidas em haste única, e sua gema apical podada com 50 cm de altura aos 90 DAT, sendo, com isto estimulada as brotações das gemas laterais. Dos ramos laterais que surgiram, foram realizadas podas de formação, deixando-se 3 ramos bem localizados, distribuídos simetricamente e em espiral, nos 20 cm terminais da haste principal (Figura 3A). Estes, denominados ramos primários (Figura 3B), foram podados quando atingiram 60 cm de comprimento aos 180 DAT, de modo a estimular a brotação de ramos secundários e controlar o crescimento lateral para formar a estrutura básica da copa e promover adequação das plantas ao espaçamento no pomar. Durante o processo foram eliminadas brotações indesejadas (ramos ladrões) e mal localizados, especialmente os que se direcionaram para o solo e o interior da copa (CALGARO; BRAGA, 2012).

Para evitar a quebra de ramos e o tombamento de plantas através do vento, durante o período de crescimento, foram utilizados barbantes que serviram como tutores para dar suporte à planta, amarrados nos ramos e sobre um sistema de arames, direcionados no sentido das linhas e entrelinhas da cultura, suspensos sobre postes de madeira com medidas de 2,5 m de altura.

Uma poda corretiva foi efetuada após o final do primeiro ciclo de produção aos 335 DAT (Figura 3C), de modo a manter a altura padrão das plantas, controlar o crescimento lateral indesejado, manter uma copa bem arejada, possibilitar a penetração da luz solar e facilitar a colheita e outros tratos culturas. Consistiu no corte de ramos mal localizados e voltados para o interior da copa, encurtamento de ramos secundários e terciários para

aproximadamente 30 cm de comprimento, além da eliminação de ramos direcionados para o solo, possibilitando o levantamento da copa a uma altura de 50 a 60 cm (CALGARO; BRAGA, 2012).

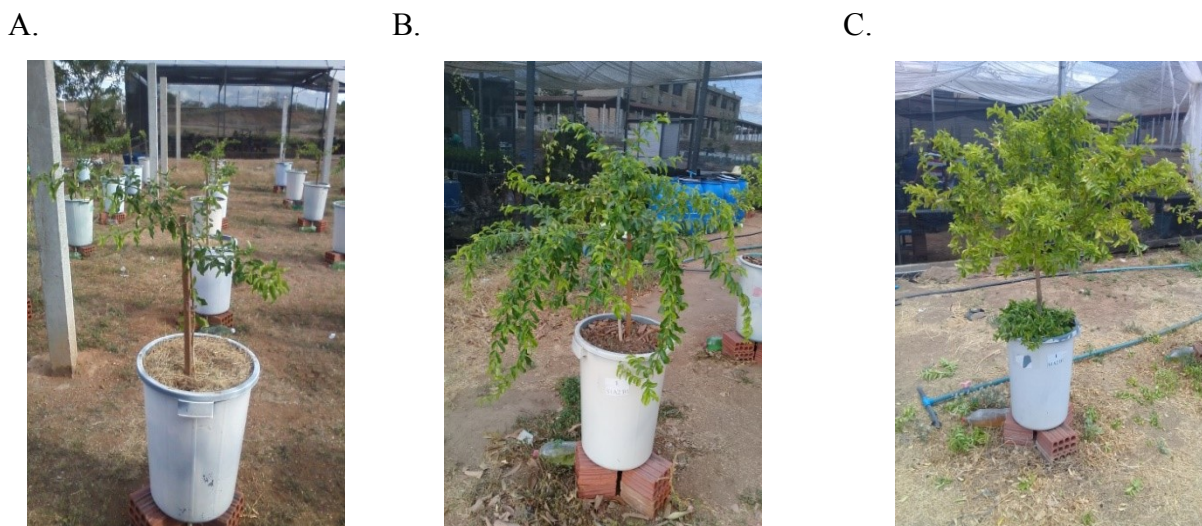


Figura 3. Planta de aceroleira após a poda da gema apical, com 3 ramos laterais distribuídos simetricamente e em espiral aos 90 DAT (A); com a estrutura básica da copa formada aos 130 DAT (B) e após uma poda corretiva aos 335 DAT (C).

A floração iniciou-se aos 5 meses do transplântio (150 DAT), entretanto, devido as plantas ainda apresentarem pequeno porte e desuniformidade de floração nas diferentes parcelas experimentais, foi feita eliminação manual das flores até 230 DAT. A partir desta época, foi considerado o início da floração e da fase produtiva da cultura.

As capinas foram feitas através da eliminação (arranquio) manual de plantas daninhas que surgirem sobre o solo dos lisímetros, e com uso de roçadeira motorizada nas linhas e entrelinhas da cultura.

Durante a condução do experimento, foi feito o monitoramento do surgimento de pragas e doenças, sendo observado a incidência de pulgões (*Aphis spiraecola* e *Toxoptera citricidus*), cochonilhas (*Orthezia praelonga*) e percevejo (*Crinocerus sanctus*), pragas que frequentemente são observadas nos plantios comerciais da cultura da aceroleira. Essas pragas foram erradicadas seguindo os tratamentos fitossanitários recomendados para a cultura por meio de controle químico (CALGARO; BRAGA, 2012).

1.7 Variáveis analisadas

1.7.1 Avaliações de crescimento

O crescimento das plantas de aceroleira foi medido aos 110, 170, 230 e 300 DAT através do diâmetro do caule abaixo da enxertia (DCab) (Figura 4A), no ponto da enxertia (DCpo), acima da enxertia (DCac), diâmetro de ramo primário (DRpr) (Figura 4B), comprimento de ramo primário (CRpr) (Figura 4C), número de ramos por planta (NRpl) e número de folhas por planta (NF). Todavia, aos 230 e 300 DAT, época que já havia sido feita a poda, não se mediu o crescimento de ramos primários e o número de folhas por planta. Aos 300 DAT também foi avaliado as variáveis morfológicas de diâmetro da copa das plantas (DCopa) (Figura 4D), volume da copa (VCopa) e índice de vigor vegetativo (IVV).



Figura 4. Medição de diâmetro de caule abaixo da enxertia (A), de ramos primários (B) e comprimento de ramos aos 170 DAT (C) e diâmetro de copa de planta aos 300 DAT (D).

O DCab foi medido a 2,0 cm a partir da superfície do solo. O DCpo foi determinado no ponto de ligação entre porta-enxerto/enxerto e o DCac a 4,0 cm acima do ponto da enxertia. O DRpr foi medido a 2,0 cm do ponto de ligação do ramo com o caule da planta. O CRpr foi medido da base do ramo até o ponto de emissão da gema apical. Os valores de DRpr e CRpr foram obtidos pela média de três ramos primários de cada planta. O NRpl foi feito por contagem de ramos na planta, que apresentavam tamanho acima de 4,0 cm de comprimento, e o NF determinado por contagem, considerando as que estavam com limbo foliar totalmente aberto. O DCopa foi determinado pela média do diâmetro da copa na direção da linha (DL) e na direção da entrelinha (DE). O volume da copa (VCopa) foi calculado a partir da altura da

planta (H), DL e DE, utilizando-se a seguinte fórmula: $VCopa = (\pi/6) \times H \times DL \times DE$, e o $IVV = [H + Dcopa + (DCab \times 10)] / 100$, conforme Portella et al. (2016).

1.7.2 Avaliações fisiológicas

1.7.2.1 Trocas gasosas

As trocas gasosas nas plantas foram avaliadas aos 170, 230 e 540 DAT, entre 6:00 e 9:00 hs da manhã, na quarta folha totalmente expandida, do ápice para base do ramo (Figura 5). Determinou-se a transpiração (E), condutância estomática (gs), taxa de assimilação de CO₂ (A), concentração intracelular de CO₂ (Ci), eficiência instantânea de carboxilação (EiCi) e eficiência intrínseca de uso da água (EiUA). As quatro primeiras variáveis foram medidas utilizando analisador de gás carbônico a infravermelho portátil (IRGA), modelo LCPro + Portable Photosynthesis System® (ADC BioScientific Limited, UK), irradiação de 1200 $\mu\text{mol f\u00f3tons m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ e fluxo de ar de 200 ml min^{-1} , e concentração de CO₂ atmosférico. Com esses dados, quantificou-se a eficiência instantânea de carboxilação (EiCi) - (A/Ci) e a eficiência instantânea no uso da água (EiUA) - (A/E) (KONRAD et al., 2005).



Figura 5. Avaliação das trocas gasosas nas plantas de aceroleira utilizando analisador de gás carbônico a infravermelho portátil (IRGA), modelo LCPro + Portable Photosynthesis System® (ADC BioScientific Limited, UK) aos 540 DAT.

1.7.2.2 Eficiência fotoquímica

A eficiência fotoquímica foi analisada aos 540 DAT através dos parâmetros de fluorescência da clorofila *a*, incluindo: fluorescência inicial (F_o), fluorescência máxima (F_m) e fluorescência variável (F_v), utilizando o equipamento PEA – Hansatech, com a colocação de pinças foliares na quarta folha totalmente expandida, do ápice para base do ramo, onde permaneceu por 30 minutos de adaptação ao escuro, e em seguida, realizou-se a leitura (KONRAD et al., 2005).



Figura 6. Análise da eficiência fotoquímica através da fluorescência da clorofila *a* com auxílio do equipamento PEA – Hansatech aos 540 DAT.

1.7.2.3 Pigmentos fotossintéticos

Os pigmentos fotossintéticos foram avaliados aos 540 DAT, em que determinou-se os teores de clorofila *a* (CLa), clorofila *b* (CLb), clorofila total (CLtotal) e carotenoides (CAR), através da seguinte metodologia: com o auxílio de um vazador circular com diâmetro de 9 mm, foram retirados 6 discos de tecido vegetal do terço médio do quarto par de folhas de um ramo localizado na região mediana da copa, correspondendo a uma área total de discos de 3,18 cm². Posteriormente, o material foi picotado e imerso em 6 cm³ de acetona a 80%, contida em recipientes de vidro de capacidade de 10 cm³, onde as amostras permaneceram totalmente no escuro por 48 horas em refrigerador a temperatura de 8 °C para extração dos pigmentos do sobrenadante. Em seguida, quantificou-se os teores de clorofila *a*, *b*, total e

carotenoides procedidos por espectrofotometria com as leituras em absorbância (A), respectivamente nos comprimentos de onda de 663, 646 e 470 nm, respectivamente, utilizando acetona a 80% como branco, através das Eq.1; Eq.2; Eq.3 e Eq.4 conforme metodologia de Lichtenthaler (1987):

$$CLa = 12,21 A_{663} - 2,81 A_{646} \quad \text{Eq. 1}$$

$$CLb = 20,13 \times A_{646} - 5,03 \times A_{663} \quad \text{Eq. 2}$$

$$CL_{total} = 17,3 A_{646} + 7,18 A_{663} \quad \text{Eq. 3}$$

$$CAR = (1000 A_{470} - 1,82 CLa - 85,02 CLb)/198 \quad \text{Eq. 4}$$

Os dados foram obtidos em mg L^{-1} e, com base na área do disco foliar ($3,14 \text{ cm}^2$) e na diluição do extrato em acetona a 80% em 6 cm^3 (6 mL), os teores de CLa, CLb e CAR foram transformados em unidades de massa por m^2 (g m^{-2}).

1.7.2.4 Relações hídricas e dano na membrana celular

Estas variáveis foram analisadas no segundo ano de cultivo aos 540 DAT. As relações hídricas foram determinadas através potencial hídrico no ramo (Ψ_w), conteúdo relativo de água (CRA) e déficit de saturação hídrica (DSH) e o dano na membrana celular através do extravasamento de eletrólitos no limbo foliar (EE).

Analisou-se o Ψ_w com auxílio de uma bomba de pressão (SCHOLANDER et al., 1965), na porção terminal do ramo retirado com comprimento aproximado de 15 cm e destacado da planta onde o diâmetro atingia 1,9 mm, na região mediana da copa às 6:30 hs da manhã. O CRA e o DSH foram determinados em 4 folhas totalmente expandida, retiradas do terço intermediário de ramos, localizados na mesma região da copa onde coletou-se os ramos para avaliação do Ψ_w , adotando-se o seguinte procedimento: imediatamente após a coleta das folhas determinou-se a massa fresca (PF); em seguida, as amostras foram colocadas em sacos plásticos, imersas em água destilada e acondicionadas por 24 horas; após, foi retirado o excesso de água com papel toalha, obtendo-se a massa túrgida (PT); posteriormente, as amostras foram coladas em estufa com circulação de ar forçada ajustada para temperatura de $65 \text{ }^\circ\text{C}$, até atingir massa constante para obtenção da massa seca (PS). O CRA e o DSH foram

determinados conforme Weatherley (1950) e Taiz et al. (2017), respectivamente, com base nas Eq. 1 e Eq. 2.

$$\text{CRA (\%)} = \frac{\text{PF} - \text{PS}}{\text{PT} - \text{PS}} \times 100 \quad \text{Eq. 3}$$

$$\text{DSH (\%)} = \frac{\text{PT} - \text{PF}}{\text{PT} - \text{PS}} \times 100 \quad \text{Eq. 4}$$

O dano na membrana celular foi determinada através do extravasamento de eletrólitos, determinado conforme Bajji et al (2002), coletando-se oito discos foliares de quatro folhas localizadas no terço intermediário do ramo, na região mediana da copa. Os discos foram lavados imediatamente com água destilada visando à retirada do conteúdo das células rompidas durante a remoção e de outros eletrólitos aderidos às folhas. Após a lavagem, os discos foram secados em papel absorvente e colocados em beakers contendo 25 ml de água destilada a 25°C, por 4 horas, onde mediu-se a condutividade elétrica inicial - $\mu\text{S cm}^{-1}$ (C1) com uso de um condutivímetro de bancada Mca 150. Logo após, os beakers com os discos foram colocados em estufa a 90°C, por 2 horas, e em seguida com o equilíbrio da temperatura, a condutividade elétrica máxima - $\mu\text{S cm}^{-1}$ foi medida (C2) e o extravasamento de eletrólitos (E) calculado através da Eq. 3.

$$\text{E (\%)} = \frac{\text{C1}}{\text{C2}} \times 100 \quad \text{Eq. 5}$$

1.7.3 Parâmetros de produção

As variáveis de produção foram avaliadas no primeiro ano de cultivo durante o primeiro ciclo de produção entre 260 e 330 DAT e, no segundo ano de cultivo no período entre 420 e 550 DAT (Figura 7A). As colheitas foram realizadas em intervalo de três dias, em que foram colhidos os frutos que apresentavam película de coloração vermelha (Figura 7B), cuja característica é padrão de maturação de frutos da cultivar Flor Branca (CALGARO; BRAGA, 2012). Avaliaram-se diâmetro (DF) e comprimento de frutos (CF), número de frutos por planta (NFR), peso médio de frutos (PMF) e produção por planta (PROD pl^{-1}).

As medições do DF (Figura 7C) e CF foram feitas em amostra representativa de 20 frutos colhidos por planta, selecionados aleatoriamente do total obtido em cada colheita. O DF foi medido na região mediana no sentido da largura e o CF no sentido da base ao ápice do fruto, utilizando um parquímetro digital. O NFR foi determinado através da contagem de todos os frutos das colheitas. A PROD pl^{-1} foi obtida pelo somatório do peso de todos os frutos produzidos por planta durante o ciclo de produção, que foram pesados em balança de precisão de 0,01 g e (Figura 7D), o PMF, dividindo-se a PROD pl^{-1} pelo NFR colhidos por planta durante o ciclo de produção.



Figura 7. Planta de aceroleira em fase de produção durante o segundo ano de cultivo aos 540 DAT (A), frutos no ponto de colheita (B), medição de diâmetro do fruto (C) e pesagem de frutos (D).

1.7.4 Qualidade pós-colheita de frutos

A qualidade pós-colheita dos frutos foi analisada apenas no primeiro ano de cultivo aos 295 DAT, através das características físico-químicas e de compostos bioativos em frutos colhidos com película de coloração vermelha (Figura 8A), apresentando o mesmo padrão de maturação em todos tratamentos. Após a colheita os frutos foram embalados em sacos de polietileno possuindo 250 g e acondicionados em sacolas pretas de polietileno e, imediatamente submetidos ao congelamento em freezer sob temperatura de $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 120 dias. A polpa foi extraída e processada em processador de alimentos doméstico, onde em seguida, procedeu-se a análise no Laboratório de Química, Bioquímica e Análise de Alimentos do CCTA/UFCG, dos seguintes parâmetros físico-químicos: potencial hidrogeniônico (pH), acidez titulável - % de ácido cítrico (AT), sólidos solúveis - $^{\circ}\text{Brix}$ (SST), razão sólidos solúveis/acidez titulável

(SST/AT); e os compostos bioativos: carotenoides totais - $\text{mg } 100\text{g}^{-1}$ (Car), antocianinas - $\mu\text{g } \text{g}^{-1}$ (Ant) e Vitamina C – Vit C (mg de ácido ascórbico 100g^{-1} de polpa).

O pH foi determinado com leitura direta no extrato dos frutos de acerola em potenciômetro digital de bancada. A AT foi medida em 10 g de polpa, homogeneizado em 10 mL de água destilada. A solução contendo a amostra foi titulada com NaOH 0,1 N até atingir o ponto de viragem do indicador fenolftaleína, sendo expressa em porcentagem de ácido cítrico (IAL, 2008). Os SST foram determinados no extrato da polpa dos frutos de acerola, em refratômetro digital com compensação automática de temperatura, sendo sempre que necessário, calibrado com água destilada (Figura 8B). A razão SST/AT foi obtida dividindo-se os valores de sólidos solúveis pelos valores da acidez titulável (IAL, 2008).

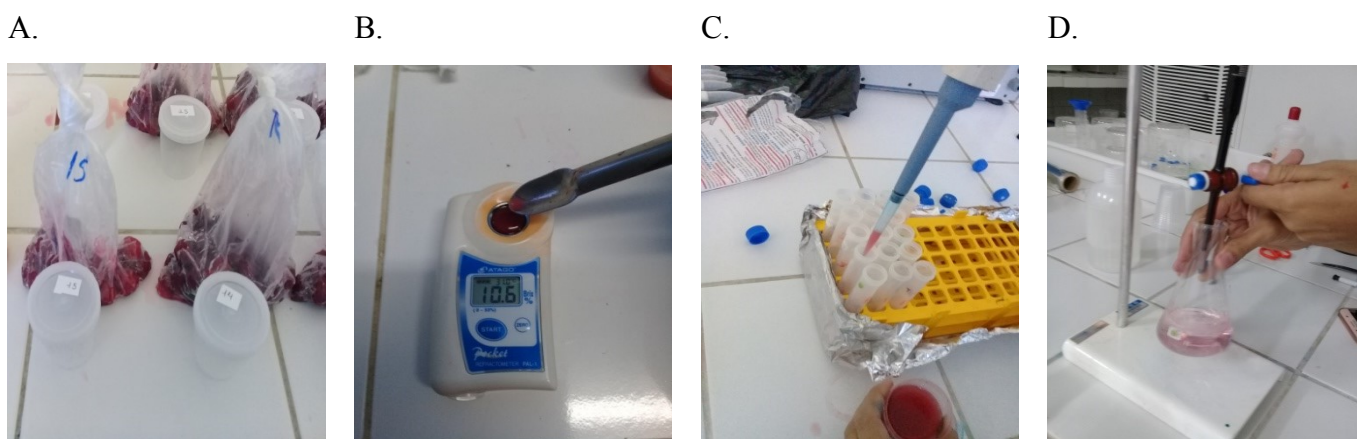


Figura 8. Frutos de aceroleira utilizados para extração da polpa (A), análise de sólidos solúveis da polpa em refratômetro digital (B), preparo das amostras para centrifugação e determinação de carotenoides e antocianinas (C) estimativa do teor de vitamina C por titulação (D).

Os carotenoides e antocianinas foram determinados pelo método de Sims & Gamon (2002). Foi pesado 1,0 g de amostra e adicionou-se 3 mL do extrator, preparado em acetona 80% tamponada com Tris-HCl 0,2 M pH 7,8 (Figura 8C). Em seguida, as amostras foram centrifugadas a 10 °C e 3.000 rpm por 10 minutos em centrifuga refrigerada, e os sobrenadantes lidos em espectrofotômetro nos comprimentos de onda de 470 e 537 nm para carotenoides e antocianinas, respectivamente. O teor de Vitamina C foi estimado por titulação (Figura 8D), utilizando-se 0,5 g de polpa dos frutos de acerola, acrescido de 49,5 mL de ácido oxálico 0,5% e titulado contra a solução de Tillmans até atingir coloração rosa (IAL, 2008).

2 ANÁLISES ESTATÍSTICA

As médias das variáveis foram submetidas à análise de variância pelo teste F em nível de 0,05 e 0,01 de probabilidade, sendo os dados dos níveis de salinidade analisados por estudos de regressão polinomial, e as médias das combinações das doses de nitrogênio e potássio comparadas pelo teste de média de Tukey em nível 0,05 de probabilidade, utilizando para processamento dos dados o software estatístico SISVAR/UFLA (FERREIRA, 2011). A escolha da regressão foi feita mediante melhor ajuste em base de coeficiente de determinação (R^2) e levando-se em consideração uma provável explicação biológica.

3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAJJI, M.; KINET, J. M.; LUTTS, S. The use of the electrolyte leakage method for assessing cell membrane stability as a water stress tolerance test in durum wheat. **Plant Growth Regulation**, v.36, n.1, p. 61-70, 2002.
- BARBOZA, S. B. S. C.; TAVARES, E. D.; MELO, M. B. **Instruções para o cultivo da acerola**. Aracaju: EMBRAPA-CPATC, 1996. 42p. (Circular Técnica. 6).
- BORGES, A. L.; SILVA, D. J. Fertilizantes para fertirrigação. In: SOUSA, V. F. et al. (Eds.). **Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2011. p. 253-264.
- CALGARO, M.; BRAGA, M. B. **A cultura da acerola**. 3. ed. Brasília, DF : Embrapa, 2012. 144 p. (Coleção Plantar; 69).
- CAVALCANTI, F. J. **Recomendações de adubação para o Estado de Pernambuco: 2ª aproximação**. 3ª. ed. Recife: IPA, 2008. 212 p.
- COELHO, M. A.; SONCIN, N. B. **Geografia do Brasil**. São Paulo: Moderna, 368 p., 1982.
- DONAGEMA, G. K.; CAMPOS D. V. B.; CALDERANO, S. B.; TEIXEIRA, W. G; VIANA, J. H. M. **Manual de métodos de análise de solo**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 2011. 230 p.
- INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. **Estações e dados**. <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesAutomaticas>. 03 Dez. 2018.

- FERREIRA, D. F. Sisvar: um sistema computacional de análise estatística. **Ciência e Agrotecnologia**, v.35, n.6, p.1039-1042. 2011.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz**. 4.ed. Campinas: IAL, 2008.
- KONRAD, M. L. F.; SILVA, J. A. B.; FURLANI, P. R.; MACHADO, E. C. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em seis cultivares de cafeeiro sob estresse de alumínio. **Bragantia**, v.64, n.3, p.339- 347, 2005.
- LICHTENTHÄLER, H. K. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. In: PACKER, L.; DOUCE, R. **Methods in enzymology**. London: Academic Press, v.148, 1987, pp.350-381.
- MEDEIROS, J. F. **Qualidade da água de irrigação e evolução da salinidade nas propriedades assistidas pelo "GAT" nos Estado do RN, PB e CE**. 1992. 173 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 1992.
- PORTELLA, C. R. et al. Desempenho de cultivares de citros enxertadas sobre o trifoliateiro ‘Flying Dragon’ e limoeiro ‘Cravo’ em fase de formação do pomar. **Bragantia**, Campinas, v. 75, n. 1, p.70-75, 2016.
- RHOADES, J. P.; KANDIAH, A.; MASHALI, A. M. **The use saline waters for crop production** (Org). Roma: FAO, 1992. 133p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 48).
- TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858 p.
- WEATHERLEY, P E. Studies in the water relations of the cotton plant. I. The field measurement of water deficits in leaves. **New Phytologist**, v.49, p. 81-97, 1950.

CAPÍTULO III

CRESCIMENTO E TROCAS GASOSAS DE ACEROLEIRA IRRIGADA COM ÁGUAS SALINAS SOB COMBINAÇÕES DE ADUBAÇÃO NITROGENADA/POTÁSSICA¹ (1º ANO DE CULTIVO)

¹ Trabalho publicado na Revista Brasileira de Ciências Agrárias (Agrária), v.15, n.1, e5677, 2020.

CRESCIMENTO E TROCAS GASOSAS DE ACEROLEIRA IRRIGADA COM ÁGUAS SALINAS SOB COMBINAÇÕES DE ADUBAÇÃO NITROGENADA-POTÁSSICA

RESUMO: O manejo da adubação tem sido uma alternativa utilizada para mitigação do estresse salino sobre as culturas. Neste sentido, objetivou-se com a pesquisa, avaliar a influência de diferentes combinações de adubação nitrogenada e potássica sobre o crescimento e as trocas gasosas da cultura da aceroleira irrigada com água salinizadas, em diferentes épocas na fase vegetativa, no primeiro ano de cultivo. O experimento foi desenvolvido em campo, em delineamento de blocos ao acaso, com os tratamentos dispostos em esquema fatorial 5 x 4, referentes a cinco níveis de salinidades da água de irrigação (CEa): 0,3; 1,3; 2,3; 3,3 e 4,3 dS m⁻¹ e quatro combinações de adubação nitrogenada-potássica: 70% + 50%; 100% + 75%; 130% + 100% e 160% + 125% de N e K₂O, respectivamente, da dose recomendada de 100 g de N e 80 g de K₂O por planta/ano, com três repetições e uma planta por parcela constituída de um lisímetro de 60 L. Os efeitos nocivos da salinidade da água se manifestaram aos 230 dias após o transplântio (DAT) sobre os diâmetros de caule e de ramos primários, a partir da CEa de 2,32 dS m⁻¹, sendo que estes efeitos não foram mitigados pelas combinações de adubação testadas. A adubação com 70% de N + 50% de K₂O favoreceu a atividade das trocas gasosas e maior crescimento das plantas a partir dos 170 DAT, independentemente da salinidade da água.

Palavras-chave: *Malpighia emarginata* D. C, estresse salino, manejo da adubação.

GROWTH AND GAS EXCHANGE OF WEST INDIAN CHERRY IRRIGATED WITH SALINE WATERS UNDER COMBINATIONS NITROGEN-POTASSIUM FERTILIZATION

ABSTRACT: Fertilization management has been an alternative used to mitigate salt stress on crops. In this context, this research aimed to evaluate the effect of different combinations of nitrogen and potassium fertilization on growth and gas exchange of the West Indian cherry crop irrigated with salinized water at different periods in the vegetative phase, in the first year

of cultivation. The experiment was carried out in the field, in a randomized block design, with treatments arranged in a 5 x 4 factorial scheme, referring to five salinities levels of irrigation water (ECw): 0.3, 1.3, 2.3, 3.3 and 4.3 dS m⁻¹ and four combinations of doses of nitrogen and potassium: 70% + 50%; 100% + 75%; 130% + 100% and 160% + 125% of N and K₂O, respectively, of the recommended dose of 100 g of N and 80 g of K₂O per plant/year, with three replicates and one plant per plot consisting of a lysimeter of 60 L. Harmful effects of water salinity manifested at 230 days after transplantation (DAT) on stem and primary branch diameter from ECw of 2.32 dS m⁻¹, and these effects were not mitigated by the fertilizer combinations tested. Fertilization with 70% N + 50% K₂O favored gas exchange activity and higher plant growth from 170 DAT, regardless of water salinity.

Key words: *Malpighia emarginata* D. C, saline stress, fertilization management

1 INTRODUÇÃO

A aceroleira (*Malpighia emarginata* D. C.) está entre as fruteiras de maior interesse econômico na Região Nordeste do Brasil, onde sua exploração tem se mostrado uma atividade atraente, devido à adaptação às condições de solo e clima e ao seu elevado teor de vitamina C e antocianinas, que têm valorizado o produto no mercado e provocado aumento de consumo (CALGARO & BRAGA, 2012; SOUZA et al., 2017).

O aumento da demanda do produto nos mercados interno e externo vem estimulando a formação de novos plantios, havendo condições para um crescimento econômico sustentável (CALGARO & BRAGA, 2012). Entretanto, na região semiárida do Nordeste Brasileiro, onde o sistema de produção depende da irrigação, a qualidade da água pode tornar-se um fator limitante, já que cerca de 52,73% das fontes (açudes, barragem e poços) possuem salinidade variando de 0,75 a 3,0 dS m⁻¹, apresentando alto risco de salinidade e de toxidez por sódio e cloreto (MORAIS et al., 1998).

O excesso de sais na água de irrigação pode comprometer as propriedades físico-químicas do solo e a fisiologia das plantas, com reflexo negativo no crescimento e produção das culturas, como no caso da aceroleira (ALVARENGA et al., 2019; SÁ et al., 2019; SILVA et al., 2019), por diminuir a disponibilidade de água às plantas pelo efeito osmótico da solução do solo e provocar efeito tóxico, principalmente, pelos íons Na⁺ e Cl⁻ (ROY et al.,

2014; GUPTA & HUANG, 2014) e desequilíbrio nutricional, causando deficiências de Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ e NO_3^- induzidas pela competição iônica com Na^+ e Cl^- acumulados em excesso no solo e nas plantas (MACHADO & SERRALHEIRO, 2017). Outrossim, águas salinas com altas concentração de K^+ podem induzir a deficiência de Ca^{2+} por inibição competitiva.

Com isso, estratégias de manejo da adubação devem ser investigadas no intuito de compensar as deficiências nutricionais induzidas pela interação de íons tóxicos com os nutrientes e o acúmulo destes nas plantas. Sá et al. (2019) estudou o efeito de proporções de doses de nitrogênio e fósforo na aceroleira BRS Jaburu sob salinidade da água de irrigação, e observaram que aumentos de 40% de N e P em relação à dose recomendada mitigam os efeitos do estresse salino até a CEa de $3,0 \text{ dS m}^{-1}$ no crescimento, fisiologia e produção, durante o primeiro ciclo da cultura.

Estes fatores se dão devido o nitrogênio desempenhar função estrutural e fazer parte de diversos compostos orgânicos vitais para o vegetal, a exemplo de compostos de baixo peso molecular (aminoácidos, glicinabetaína, prolina, oligossacarídeos, etc.), que atuam no ajustamento osmótico das plantas sob condições de salinidade (ZAKI, 2016; ARGHAVANI et al., 2017). Por outro lado, o potássio promove o controle da turgidez celular, ativação de enzimas envolvidas na respiração e fotossíntese, regulação dos processos de abertura e fechamento de estômatos, transpiração e transporte de carboidratos, que são fatores fundamentais, envolvidos no controle do ajustamento osmótico das plantas à salinidade (WANG et al., 2013).

Assim, ressalta-se a importância de se analisar o efeito da combinação de doses destes nutrientes em plantas de aceroleira irrigada com águas salinas. O estudo torna-se ainda importante quando analisado em distintas épocas de crescimento durante o ciclo fenológico, haja vista que isso pode se tornar uma ferramenta básica para determinar o melhor manejo da adubação e irrigação para formação de pomares da cultura da aceroleira, que pode refletir futuramente, na expressão do potencial máximo produtivo da cultura.

Neste sentido, objetivou-se com a pesquisa, avaliar a influência de diferentes combinações de adubação nitrogenada e potássica sobre o crescimento e as trocas gasosas da cultura da aceroleira irrigada com água salinizadas, em diferentes épocas na fase vegetativa, no primeiro ano de cultivo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada sob condições de campo, com as plantas cultivadas em vasos de 60 L adaptados como lisímetros, em área experimental pertencente ao Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar (CCTA) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Pombal, PB. As coordenadas geográficas locais de referência são 6°48'16" Sul, 37°49'15" Oeste e a altitude média é de 144 m. Os dados de precipitação foram obtidos em pluviômetro convencional instalado no local do experimento e, temperatura e umidade relativa (Figura 1) adquiridos na estação meteorológica automatizada de São Gonçalo (Sousa – PB), do INMET (2018).

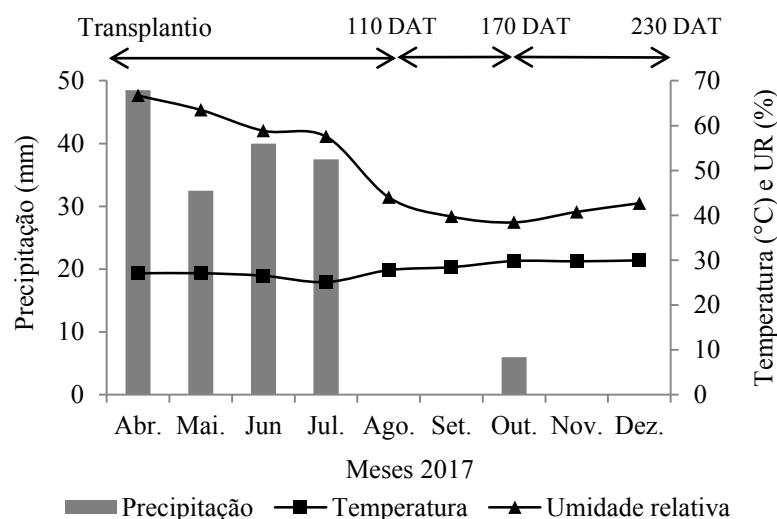


Figura 1. Dados médios de precipitação, temperatura média e umidade Relativa – UR, no período do estudo.

Usou-se delineamento de blocos ao acaso, com os tratamentos dispostos em esquema fatorial 5 x 4, referentes a cinco níveis de salinidade da água de irrigação: condutividade elétrica da água (CEa) de 0,3; 1,3; 2,3; 3,3 e 4,3 dS m⁻¹ e quatro combinações (C) de doses de nitrogênio (N) e potássio (K₂O), sendo: C1 = 70% + 50%; C2 = 100% + 75%; C3= 130% + 100% e C4= 160% + 125% de N e K₂O, respectivamente, da dose recomendada para aceroleira (CAVALCANTI et al., 2008). Utilizaram-se três repetições, sendo a parcela experimental constituída de um recipiente de 60 L com uma planta, totalizando 60 unidades experimentais.

Os níveis salinos foram baseados no estudo de Sá et al. (2019), que constataram que a irrigação com água de salinidade de até 2,2 dS m⁻¹ e aplicação de 10% de fração de lixiviação

não comprometeu o crescimento, atividade fotossintética e produção da aceroleira cv. BRS 336-Jaburu no primeiro ano de cultivo, cultivada em solo de textura média.

As águas salinas dos tratamentos de 1,3 a 4,3 dS m⁻¹, foram preparadas a partir da adição de NaCl, CaCl₂.2H₂O e MgCl₂.6H₂O na proporção equivalente 7:2:1, respectivamente, à água do tratamento de menor salinidade (0,3 dS m⁻¹). Esta é a água proveniente do sistema de reservatório Coremas-Mãe d'Água que disponibiliza água para irrigação de culturas na região. Esta proporção de sais é a predominantemente encontrada nas principais fontes de água utilizadas em irrigação no Nordeste brasileiro (MEDEIROS, 1992), obedecendo-se à relação entre CEa (dS m⁻¹) e a concentração dos sais (mmol_c L⁻¹ = CEa x 10) (RHOADES et al., 1992).

Utilizou-se a recomendação de adubação para aceroleira cv. Flor Branca irrigada no primeiro ano de cultivo, correspondente a 100 g de N e 80 g de K₂O por planta (CAVALCANTI, 2008), sendo estas equivalentes às doses de 100% de nitrogênio e potássio utilizadas nos tratamentos. A dose de K₂O foi determinada de acordo com a disponibilidade de K no solo (Tabela 1), conforme recomendação do referido autor.

Tabela 1. Atributos físicos e químicos do Neossolo Flúvico eutrófico utilizado no experimento, antes da aplicação dos tratamentos, coletado na camada de 0-20 cm do Lote 14, Setor I, do Perímetro Irrigado das Várzeas de Sousa-PB.

Classificação textural	Granulometria			Ds (kg dm ³)	Pt (%)	M.O (%)	N (%)	P assimilável (mg dm ⁻³)	Complexo sortivo				
	Areia (%)	Silte (%)	Argila (%)						Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	H ⁺ + Al ³⁺
FA	73,73	16,16	7,11	1,44	47,63	0,41	0,02	41,00	3,50	1,70	0,14	0,30	0,00
pHes	Extrato de saturação												
	CEes (dS m ⁻¹)	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Us (% em massa)			
7,11	1,28	1,39	3,23	0,38	5,78	9,00	Ausente	0,00	1,40	20,80			
RAS (mmol L ⁻¹) ^{0,5}	PST (%)			Salinidade/sodicidade				Classe de solo					
3,80	2,48			Não salino/não sódico				Normal					

FA – Franco arenoso; Da - Densidade do solo; Pt - Porosidade total; M.O - Matéria orgânica; pHes - pH do extrato de saturação, CEes - condutividade elétrica do extrato de saturação a 25 °C; Us - umidade de saturação do solo (% em base de massa); RAS - Razão de adsorção de sódio; PST - Percentagem de sódio trocável; P, K⁺ e Na⁺ extraídos com extrator Mehlich-1; Ca²⁺ e Mg²⁺ extraídos com extrator KCl 1,0 M L⁻¹ a pH 7,0; H⁺ + Al³⁺ extraído por 0,5 M CaOAc a pH 7,0; M.O: digestão úmida Walkley-Black.

Planejou-se o parcelamento das doses para 24 aplicações em intervalo de 15 dias no primeiro ano (365 dias). Deste modo, até os períodos de avaliação de 110, 170 e 230 DAT, foram feitas 6, 10 e 14 aplicações de N e K₂O para cada período, respectivamente, em partes iguais em intervalos de 15 dias, totalizando aplicações das doses de 58,33 g de N e 46,67 g de

K₂O até aos 230 DAT, correspondentes às doses de 100% utilizadas nos tratamentos. Utilizou-se a ureia (45% de N) e o cloreto de potássio (60% K₂O) como fontes de N e K₂O, respectivamente. A aplicação das combinações das doses de N/K₂O teve início aos 20 DAT, feitas simultaneamente em cobertura pelo método convencional, em círculo, a um raio de 20 cm em relação à base da planta.

Aplicou-se a dose de 111,11 g de superfosfato simples (18% P₂O₅) para adubação fosfatada, numa única aplicação, misturando-se o fertilizante ao solo de cada recipiente. A dose de fósforo aplicada por planta foi de 20 g de P₂O₅ determinada de acordo com disponibilidade de fósforo no solo (Tabela 1), após a análise química, obedecendo a recomendação de adubação para aceroleira irrigada cv. Flor Branca no primeiro ano de cultivo (CAVALCANTI, 2008).

Inicialmente, até 40 dias após o transplântio (DAT), as plantas foram irrigadas com água de condutividade elétrica de 0,3 dS m⁻¹. A aplicação das águas salinas teve início aos 41 DAT, quando as mudas já estavam aclimatadas às condições de campo. A partir deste período, a irrigação foi feita diariamente de forma manual, com a água do respectivo tratamento e baseado no princípio da lisimetria de drenagem, onde o volume a ser aplicado em cada irrigação foi determinado pela diferença entre volume aplicado e volume drenado no dia seguinte, onde o valor desta diferença equivalente ao volume de água necessária para solo atingir capacidade máxima de retenção de água (capacidade de campo).

Foi adotada fração de lixiviação de 15% a cada 15 dias, quando não ocorria precipitação neste intervalo de dias que promovesse a lixiviação necessária, sendo o volume de lixiviação determinado com base no volume de água aplicada neste período e teve como propósito diminuir o acúmulo excessivo de sais na zona radicular das plantas.

As mudas foram provenientes de viveiro comercial credenciado no Registro Nacional de Sementes e Mudas, localizado no Distrito de São Gonçalo (Sousa – PB), enxertadas pelo tipo fenda cheia, usando porta-enxerto e enxerto das cultivares Junco e Flor Branca, respectivamente, cultivadas em sacolas de polietileno com dimensões 10 x 20 cm e capacidade de 0,5 L. Estas cultivares são adaptadas às condições edafoclimáticas do Semiárido do Nordeste do Brasil, estando entre as principais plantadas em Perímetros Irrigados do Vale do São Francisco, caracterizadas por iniciar a produção aos 6 meses após o transplântio sob irrigação e apresentar alta produtividade (até 100 kg planta⁻¹ ano⁻¹); com frutos possuindo película de coloração vermelha, peso entre 3 e 5 g e teor de vitamina C acima de 1.000 mg 100g⁻¹ de polpa (CALGARO & BRAGA, 2012).

O transplântio foi realizado aos 120 dias após a enxertia, quando as mudas possuíam 30 a 40 cm de altura, para recipientes plásticos com capacidade de 60 L e dimensões de 0,58 (altura), 0,42 (diâmetro superior) e 0,32 m (diâmetro inferior), colocados à altura de 20 cm do solo sob tijolos cerâmicos, espaçados a 1,8 x 2,0 m, entre plantas e linhas de plantio, respectivamente, ocupando uma área de 216 m². Os recipientes receberam na base um sistema de drenagem, composto por um dreno com diâmetro de 1/2” (12,7 mm) inserido na extremidade da base do recipiente e acoplado a uma garrafa PET de 2 L para coleta da água drenada; no fundo do recipiente foi colocada uma camada de 3,0 cm de brita nº 1 e 2,0 cm de areia lavada. Acima da areia, acondicionaram-se 56 L de solo (Neossolo Flúvico eutrófico) cujos atributos físicos e químicos (Tabela 1) foram determinados no Laboratório de Irrigação e Salinidade do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais (CTRN) da UFCG (DONAGEMA et al., 2011).

Após o transplântio das mudas, foi colocada uma camada de 4,0 cm de cobertura morta, composta de restos de gramíneas, de modo a minimizar as perdas de água por evaporação. Foram utilizadas hastes de madeira que serviram como tutores com 80 cm de altura para sustentação das plantas, de modo a permitir o crescimento ereto e evitar o tombamento.

As plantas foram conduzidas em haste única e sua gema apical foi podada após atingir 50 cm de altura aos 70 DAT, sendo com isto estimuladas as brotações das gemas laterais. Dos ramos laterais que surgiram, foram deixados três ramos em diferentes alturas, distribuídos radialmente nos 20 cm terminais da haste principal, denominados de ramos primários. Esses ramos foram podados quando atingiram 60 cm de comprimento aos 180 DAT, de modo a estimular a brotação de ramos secundários e controlar o crescimento lateral, para adequação das plantas ao espaçamento na área experimental. Durante as podas, foram eliminadas brotações mal localizados e os que se direcionavam para o solo (CALGARO & BRAGA, 2012).

A floração iniciou-se aos 5 meses do transplântio (150 DAT), entretanto, devido as plantas ainda apresentarem pequeno porte e não estarem aptas à produção, foi feita eliminação manual das flores até os 230 DAT para que a produção precoce não comprometesse o crescimento das plantas e, futuramente, o potencial produtivo da cultura.

Para avaliação do crescimento da aceroleira, as plantas foram medidas aos 110; 170 e 230 DAT. Nos períodos de 110 e 170 DAT analisou-se o diâmetro do caule abaixo da enxertia (DCab), no ponto da enxertia (DCpo), acima da enxertia (DCac), diâmetro de ramo primário (DRpr), comprimento de ramo primário (CRpr), número de ramos por planta (NRpl) e número

de folhas por planta (NF). Aos 230 DAT, época em que já havia sido feita a poda de ramos primários, avaliou-se o DCab, DCpo, DCac, DRpr e NRpl.

O DCab foi medido a 2,0 cm a partir da superfície do solo. O DCpo foi determinado no ponto de ligação entre porta-enxerto/enxerto e o DCac a 4,0 cm acima do ponto da enxertia. O DRpr foi medido a 2,0 cm do ponto de ligação do ramo com o caule da planta. O CRpr foi medido da base do ramo até o ponto de emissão da gema apical. Os valores de DRpr e CRpr foram obtidos pela média de três ramos primários que cada planta possuía. O NRpl foi feito por contagem de ramos na planta, que apresentavam tamanho acima de 4,0 cm de comprimento, e o NF determinado por contagem, considerando as que estavam com limbo foliar totalmente aberto.

As trocas gasosas nas plantas foram avaliadas aos 110, 170 e 230 DAT, mediante as variáveis de transpiração (E), condutância estomática (gs), taxa de assimilação de CO₂ (A) e eficiência instantânea de carboxilação (EiCi), utilizando analisador de gás carbônico a infravermelho portátil (IRGA), modelo LCPro + Portable Photosynthesis System® (ADC BioScientific Limited, UK), operando com temperatura ajustada a 25 °C, irradiação de 1800 μmol fótons m⁻² s⁻¹ e fluxo de ar de 200 mL min⁻¹, e concentração de CO₂ atmosférico. A eficiência instantânea da carboxilação (EiCi) foi determinada pela razão entre taxa de assimilação de CO₂ e concentração intercelular deste gás (Ci) (MELO et al., 2009).

As médias das variáveis foram submetidas à análise de variância pelo teste F em nível de 0,05 e 0,01 de probabilidade, sendo os dados dos níveis de salinidade analisados por regressão, e as médias obtidas nas plantas em função dos tratamentos das combinações de adubação nitrogenada e potássica comparadas pelo teste de Tukey em nível de 0,05 de probabilidade, utilizando do software estatístico SISVAR/UFLA versão 5.6 para processamento dos dados (FERREIRA, 2011).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nenhuma das variáveis de crescimento respondeu de maneira significativa ($p > 0,05$) à interação entre a salinidade da água de irrigação e as combinações de adubação nitrogenada e potássica nos períodos de 110, 170 e 230 dias após o transplântio (Tabela 2). Para o fator salinidade da água, houve efeito significativo ($p < 0,01$) isolado sobre os diâmetro de caule (DCab, DCpo) e de ramos (DRpr) aos 230 DAT. O efeito isolado ($p < 0,05$) da combinação de

adubação nitrogenada e potássica (NK) manifestou-se sobre o DRpr a partir dos 110 DAT; DCab e DCpo aos 170 DAT e sobre todos os diâmetros avaliados no período de 230 DAT, enquanto o CRpr, NRpl e NF não foram afetados pelos fatores estudados nos diferentes períodos de avaliação.

Tabela 2. Resumo do teste F para o diâmetro do caule abaixo da enxertia (DCab), no ponto da enxertia (DCpo), acima da enxertia (DCac), diâmetro (DRpr) e comprimento de ramos primários (CRpr), comprimento de ramos secundários (CRsec), número de ramos por planta (NRpl) e número de folhas (NF) em plantas de aceroleira irrigada com águas salinas, sob combinações de doses de nitrogênio e potássio aos 110, 170 e 230 dias após o transplântio - DAT.

Fonte de variação	Significância do teste F							
	----- 110 DAT -----							
	GL	DCab	DCpo	DCac	DRpr	CRpr	NRpl ¹	NF ¹
Salinidades (S)	4	ns	ns	ns	ns	ns	ns	Ns
Combinação NK (C)	3	ns	ns	ns	*	ns	ns	Ns
Interação S*C	12	ns	ns	ns	ns	ns	ns	Ns
Bloco	2	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**
Erro	38	0,860	0,788	0,628	0,173	28,199	2,120	4,181
CV (%)	-	12,79	11,70	12,51	14,95	19,14	31,64	22,40
Fonte de variação	----- 170 DAT -----							
	GL	DCab	DCpo	DCac	DRpr	CRpr	NRpl	NF
	Salinidades (S)	4	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Combinação NK (C)	3	*	*	ns	*	ns	ns	Ns
Interação S*C	12	ns	ns	ns	ns	ns	ns	Ns
Bloco	2	ns	ns	ns	ns	ns	ns	Ns
Erro	38	1,718	1,528	1,540	0,548	152,00	180,43	34312,1
CV (%)	-	12,66	12,78	14,50	13,60	17,46	32,80	37,01
Fonte de variação	----- 230 DAT -----							
	GL	DCab	DCpo	DCac	DRpr	NRpl		
	Salinidades (S)	4	**	**	**	**	**	Ns
Combinação NK (C)	3	*	**	**	**	**	Ns	
Interação S*C	12	ns	ns	ns	ns	ns	Ns	
Bloco	2	ns	ns	ns	ns	ns	Ns	
Erro	38	3,941	2,668	2,642	0,814	339,458		
CV (%)	-	13,74	12,78	13,53	11,44	23,42		

ns, **, respectivamente não significativos e significativo a $p < 0,01$; ¹ análise estatística realizada após transformação de dados em \sqrt{X} ; GL= grau de liberdade; CV= coeficiente de variação.

Provavelmente, as lâminas de precipitações acumuladas de 158,5 mm até aos 90 DAT (julho de 2017) (Figura 1) contribuíram para lixiviação do excesso de sais do solo, diminuindo os efeitos negativos sobre o crescimento das plantas até os 110 DAT.

Já aos 170 DAT (outubro de 2017), período que as plantas expostas por maior tempo à salinidade da água de irrigação e não havendo precipitações nos 90 dias anteriores (Figura 1), o efeito não significativo da salinidade sobre as variáveis de crescimento (Tabela 2) pode estar associado à aclimatação da cultura ao estresse salino, como a ocorrência de exclusão de Na^+ das células para o espaço apoplástico e à compartimentalização de íons tóxicos para o vacúolo (GUPTA & HUANG, 2014). Também pode ser atribuído ao ajustamento osmótico pelo acúmulo de solutos orgânicos de baixo peso molecular no citoplasma das células dos tecidos do vegetal, conforme suposição de Alvarenga et al. (2019) ao verificarem efeito não significativo da salinidade da água de irrigação sobre o crescimento de plantas de aceroleira aos 200 dias após o transplante.

No período de 230 DAT, o aumento na salinidade da água de irrigação diminuiu linearmente o DCab, DCpo e DCac da enxertia e o DRpr (Figura 2A; Figura 2B; Figura 2C e Figura 2D), cujas reduções foram de 4,76; 4,31; 4,70 e 3,45%, respectivamente, para cada aumento unitário na condutividade elétrica da água de irrigação. Com base nas equações de regressão, estimou-se redução relativa de 10% sobre o DCab e DCpo no nível de CEa de 2,1 dS m^{-1} e DCac e DRpr nas CEa de 2,3 e 2,8 dS m^{-1} , respectivamente, sendo equivalente à média de CEa de 2,4 dS m^{-1} .

De acordo com Ayers & Westcot (1999), redução relativa de 10% pode ser considerada aceitável em plantas cultivadas sob salinidade. Desse modo, infere-se que o crescimento das plantas em diâmetro não foi comprometido acima do nível aceitável, quando irrigadas com águas de até 2,40 dS m^{-1} , aos 230 DAT.

Sobretudo, ressalta-se que a diminuição dos diâmetros de caule e de ramos primários das plantas em função do aumento da CEa pode ter sido decorrente do maior tempo de exposição à salinidade, onde concentrações de íons tóxicos podem ter se acumulado excessivamente em tecidos do caule aos 230 DAT.

Nestas condições, pode ter ocorrido o deslocamento de Ca^{2+} dos sítios de ligação da parede celular, principalmente dos tecidos meristemáticos do caule, provocado pelo excesso de Na^+ , reduzindo a reticulação de pectina e, subsequentemente, o alongamento das células e divisão celular (LI, et al., 2014; BYRT et al., 2018). Isso pode ter levado ao comprometimento do crescimento do diâmetro do caule nesta época de avaliação, principalmente, acima da CEa de 2,4 dS m^{-1} .

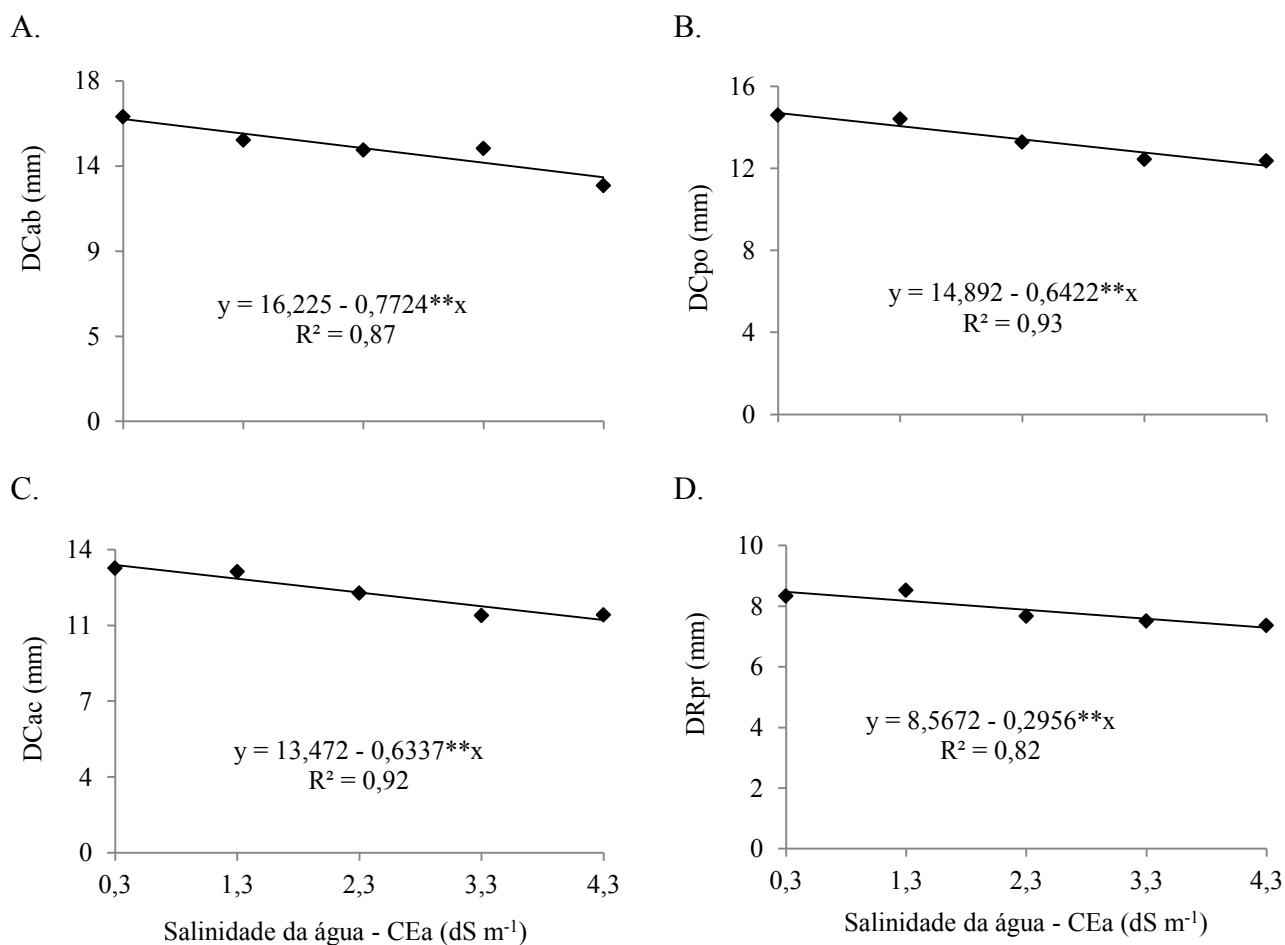
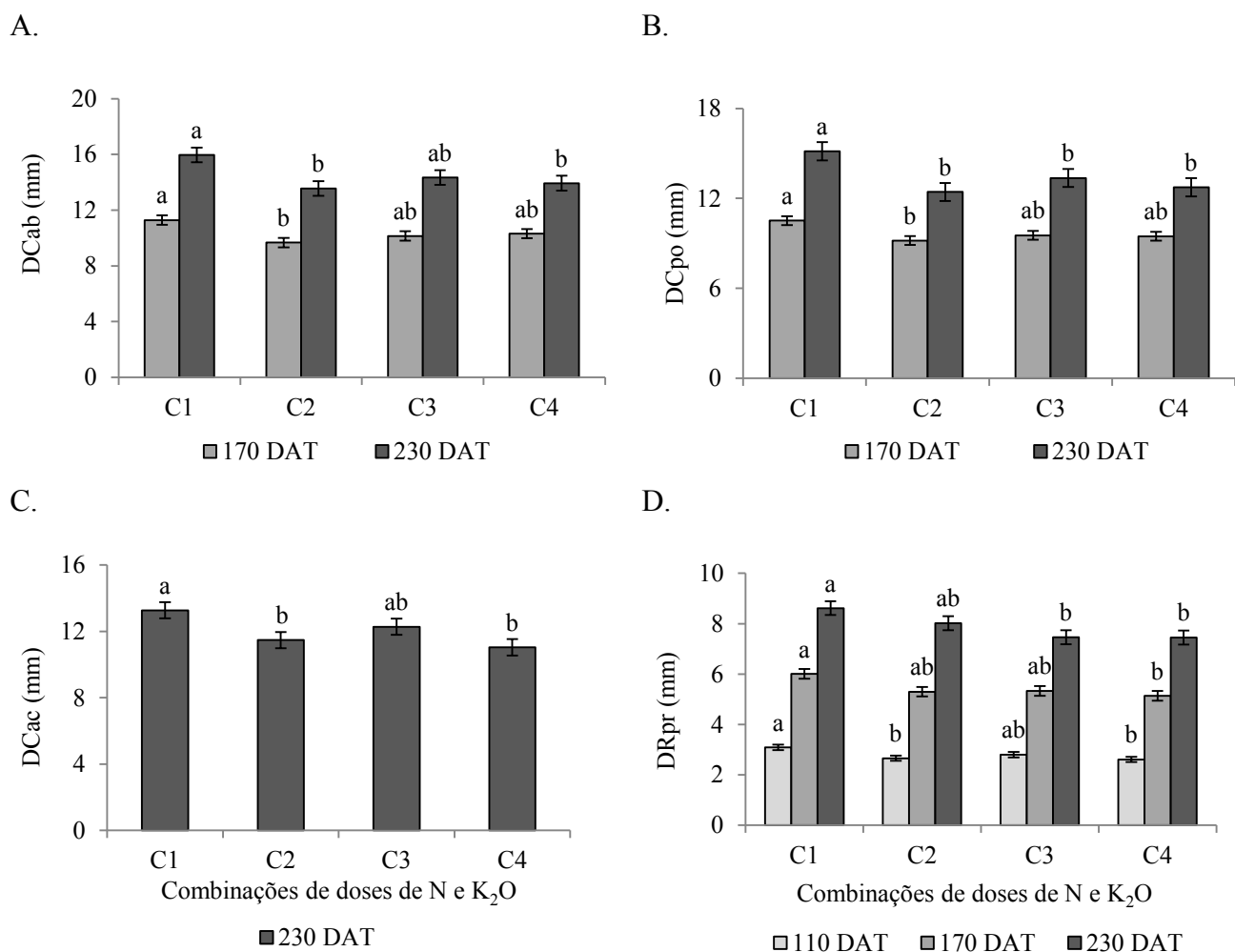


Figura 2. Diâmetro de caule abaixo da enxertia - DCab (A), no ponto da enxertia – DCpo (B), acima da enxertia – DCac (DCac) e diâmetro de ramos primários - DRpr (D) em plantas de aceroleira em função da salinidade da água de irrigação – CEa aos 230 dias após a transplantio.

Analisando as combinações de adubação nitrogenada e potássica, observa-se que as combinações das menores doses de nitrogênio e potássio (C1 = 70%N + 50%K₂O) proporcionou maior crescimento de DCab e DCpo da enxertia aos 170 e 230 DAT (Figura 3A e Figura 3B); DCac da enxertia aos 230 DAT (Figura 3C) e DRpr aos 110, 170 e 230 DAT (Figura 3D). A combinação destas doses pode ter proporcionado maior equilíbrio nutricional nas plantas, favorecendo as atividades fisiológicas e bioquímicas, havendo reflexo positivo sobre o crescimento de diâmetros do caule. A adubação com combinação das doses C2, C3 e C4 diminuiu o crescimento das plantas em diâmetro nas distintas épocas de avaliação, em relação à combinação C1 (Figura 3A; Figura 3B; Figura 3C e Figura 3D).



C1= 70%N + 50%K₂O; C2= 100%N + 75%K₂O; C3= 130%N + 100%K₂O e C4 = 160%N + 125%K₂O. Médias seguidas por letras diferentes indicam diferença significativa entre os tratamentos pelo teste Tukey (p < 0,05 de probabilidade). Barras representam o erro-padrão da média (n = 3).

Figura 3. Diâmetro de caule abaixo da enxertia - DCab (A), no ponto da enxertia – DCpo(B) acima da enxertia – DCac (C), e diâmetro de ramos primários - DRpr (D) em plantas de aceroleira adubadas com diferentes combinações de doses de nitrogênio e potássio aos 110, 170 e 230 dias após a transplantio.

Tal fenômeno pode estar associado a algum desequilíbrio nutricional causado pelas doses mais elevadas de N e K₂O, uma vez que o excesso destes nutrientes pode induzir à deficiência ou acúmulo excessivo de outros, levando a um distúrbio nutricional que pode afetar o crescimento das plantas (TAIZ et al., 2017). Como exemplo, doses excessivas de K⁺ diminuem a absorção de Ca²⁺ e Mg²⁺ pelas plantas, através do efeito de diluição ou inibição competitiva entre estes íons (SILVA & TREVIZAM, 2015). Nestas condições, pode haver deficiência destes cátions bivalentes que fazem parte da composição da parede celular e de moléculas de clorofila, afetando negativamente o crescimento das plantas (TAIZ et al., 2017).

Além disso, os índices salinos elevados da ureia e cloreto de potássios utilizado como fonte de N e K₂O, correspondentes a 75 e 115 (BORGES; SILVA, 2011), podem ter intensificado o estresse salino na utilização de doses mais elevadas.

Para às trocas gasosas, observou-se efeito não significativo da interação (p>0,05) entre a salinidade da água e a combinação de adubação nitrogenada-potássica aos 110, 170 e 230 DAT (Tabela 3). Todavia, houve efeito significativo isolado (p<0,01 e p<0,05) da salinidade da água sobre a condutância estomática, transpiração e taxa de assimilação de CO₂ aos 110 DAT, e do fator combinação de adubação NK para todas variáveis aos 170 e 230 DAT.

Tabela 3. Resumo do teste F para condutância estomática (gs), transpiração (E), taxa de assimilação de CO₂ (A) e eficiência instantânea de carboxilação (EiCi) em plantas de aceroleira irrigada com águas salinas, sob combinações de adubação nitrogenada e potássica aos 110, 170 e 230 dias após o transplântio - DAT.

Fonte de variação	Significância do teste F				
	----- 110 DAT -----				
	GL	gs ¹	E ¹	A ¹	EiCi ¹
Salinidades (S)	4	**	*	**	Ns
Adubações NK (NK)	3	ns	ns	ns	Ns
Interação S*NK	12	ns	ns	ns	Ns
Bloco	2	ns	*	ns	Ns
Erro	38	0,001723	0,030248	0,136606	0,002498
CV (%)		20,96	20,34	16,10	24,95
	----- 170 DAT -----				
	GL	gs	E	A	EiCi
Salinidades (S)	4	ns	ns	ns	Ns
Adubações NK (NK)	3	*	**	**	*
Interação S*NK	12	ns	ns	ns	Ns
Bloco	2	*	ns	*	*
Erro	38	0,00024	0,1437	2,5128	0,000152
CV (%)		44,37	35,65	38,39	43,74
	----- 230 DAT -----				
	GL	gs	E	A	EiCi
Salinidades (S)	4	ns	ns	ns	Ns
Adubações NK (NK)	3	*	*	**	**
Interação S*NK	12	ns	ns	ns	Ns
Bloco	2	**	**	**	*
Erro	38	0,000126	0,039157	1,50795	0,000092
CV (%)		24,14	19,28	21,50	26,16

ns, **, *, respectivamente não significativos, significativo a p < 0,01 e a p < 0,05; ¹ análise estatística realizada após transformação de dados em \sqrt{X} ; GL= grau de liberdade; CV= coeficiente de variação.

O incremento da salinidade na água de irrigação diminuiu linearmente a condutância estomática, transpiração e taxa de assimilação de CO₂ aos 110 DAT (Figura 4A, Figura 4B e Figura 4C), causando reduções de 11,03; 10,13 e 10,57%, respectivamente, por aumento unitário na CEa.

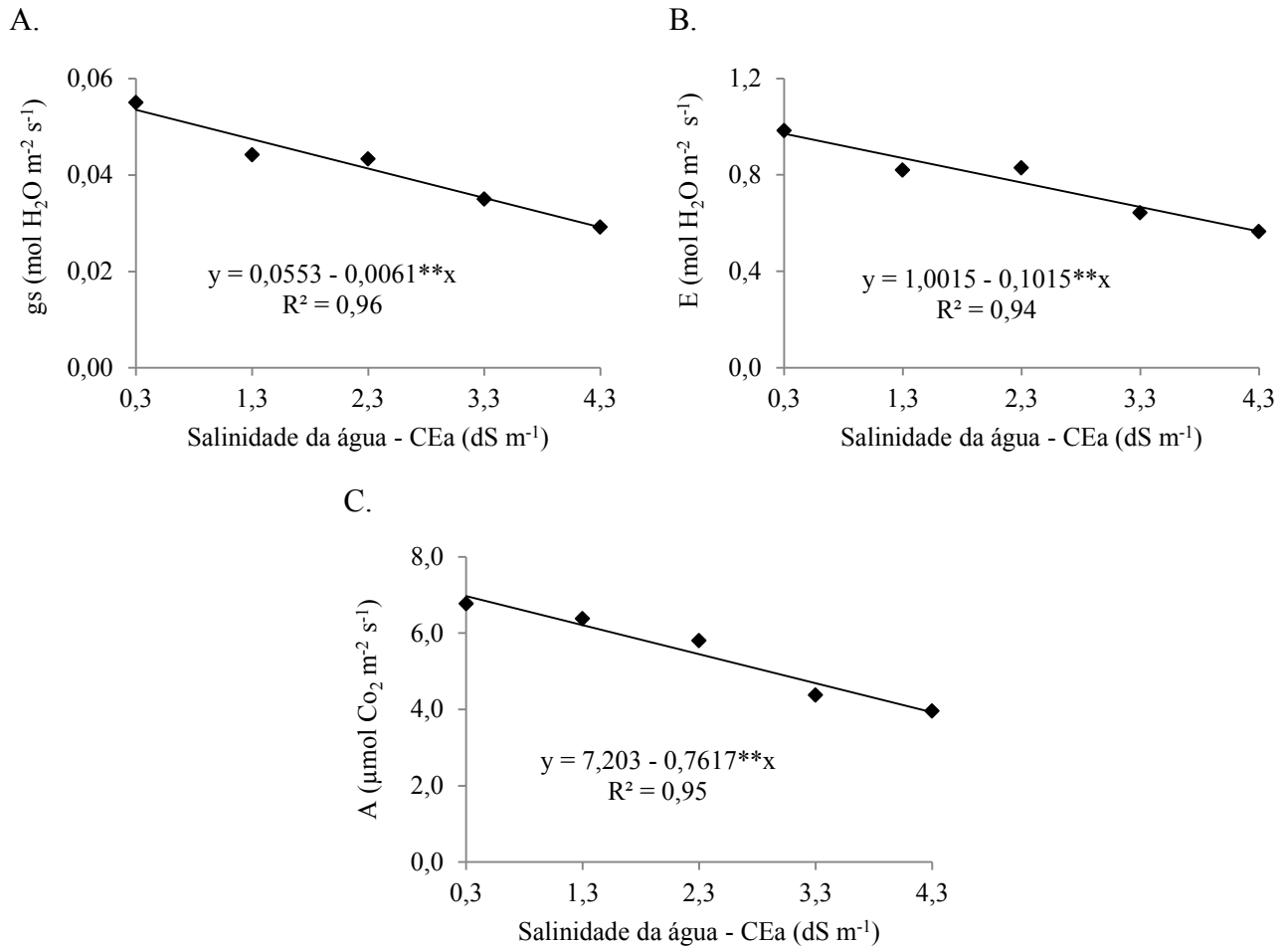


Figura 4. Condutância estomática – gs (A), transpiração – E (B) e taxa de assimilação de CO₂ – A (C) em plantas de aceroleira em função da salinidade da água de irrigação – CEa e sob diferentes combinações de adubação nitrogênio-potássica aos 110 dias após o transplantio – DAT.

A variação do potencial osmótico na zona radicular, causado pelo aumento da condutividade elétrica da água de irrigação, pode ter sido a principal causa da diminuição das trocas gasosas; haja vista que quando as plantas são submetidas a estas condições, é desencadeada uma sequência de reações moduladas por hormônios como resposta fisiológica aclimatativa, que levam à restrição à abertura estomática, com reflexo sobre a transpiração e a taxa de assimilação de CO₂ (SILVEIRA et al., 2016). Apesar disto, observa-se na Tabela 2,

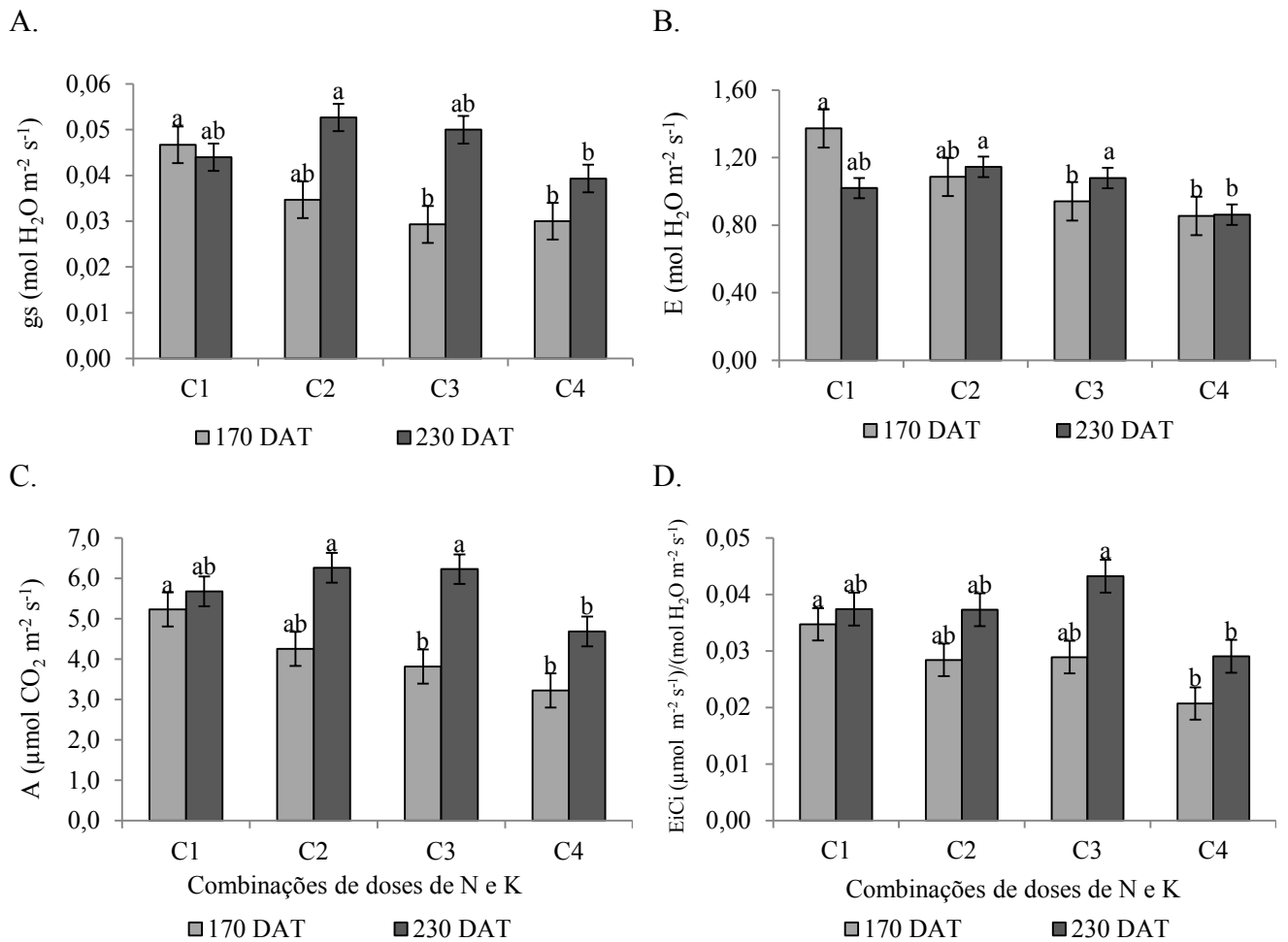
que estes efeitos não refletiram sobre o crescimento das plantas neste período de avaliação, subentendendo que as trocas gasosas podem não terem sido afetadas pela salinidade antes dos 110 DAT, em consequência das precipitações que ocorrem neste período.

Ressalta-se que a menor transpiração em função do aumento da salinidade aos 110 DAT (Figura 4B) foi resultante da diminuição da abertura estomática (Figura 4A), que consequentemente diminuiu as perdas de água na forma de vapor para a atmosfera; e também restringiu a entrada de CO₂ nas células, resultando numa menor taxa de assimilação de CO₂ (Figura 4C), conforme já averiguado em plantas de aceroleira (SÁ et al., 2019).

Por sua vez, aos 170 e 230 DAT, outros mecanismos de aclimação das plantas à salinidade podem ter predominado, minimizando os efeitos osmótico e tóxico sobre as trocas gasosas nas folhas. Como exemplo, citam-se: o acúmulo de solutos orgânicos de baixo peso molecular no citoplasma; a compartimentalização de íons tóxicos para o vacúolo das células e a minimização da translocação dos íons Na⁺ e Cl⁻ para a parte aérea, especificamente para as folhas, diminuindo assim as concentrações destes íons, que são os principais causadores de limitações estomáticas e bioquímicas (ROY et al., 2014; GUPTA & HUANG, 2014; SILVEIRA et al., 2016). Isto pode ser comprovado pelo efeito não significativo da salinidade sobre o os diâmetros de caule, diâmetro e comprimento de ramos, número de ramos por planta e número de folhas aos 170 DAT e, número de ramos por planta aos 230 DAT (Tabela 2).

Quanto aos efeitos das combinações de adubação, observou-se que a condutância estomática, transpiração e taxa de assimilação de CO₂ apresentaram maiores valores principalmente nas plantas adubadas com a combinação C1 aos 170 DAT, enquanto que aos 230 DAT os valores foram maiores quando as plantas foram adubadas até a combinação C3 (Figura 5A; Figura 5B e Figura 5C). Nas duas épocas, observou-se de maneira geral, que a combinação C4 proporcionou os menores valores para as trocas gasosas, assemelhando-se ao ocorrido sobre as variáveis de crescimento no presente estudo.

Estes resultados sugerem que o fornecimento de 70% de N + 50% de K₂O da dose recomendada seja o principal responsável pela atribuição dos maiores valores de condutância estomática, principalmente a dose de potássio, haja vista que o K é o principal nutriente que regula a abertura e o fechamento dos estômatos nas plantas (TAIZ et al., 2017). O fenômeno ocorre quando este nutriente em concentrações adequadas é acumulado nas células guardas, diminuindo o potencial osmótico e auxiliando na absorção de água das células adjacentes. Isso promove aumento na pressão de turgor e abertura dos estômatos, causando, consequentemente, maior condutância estomática (PRAJAPATI & MODI, 2012).



C1= 70%N + 50%K₂O; C2= 100%N + 75%K₂O; C3= 130%N + 100%K₂O e C4 = 160%N + 125%K₂O. Médias seguidas por letras diferentes indicam diferença significativa entre os tratamentos pelo teste Tukey (p < 0,05 de probabilidade). Barras representam o erro-padrão da média (n = 3).

Figura 5. Condutância estomática – gs (A), transpiração – E (B), taxa de assimilação de CO₂ – A (C) e eficiência instantânea de carboxilação – EiCi (D) em plantas de aceroleira adubadas com diferentes combinações (C) de doses de nitrogênio e potássio, aos 230 dias após o transplântio – DAT.

O menor valor de gs nas plantas adubadas com a maior combinação C4, pode estar relacionado, principalmente, à dosagem elevada de nitrogênio, que pode ter estimulado a extrusão de malato das células guarda, causando o efluxo de K⁺ e, como consequência, o fechamento dos estômatos (SHIMAZAKI et al., 2007), inferindo-se que a gs tenha afetado a dinâmica da transpiração e a taxa de assimilação de CO₂, haja vista que a resposta destas variáveis às diferentes combinações de adubação com N e K₂O foram semelhantes à gs (Figura 5A; Figura 5B e Figura 5C). Devido às combinações C1, C2 e C3, terem contribuído para maior abertura dos estômatos pelas concentrações adequadas de K, é possível que tenha

ocorrido maior perda de água através dos estômatos na forma de vapor para a atmosfera, resultando em maior taxa de transpiração (Figura 5B), caracterizando como fator positivo, devido favorecer a maior entrada de CO₂ através dos estômatos para utilização na fotossíntese, além de acelerar a absorção e transporte de água e nutrientes na planta (TAIZ et al., 2017).

Tendência semelhante foi observada para a eficiência instantânea de carboxilação, verificou-se que o maior valor foi obtido nas plantas que receberam adubação na combinação C3, seguido de C2 e C1 que não diferiram estatisticamente, sendo o menor valor da variável obtido na combinação C4 (Figura 5D). Esta variável representa a quantidade de carbono que a planta fixa para realização da fotossíntese, por unidade de carbono que não é fixado e acumulado no interior das folhas (TAIZ et al., 2017). Desta forma, afirma-se que a maior eficiência de fixação de carbono, ocorreu até a combinação C3, favorecendo maior taxa de assimilação de CO₂ (Figura 5C).

O menor valor de eficiência instantânea de carboxilação encontrado nas plantas adubadas com a combinação da dose mais elevada de N e K₂O (C4) (Figura 5D) pode estar associado ao aumento na atividade de oxigenase da enzima rubisco em detrimento da carboxilase, que ocorre devido quantidade excessiva de N fornecido pela adubação, provocando menor taxa na assimilação de carbono (MELO et al., 2009), conforme pode ser observado na Figura 5C. Desta forma, salienta-se que, além do desbalanço nutricional, efeitos negativos sobre a atividade da enzima fixadora de carbono na fotossíntese podem ser considerados mais uma das causas que afetaram o crescimento das plantas, quando adubadas com a maior combinação das doses de N e K₂O (C4).

4 CONCLUSÕES

Considerando os índices pluviométricos, a irrigação da aceroleira com salinidade da água de até 4,3 dS m⁻¹ não comprometeu o crescimento das plantas até 170 dias após o transplantio. Foi manifestado efeito negativo aos 230 dias após o transplantio sobre o diâmetro de caule abaixo, no ponto, e acima da enxertia e de ramos primários das plantas irrigadas com CEa acima de 2,4 dS m⁻¹.

A combinação de adubação com 70% N + 50% K₂O da recomendação favoreceu a atividade das trocas gasosas e promoveu maior crescimento das plantas a partir dos 170 dias após o transplântio, independentemente da salinidade da água de irrigação.

As combinações de adubação nitrogenada e potássica testadas não mitigaram os efeitos do estresse salino sobre as variáveis de crescimento afetadas pela salinidade da água de irrigação aos 230 dias após o transplântio.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVARENGA, C. F. S.; SILVA, E.M.; NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R.; LIMA, G.S.; SILVA, L. A. Morfofisiologia de aceroleira irrigada com águas salinas sob combinações de doses de nitrogênio e potássio. **Revista de Ciências Agrárias**, v.42, n.1, p.194-205, 2019.
- ARGHAVANI, M.; ZAEIMZADEH, A.; SAVADKOOHI, S.; SAMIEI, L. Salinity tolerance of Kentucky bluegrass as affected by nitrogen fertilization. **Journal of Agricultural Science and Technology**, v. 19, n. 1, p.173–183, 2017.
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D.W. **Qualidade da água na agricultura**. Campina Grande: Universidade Federal da Paraíba, 1999. 153p.
- BORGES, A. L.; SILVA, D. J. Fertilizantes para fertirrigação. In: SOUSA, V. F. et al. (Eds.). **Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2011. p. 253-264.
- BYRT, C.S.; MUNNS, R.; BURTONC, R.A.; GILLIHAMA, M.; WEGEA, S. Root cell wall solutions for crop plants in saline soils. **Plant Science**, v. 269, p. 47-55, 2018.
- CALGARO, M.; BRAGA, M.B. **A cultura da acerola**. 3.ed. Brasília: Embrapa, 2012. 144 p. (Coleção Plantar, 69).
- CAVALCANTI, F.J.A. **Recomendações de adubação para o estado de Pernambuco: 2. aproximação**. 3.ed. Recife: IPA, 2008. 212 p.
- DONAGEMA, G. K.; CAMPOS D. V. B.; CALDERANO, S. B.; TEIXEIRA, W. G; VIANA, J. H. M. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230 p.
- FERREIRA, D.F. Sisvar: um sistema computacional de análise estatística. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

- GUPTA, B.; HUANG, B. Mechanism of salinity tolerance in plants: Physiological, biochemical, and molecular characterization. **International Journal of Genomics**, v. 2014, Article 701596, 2014.
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - INMET. **Estações e dados**. <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesAutomaticas>. 03 Mar. 2018.
- LI, H.; YAN, S.; ZHAO, L.; TAN, J.; ZHANG, Q.; GAO, F.; WANG, P.; HOU, H.; LI, L. Histone acetylation associated up-regulation of the cell wall related genes is involved in salt stress induced maize root swelling. **BMC Plant Biology**, v. 14, Article 105, 2014.
- MACHADO, R.M.A.; SERRALHEIRO, R.P. Soil salinity: Effect on vegetable crop growth. Management practices to prevent and mitigate soil salinization. **Horticulturae**, v.3, n.2, Article 30, 2017.
- 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: Universidade Federal da Paraíba, 1992. 173p. Dissertação Mestrado.
- MELO, A.S.; SILVA JÚNIOR, C.D.; FERNANDES, P.D.; SOBRAL, L.F.; BRITO, M.E.B.; DANTAS, J.D.M. Alterações das características fisiológicas da bananeira sob condições de fertirrigação. **Ciência Rural**, v. 39, n. 3, p.733-741, 2009.
- MORAIS, E.R.C.; MAIA, C.E.; OLIVEIRA, M. Qualidade da água para irrigação em amostras analíticas do banco de dados do Departamento de Solos e Geologia da Escola Superior de Agricultura de Mossoró, Mossoró-RN. **Caatinga**, v. 11, n. 1/2, p. 75-83, 1998.
- PRAJAPATI, K.; MODI, H.A. The importance of potassium in plant growth – a review. **Indian Journal of Plant Sciences**, v. 1, n.2/3, p.177-186, 2012.
- RHOADES, J. P.; KANDIAH, A.; MASHALI, A. M. **The use saline waters for crop production** (Org). Roma: FAO, 1992. 133p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 48).
- ROY, S.; NEGRÃO, S.; TESTER, M. Salt resistant crop plants. **Current Opinion in Biotechnology**, v.26, p.115–124. 2014.
- SÁ, F. V. S.; GHEYI, H. R.; LIMA, G. S.; PAIVA, E. P.; SILVA, L. A.; MOREIRA, R. C. L.; FERNANDES, P. D.; DIAS, A. S. Ecophysiology of West Indian cherry irrigated with saline water under phosphorus and nitrogen doses. **Bioscience Journal**, v. 35, n. 1, p. 211-221, 2019.

- SHIMAZAKI, K.I; DOI, M.; ASSMANN, S.M.; KINOSHITA, T. Light regulation of stomatal movement. **Annual Review of Plant Biology**, v.58, p.219-247, 2007.
- SILVA, E. M.; GHEYI, H. R.; NOBRE, R. G.; BARBOSA, J. L.; SOUZA, C. M. A. Morphology and production of West Indian cherry irrigated with saline waters under combinations of nitrogen-potassium fertilization. **Revista Caatinga**, v. 32, n. 4, p. 1027–1037, 2019.
- SILVA, E.M.; LIMA, G.S.; GHEYI, H.R.; NOBRE, R.G.; SÁ, F.V.S.; SOUZA, L.P. Growth and gas exchanges in soursop under irrigation with saline water and nitrogen sources. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 22, n. 11, p. 776-781, 2018.
- SILVA, M. L. S.; TREVIZAM, A. R. Interações iônicas e seus efeitos na nutrição das plantas. In: Mellis, E. E.; Quaggio, J. A (Eds.). **Uso de micronutrientes em cana-de-açúcar**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2015. p.10-16. (Informações agronômicas, 149).
- 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 (Eds.). **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. 2.ed. Fortaleza: INCTSal, 2016. p.181-197.
- SOUZA, F.F.; DEON, M.D.; CUNHA, J. M.; CALGARO, C.M. **Contribuições das pesquisas realizadas na Embrapa Semiárido para a cultura da aceroleira**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2017. 26 p. (Embrapa Semiárido. Documentos, 282).
- TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858p.
- WANG, M.; ZHENG, Q.; SHEN, Q.; GUO, S. The critical role of potassium in plant stress response. **International Journal Molecular Sciences**, v. 14, n. 4, p. 7370-7390, 2013.
- ZAKI, S.S. Effect of compost and nitrogen fertilization on yield and nutrients uptake of rice crop under saline soil. **Modern Chemistry and Applications**, v.4, n.2, Article 183, 2016.

CAPÍTULO IV

MORFOLOGIA E PRODUÇÃO DE ACEROLEIRA IRRIGADA COM ÁGUAS SALINAS SOB COMBINAÇÕES DE ADUBAÇÃO NITROGENADA/POTÁSSICA² (1º ANO DE CULTIVO)

² Trabalho publicado na Revista Caatinga, v. 32, n. 4, p. 1027-1037, 2019.

MORFOLOGIA E PRODUÇÃO DE ACEROLEIRA IRRIGADA COM ÁGUAS SALINAS SOB COMBINAÇÕES DE ADUBAÇÃO NITROGENADA-POTÁSSICA

RESUMO - O manejo da adubação tem sido uma das alternativas estudadas no propósito de diminuir o desequilíbrio nutricional nas plantas submetidas ao estresse salino. Neste sentido, objetivou-se com a pesquisa, analisar o efeito da combinação de adubação nitrogenada e potássica sobre a morfologia e produção da aceroleira irrigada com águas salinas, no primeiro ano de cultivo. O experimento foi conduzido no Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar da Universidade Federal de Campina Grande, sob lisímetros de 60 L instalados em campo, em delineamento de blocos ao acaso e esquema fatorial 5 x 4, referentes a cinco níveis de salinidade da água de irrigação: 0,3; 1,3; 2,3; 3,3 e 4,3 dS m⁻¹ e quatro combinações de adubação nitrogenada-potássica: 70% N + 50% K₂O; 100% N + 75% K₂O; 130% N + 100% K₂O e 160% N + 125% K₂O da dose recomendada para aceroleira, com três repetições e uma planta por parcela constituída de um lisímetro. Estudou-se a cv. Flor Branca enxertada sobre porta-enxerto da cv. Junco. A combinação de adubação com 70% N + 50% K₂O promoveu maiores valores das variáveis morfológicas e de produção e, mitigou o efeito da salinidade sobre diâmetro de fruto até a CEa de 1,3 dS m⁻¹. A adubação nitrogenada-potássica a partir da combinação de 130% N + 100% K₂O prejudicaram a morfologia e a produção das plantas. A CEa acima de 0,3 dS m⁻¹ diminuiu o diâmetro de caule, o tamanho e peso médio de frutos da aceroleira no primeiro ano de cultivo.

Palavras-chave: *Malpighia emarginata* D. C, salinidade, adubação mineral.

MORPHOLOGY AND PRODUCTION OF WEST INDIAN CHERRY IRRIGATED WITH SALINE WATERS UNDER COMBINATIONS NITROGEN/POTASSIUM FERTILIZATION

ABSTRACT - The management of fertilization has been one of the alternatives studied in order to reduce nutritional imbalance in plants submitted to saline stress. In this context, this research aimed to analyze the effect of the combination of nitrogen and potassium fertilization on the morphology and production of the West Indian cherry irrigated with saline waters, in

the first year of cultivation. The experiment was carried out in the to the Center for Agrifood Science and Technology of the Federal University of Campina Grande, in 60-L lysimeters installed in the field, in a randomized block design and 5 x 4 factorial scheme, referring to five levels of irrigation water salinity (EC_w): 0.3, 1.3, 2.3, 3.3 and 4.3 dS m⁻¹ and four combinations of nitrogen-potassium fertilization: 70% N + 50% K₂O; 100% N + 75% K₂O; 130% N + 100% K₂O and 160% N + 125% K₂O of the recommended dose for West Indian cherry, with three replicates and one plant per plot consisting of a lysimeter. The cv. 'Flor Branca' grafted on cv. Junco was studied. The combination of fertilization with 70% N + 50% K₂O promoted higher values on the morphology and production, and mitigated the effect of salinity on fruit diameter up to EC_w of 1.3 dS m⁻¹. Nitrogen-potassium fertilization in the combination of 130% N + 100% K₂O impaired plant morphology and production. The EC_w above 0.3 dS m⁻¹ decreased the stem diameter, size and average weight of fruits of West Indian cherry in the first year of cultivation.

Keywords: *Malpighia emarginata* D. C, salinity, mineral fertilizer.

1 INTRODUÇÃO

A aceroleira (*Malpighia emarginata* D. C.) é uma fruteira tropical que encontrou condições edafoclimáticas favoráveis ao cultivo nas Regiões Nordeste e Sudeste do Brasil. Atualmente, estima-se que a área cultivada no Brasil seja de 5.753 ha, onde a Região Nordeste é a maior produtora, com destaque para o Submédio do Vale do São Francisco que detém, aproximadamente, 20% da área plantada no país (SOUZA et al., 2017).

Entre os principais motivos que favorecem a implantação de pomares irrigados com aceroleira, destacam-se a crescente demanda dos produtos nos mercados interno e externo devido alto teor de vitamina C dos frutos, precocidade de produção, possibilidade de várias safras ao ano e poucos problemas de pragas e doenças (CALGARO; BRAGA, 2012).

Apesar disto, a redução do volume de água dos mananciais hídricos e a alta concentração de sais na água de irrigação, tornam-se fatores limitantes para exploração das culturas irrigadas na região semiárida do Nordeste brasileiro (HOLANDA et al., 2016), haja vista que 52,73% das fontes (açudes, barragem e poços) apresentam salinidade entre 0,75 e

3,0 dS m⁻¹, com grau de restrição severa para irrigação, devido ao alto risco de salinidade e de toxidez por sódio e cloreto (MORAIS et al., 1998).

O excesso de sais na água e no solo promove efeitos osmóticos, tóxico e desequilíbrio nutricional sobre as plantas (MUNNS; TESTER, 2008), cujo efeito verificado na aceroleira é a diminuição da eficiência fotossintética, crescimento e produção, pela irrigação com salinidade da água superior à 2,2 dS m⁻¹ (SÁ et al., 2019). Neste sentido, há necessidade de buscar estratégias que viabilizem o uso de águas salinas na irrigação, como o manejo da adubação, no propósito de compensar o desequilíbrio nutricional, causado por deficiências de Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, NO₃⁻ e H₂PO₄⁻ induzidas por excesso de Na⁺ e Cl⁻ provenientes da água de irrigação (SÁ et al., 2019; LIMA et al., 2019).

Neste sentido, a combinação de doses adequadas de nitrogênio e potássio pode contribuir para manter baixas relações dos íons Na⁺/K⁺ e Cl⁻/NO₃⁻ nos tecidos vegetais, diminuindo o desequilíbrio nutricional e o efeito osmótico causado pela salinidade, aumentando a resistência das plantas ao estresse salino (GURGEL et al., 2010; ANDRADE JUNIOR et al., 2012).

A concentração adequada de N no tecido vegetal pode contribuir para maior síntese de compostos de baixo peso molecular, como glicina betaína e prolina, que atuam como osmoprotetores de membranas e macromoléculas, podendo ser capazes de auxiliar no ajustamento osmótico das plantas à salinidade (ASHRAF et al., 2018). Por outro lado, o K pode minimizar os efeitos da salinidade, promovendo o controle da turgidez celular, regulação da condutância estomática e ativação de enzimas (ALMEIDA et al., 2017).

Lima et al. (2019) verificaram que o incremento de 25% na adubação potássica mitigou os efeitos deletérios da CEa de 0,8 e 3,8 dS m⁻¹ sobre o diâmetro caulinar, número e a massa de frutos de aceroleira BRS Jaburu. Semelhantemente, Sá et al. (2019) observaram, mitigação do estresse salino entre as CEa de 2,2 e 3,8 dS m⁻¹ sobre a atividade fotossintética, crescimento e produção desta cultura com aumentos de 40% de N e P em relação à dose recomendada, no primeiro ano de cultivo.

Em relação à combinação de nitrogênio e potássio, são incipientes trabalhos analisando o efeito em plantas de aceroleira irrigada com águas salinas. Neste sentido, objetivou-se com a pesquisa, analisar o efeito da combinação de adubação nitrogenada e potássica sobre a morfologia e produção da aceroleira irrigada com águas salinas, no primeiro ano de cultivo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em condições de campo, com as plantas cultivadas em vasos de 60 L adaptados como lisímetros, na área experimental pertencente ao Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar (CCTA) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Pombal, Paraíba. A área do experimento está georreferenciada pelas coordenadas geográficas de 6°48'16" latitude Sul, 37°49'15" longitude Oeste e altitude de 144 m. Os dados meteorológicos, obtidos no INMET (2018), estão apresentados na Figura 1.

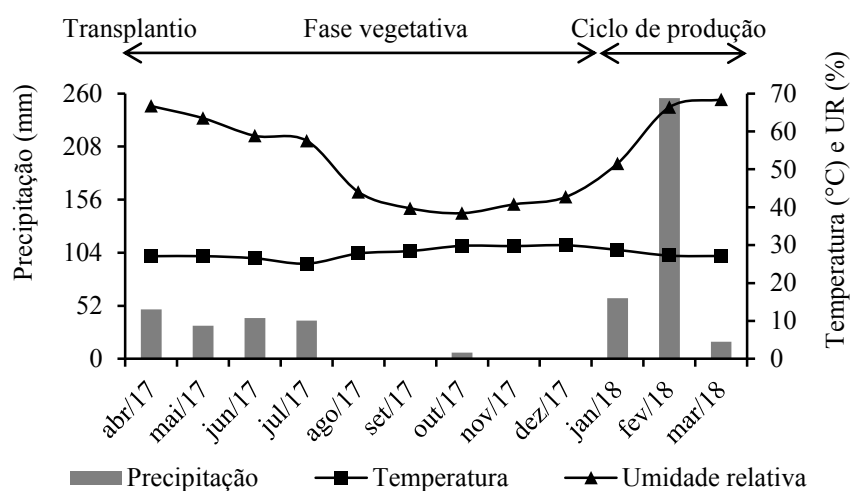


Figura 1. Dados médios de precipitação, temperatura e umidade relativa – UR, durante a condução do experimento.

Os tratamentos foram dispostos em esquema fatorial 5×4 , referentes a cinco condutividades elétrica da água de irrigação (CEa) de 0,3; 1,3; 2,3; 3,3 e 4,3 dS m^{-1} e quatro combinações (C) de doses de nitrogênio (N) e potássio (K_2O): C1 = 70% N + 50% K_2O ; C2 = 100% N + 75% K_2O ; C3 = 130% N + 100% K_2O e C4 = 160% N + 125% K_2O da dose recomendada para aceroleira (CAVALCANTI, 2008), em blocos ao acaso, com três repetições e uma planta por parcela cultivada em lisímetro com capacidade de 60 L.

Os níveis salinos foram baseados no estudo de Sá et al. (2019), onde constataram que a irrigação com água de salinidade de até $2,2 \text{ dS m}^{-1}$ e aplicação de fração de lixiviação de 10%, não comprometeu o crescimento, atividade fotossintética e a produção da cultura da aceroleira cv. BRS 336 Jaburu no primeiro ano, cultivada em Neossolo Regolítico de textura média.

As águas salinas dos tratamentos de 1,3 a 4,3 dS m⁻¹, foram preparadas obedecendo-se a relação entre CEa, concentração dos sais (mmol_c L⁻¹ = CE x 10) e o equivalente grama dos sais NaCl, CaCl₂.2H₂O e MgCl₂.6H₂O, adicionados na proporção equivalente de 7:2:1, respectivamente, à água do tratamento de menor salinidade (0,3 dS m⁻¹) proveniente do sistema de reservatório de água para irrigação de culturas na região do local do estudo. Esta proporção de sais estar predominante em parte das fontes de água utilizadas em irrigação no Nordeste brasileiro (MEDEIROS, 1992).

A recomendação de adubação para cultivar de aceroleira “Flor Branca” cultivada sob condições de irrigação, foi de 100 g de N e 80 g de K₂O por planta por ano (CAVALCANTI, 2008), equivalentes às doses dos tratamentos de 100% de nitrogênio e potássio. Obedecendo a recomendação, a dose de K₂O foi determinada de acordo com a disponibilidade de K no solo utilizado no experimento, após análise química e física realizada conforme metodologia de Donagema et al. (2011) no Laboratório de Irrigação e Salinidade do Centro de Tecnologia e Recursos naturais (CTRN) da UFCG (Tabela 1).

Tabela 1. Atributos físicos e químicos do Neossolo Flúvico eutrófico utilizado no experimento, antes da aplicação dos tratamentos, coletado na camada de 0-20 cm do Lote 14, Setor I, do Perímetro Irrigado das Várzeas de Sousa-PB.

Classificação textural	Granulometria				Complexo sortivo									
	Areia (%)	Silte (%)	Argila (%)	Ds (kg dm ³)	Pt (%)	M.O (%)	N	P assimilável (mg dm ⁻³)	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	H ⁺ + Al ³⁺	
FA	73,73	16,16	7,11	1,44	47,63	0,41	0,02	41,00	3,50	1,70	0,14	0,30	0,00	
Extrato de saturação														
pHes	CEes (dS m ⁻¹)	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Us (% em massa)				
7,11	1,28	1,39	3,23	0,38	5,78	9,00	Ausente	0,00	1,40	20,80				
RAS (mmol L ⁻¹) ^{0,5}		PST (%)		Salinidade/sodicidade				Classe de solo						
3,80		2,48		Não salino/não sódico				Normal						

FA – Franco arenoso; Da - Densidade do solo; Pt - Porosidade total; M.O - Matéria orgânica; pHes - pH do extrato de saturação, CEes - condutividade elétrica do extrato de saturação a 25 °C; Us - umidade de saturação do solo (% em base de massa); RAS- Razão de adsorção de sódio; PST - Percentagem de sódio trocável; P, K⁺ e Na⁺ extraídos com extrator Mehlich-1; Ca²⁺ e Mg²⁺ extraídos com extrator KCl 1,0 M L⁻¹ a pH 7,0; H⁺ + Al³⁺ extraído por 0,5 M CaOAc a pH 7,0; M.O: digestão úmida Walkley-Black.

Planejou-se o parcelamento das doses para 24 aplicações em intervalo de 15 dias para o primeiro ano de cultivo (360 dias), sendo que no período de realização do estudo (até 330 dias após o transplantio - DAT), foram feitas 22 aplicações de N e K₂O, em partes iguais a cada 15 dias, resultando na aplicação das doses de 91,67 g de N e 73,33 g de K₂O, correspondendo às doses de 100% de nitrogênio e potássio aplicadas, usando-se ureia (45%

de N) e cloreto de potássio (60% K₂O) como fontes de N e K, respectivamente. A adubação fosfatada foi feita aplicando-se 111,11 g de superfosfato simples (18% P₂O₅), numa única aplicação, misturando-se o fertilizante ao solo de cada lisímetro. A dose de fósforo aplicada por planta foi de 20 g de P₂O₅ determinada de acordo com a disponibilidade de fósforo no solo (CAVALCANTI, 2008).

Foram utilizadas mudas enxertadas de aceroleira pelo tipo fenda cheia, com porta-enxerto da cv. Junco e enxerto da cv. 'Flor Branca', provenientes de viveiro comercial credenciado no Registro Nacional de Sementes e Mudanças, localizado no Distrito de São Gonçalo, Sousa – Paraíba, cultivadas em sacolas de polietileno com dimensões 10 × 20 cm e capacidade volumétrica de 0,5 L. O transplante para lisímetro de 60 L com dimensões de 0,58 (altura), 0,42 (diâmetro superior) e 0,32 m (diâmetro inferior) foi realizado quando as mudas atingiram entre 0,30 a 0,40 m de altura, aos 120 dias após a enxertia.

Os lisímetros receberam na base um sistema de drenagem, composto por um dreno com diâmetro de 1/2" (12,7 mm) inserido na extremidade da base e acoplado a uma garrafa PET com volume 2 L para coleta da água drenada; no fundo do lisímetro foi colocada uma camada de 3,0 cm de brita nº 1 e 2,0 cm de areia lavada. Acima da areia, usou-se 56 L de solo (Neossolo Flúvico eutrófico) para preenchimento dos lisímetros que foram suspensos do solo a 20 cm sob tijolos cerâmicos e, espaçados a 1,8 x 2,0 m, entre plantas e linhas de plantio, respectivamente, ocupando uma área de 216 m².

Após o transplante das mudas no solo com o teor umidade de capacidade de campo, foi colocada uma camada de 4,0 cm de cobertura morta, composta de restos de gramíneas, de modo a minimizar as perdas de águas por evaporação e, tutoradas com hastes de madeira de 80 cm de comprimento para evitar o tombamento das plantas durante o crescimento inicial no campo.

A aplicação das combinações de adubação dos tratamentos teve início aos 20 DAT, realizadas simultaneamente em cobertura pelo método convencional, em círculo, a um raio de 20 cm em relação à base da planta. Inicialmente, até aos 40 DAT, as plantas foram irrigadas com água de condutividade elétrica de 0,3 dS m⁻¹, com propósito de promover boa aclimatação às condições de campo. A aplicação das águas salinas dos tratamentos teve início aos 41 DAT, período em que a irrigação foi feita diariamente de forma manual, com a água do respectivo tratamento e baseado no princípio da lisimetria de drenagem, onde o volume a ser aplicado em cada irrigação foi determinado pela diferença entre volume aplicado e volume drenado na irrigação anterior, onde o valor desta diferença equivalente ao volume de água necessária para o solo atingir capacidade máxima de retenção de água. Foi adotada fração de

lixiviação de 15% a cada 15 dias, quando não ocorriam precipitações neste intervalo de dias para promover essa lixiviação, aplicada com a água dos respectivos tratamentos, sendo o volume de lixiviação determinado com base no volume de água aplicada neste período, tendo como propósito diminuir o acúmulo excessivo de sais na zona radicular das plantas.

As plantas foram conduzidas em haste única a partir do transplântio e sua gema apical foi podada aos 0,50 m de altura aos 70 DAT, sendo, com isto estimulada as brotações das gemas laterais. Dos ramos laterais que surgiram, foram deixados três ramos em diferentes alturas, distribuídos radialmente nos 0,20 m terminais da haste principal, denominados de ramos primários. Durante o processo foram eliminados brotações e ramos mal localizados, especialmente os que se direcionavam para o solo.

A floração iniciou-se aos cinco meses do transplântio (150 DAT), entretanto, devido as plantas ainda apresentarem pequeno porte e desuniformidade de floração nas diferentes parcelas experimentais, foi feita eliminação manual das flores até aos 230 DAT. A partir desta época, foi considerado o início da floração para avaliação do ciclo de produção da cultura.

Os parâmetros morfológicos da cultura foram avaliados aos 300 DAT, sendo o diâmetro do caule abaixo da enxertia (DCab) e acima da enxertia (DCac), diâmetro da copa das plantas (DCopa), volume da copa (VCopa) e índice de vigor vegetativo (IVV). O DCab foi medido a 2,0 cm a partir da superfície do solo e o DCac a 4,0 cm acima do ponto da enxertia. O DCopa foi obtido através da média do diâmetro da copa observado na direção da linha (DL) e da entrelinha (DE) de plantio. O volume da copa (VCopa) foi calculado a partir da altura da planta (H), DL e DE, utilizando-se da Eq. 1 e, o IVV de acordo com a Eq.2, conforme Portella et al. (2016).

$$VCopa = \left(\frac{\pi}{6}\right) \times H \times DL \times DE \quad \text{Eq. 1}$$

$$IVV = \frac{[H + DCopa + (DCab \times 10)]}{100} \quad \text{Eq. 2}$$

As variáveis de produção foram obtidas de frutos provenientes de vinte e três colheitas realizadas no primeiro ano de cultivo a cada três dias, no período entre 260 (8 de janeiro de 2018) e 330 DAT (20 de março de 2018). Foram colhidos frutos que apresentavam película de coloração vermelha, cuja característica é padrão de maturação de frutos da cultivar 'Flor Branca' (CALGARO & BRAGA, 2012). Avaliaram-se diâmetro de frutos (DF), comprimento

de frutos (CF), número de frutos por planta (NF), peso médio de frutos (PMF) e produção por planta (PROD).

As medições do DF e CF foram feitas em amostra representativa de 20 frutos colhidos por planta, selecionados aleatoriamente do total obtido em cada colheita. O DF foi medido na região mediana no sentido da largura e o CF no sentido da base ao ápice do fruto, utilizando um parquímetro digital. O NF foi determinado através da contagem de todos os frutos das colheitas. A produção por planta foi obtida pelo somatório do peso de todos os frutos produzidos por planta, que foram pesados em balança de precisão de 0,01 g e, o PMF dividindo-se o peso total dos frutos produzidos por planta pelo NF colhidos por planta.

As médias das variáveis foram submetidas à análise de variância pelo teste F a 0,05 de probabilidade, sendo os dados dos níveis de salinidade analisados por estudos de regressão, e as médias das combinações das doses de nitrogênio e potássio comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Para processamento de análise dos dados utilizou-se o software estatístico SISVAR versão 5.6 (FERREIRA, 2014).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A interação salinidade da água de irrigação × combinação de adubação nitrogenada e potássica não foi significativa ($p > 0,05$) sobre as variáveis morfológicas analisadas (Tabela 2). Todavia, a salinidade da água de irrigação exerceu efeito significativo sobre o DCab e DCac e, enquanto que a combinação NK influenciou significativamente as variáveis DCab, DCac, DCopa, VCopa e IVV. Efeito semelhante foi observado por Alvarenga et al. (2019), em que não verificaram interação significativa entre as salinidades da água × combinações de adubação NK, porém efeito significativo isolado das salinidades da água e das combinações NK sobre o diâmetros caulinares de aceroleira aos 200 dias após o transplantio.

O efeito não significativo da salinidade da água de irrigação sobre o DCopa, VCopa e o IVV pode estar relacionado à mecanismos de aclimatação da cultura ao estresse salino que podem ter ocorrido durante o crescimento das plantas ao longo do primeiro ano de cultivo; como a diminuição do transporte excessivo de sais para os meristemas apicais da parte aérea em crescimento e exclusão foliar (WILLADINO; CAMARA, 2010; ROY et al., 2014), minimizando o efeito do estresse salino sobre a morfologia da copa aos 300 DAT. Alvarenga et al. (2019) observaram a predominância destes mecanismos em plantas de aceroleira,

resultando em efeito não significativo da salinidade da água de irrigação sobre o comprimento e número de ramo aos 200 dias após o transplantio.

Tabela 2. Resumo do teste F para diâmetro do caule abaixo da enxertia (DCab), acima da enxertia (DCac), diâmetro de copa das plantas (DCopa), volume de copa (VCopa) e índice de vigor vegetativo (IVV) de aceroleira irrigada com águas salinas, sob combinações de adubação nitrogenada e potássica, aos 300 dias após o transplantio.

Fonte de variação	Significância do teste F					
	GL	DCab	DCac	DCopa	VCopa	IVV
Salinidades (S)	4	**	**	ns	ns	Ns
Combinações NK (C)	3	**	**	*	**	**
Interação S*C	12	ns	ns	ns	ns	Ns
Bloco	2	ns	ns	ns	ns	ns
Erro	38	3,946	1,895	0,0101	0,0125	0,0127
CV (%)	-	10,92	9,23	7,53	16,30	5,08

ns, * e **, respectivamente não significativos, significativo a $p < 0,05$ e $p < 0,01$; GL= grau de liberdade; CV= coeficiente de variação.

O aumento na CEa afetou negativamente o diâmetro caulinar abaixo e acima da enxertia, causando diminuições de 5,27 e 4,92%, respectivamente, por incremento unitário na salinidade da água (Figuras 2A e 2B).

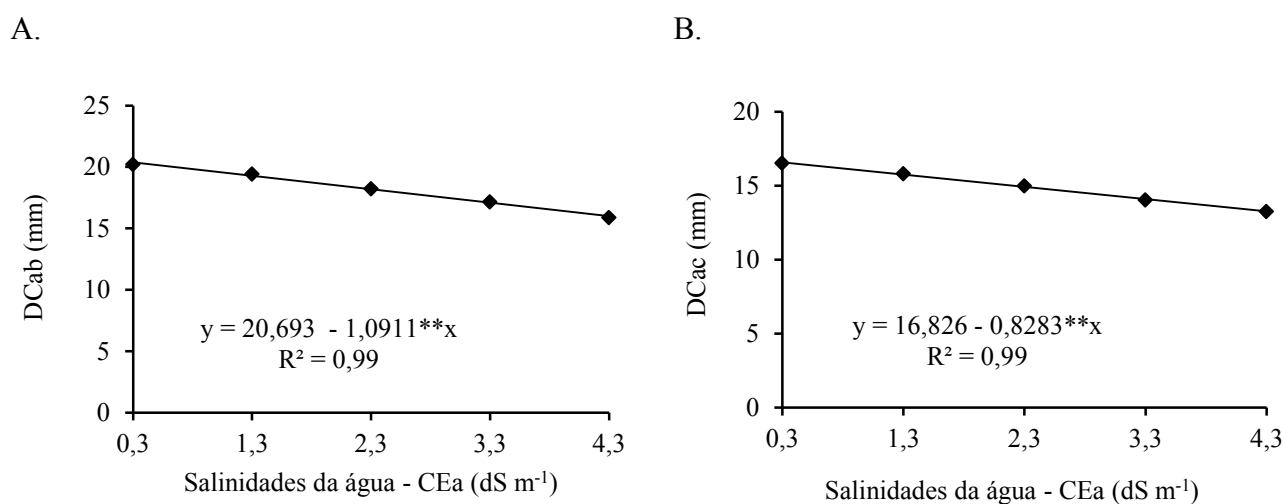


Figura 2. Diâmetro de caule abaixo da enxertia - DCab (A) e acima da enxertia – DCac (B) em plantas de aceroleira em função da salinidade da água de irrigação – CEa, aos 300 dias após o transplantio.

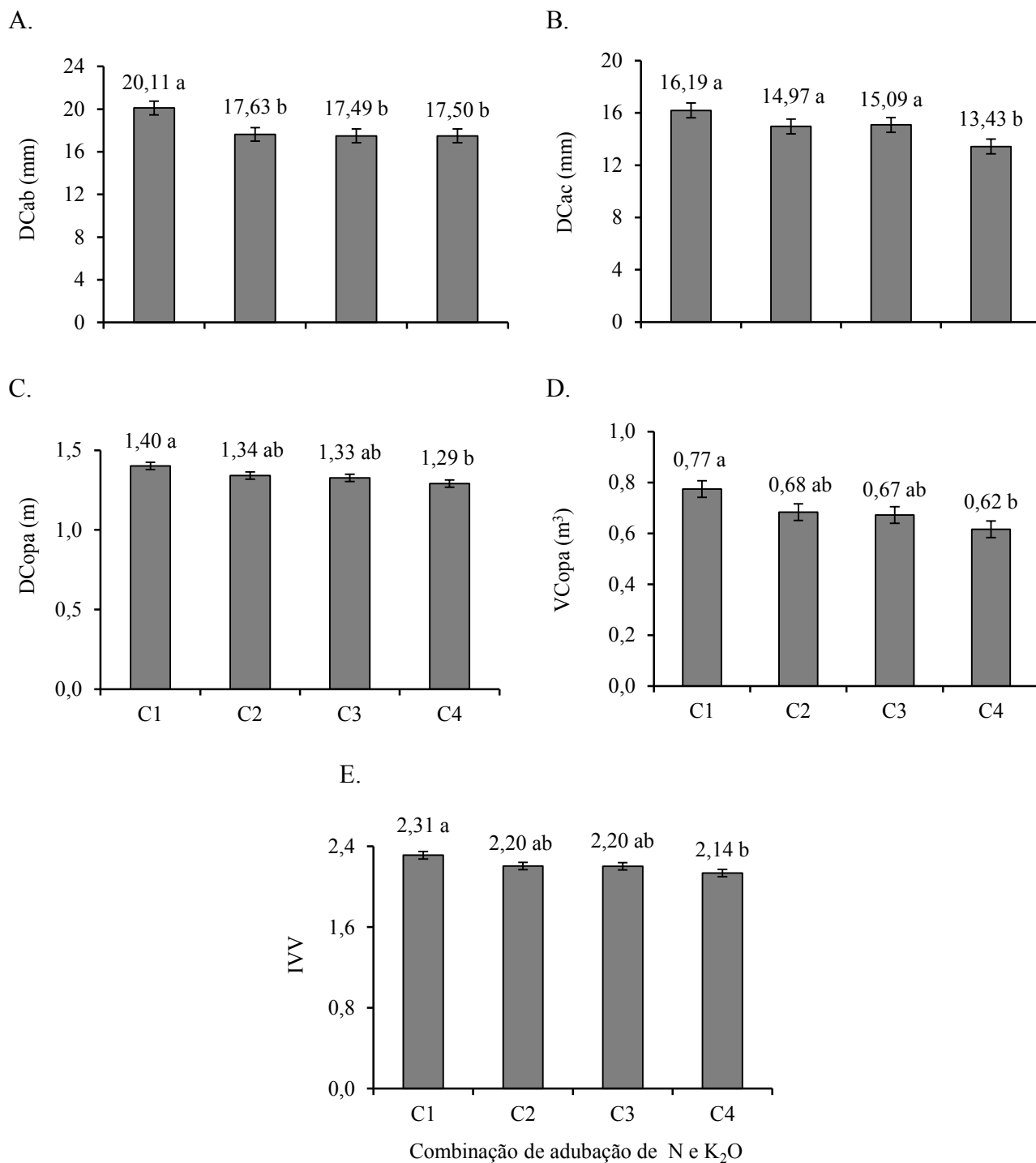
Esta redução dos diâmetros caulinares pode ser resultado dos efeitos osmóticos e tóxicos dos íons Na^+ e Cl^- acumulados no tecido do caule durante o crescimento das plantas (MUNNS; TESTER, 2008; ALVARENGA et al., 2019; LIMA et al., 2019). O excesso destes íons pode diminuir o estado de energia livre de água no solo, dificultando a absorção de água pela planta, bem como promover alterações de genes responsáveis pela transcrição e síntese de lignina, suberina e polissacarídeos da parede celular, afetando negativamente a extensibilidade e conseqüentemente, a taxa de alongamento e divisão celular dos tecidos afetados (LI et al., 2014; BYRT et al., 2018).

A adubação com a combinação C1 (70%N + 50%K₂O) favoreceu o crescimento do DCab (Figura 3A), enquanto o DCac obteve maior valor quando as plantas foram adubadas até a combinação C3, não havendo diferença significativa (Figura 3B). Em relação ao DCopa, VCopa e o IVV (Figuras 3C, 3D e 3E) a combinação C1, foi a que promoveu maiores valores das variáveis, seguidas das plantas que receberam as C2 (100%N + 75%K₂O) e C3 (125%N + 100%K₂O) onde as médias não diferiram estatisticamente, enquanto as plantas adubadas com a combinação C4 (160%N + 125%K₂O) foram as mais afetadas negativamente, obtendo os menores valores de DCab, DCopa, VCopa e IVV.

As doses de N e K da combinação C1 foram suficientes para proporcionar maior balanço nutricional nas plantas; haja vista que estes nutrientes em concentrações adequadas são fundamentais para as atividades fisiológicas, bioquímicas, com respostas positivas ao crescimento das plantas (TAIZ et al., 2017).

Nas plantas adubadas com as demais combinações, principalmente na C4 onde as doses de N e K foram maiores, pode ter ocorrido desequilíbrio nutricional (TAIZ et al., 2017). Nestas condições, as maiores doses de K^+ podem ter diminuído as concentrações de Mg^{2+} e Ca^{2+} nas plantas por diluição ou inibição competitiva entre estes íons (INTHICHACK et al., 2012). O magnésio compõe as moléculas de clorofila responsáveis pela atividade fotossintética e o cálcio atua na integridade da membrana plasmática e compõe os sítios de ligação de moléculas de pectina da parede celular, onde em baixas concentrações afeta a resistência, conformação, extensibilidade e a taxa de alongamento e divisão das células, com efeito negativo ao crescimento (PROSEUS; BOYER, 2012).

Igualmente, as adubações com as combinações contendo as maiores doses de N e K contribuíram para incremento do efeito osmótico sobre as plantas, diminuindo o crescimento e divisão celular; justificado pelo incremento da salinização do solo com aumento das doses de ureia e KCl que possuem índices salinos elevados, correspondentes 75 e 115, respectivamente (BORGES; SILVA, 2011).



C1= 70%N + 50%K₂O; C2= 100%N + 75%K₂O; C3= 130%N + 100%K₂O e C4 = 160%N + 125%K₂O. Médias seguidas por letras diferentes indicam diferença significativa entre os tratamentos pelo teste Tukey ($p < 0,05$ de probabilidade). Barras representam o erro-padrão da média ($n = 3$).

Figura 3. Diâmetro de caule abaixo da enxertia – Dcab (A), acima da enxertia – DCac (B), diâmetro de copa – DCopa (C), volume de copa – VCopa (D) e índice de vigor vegetativo – IVV (E) em plantas de aceroleira adubadas com diferentes combinações de adubação nitrogenada e potássica, aos 300 dias após o transplântio.

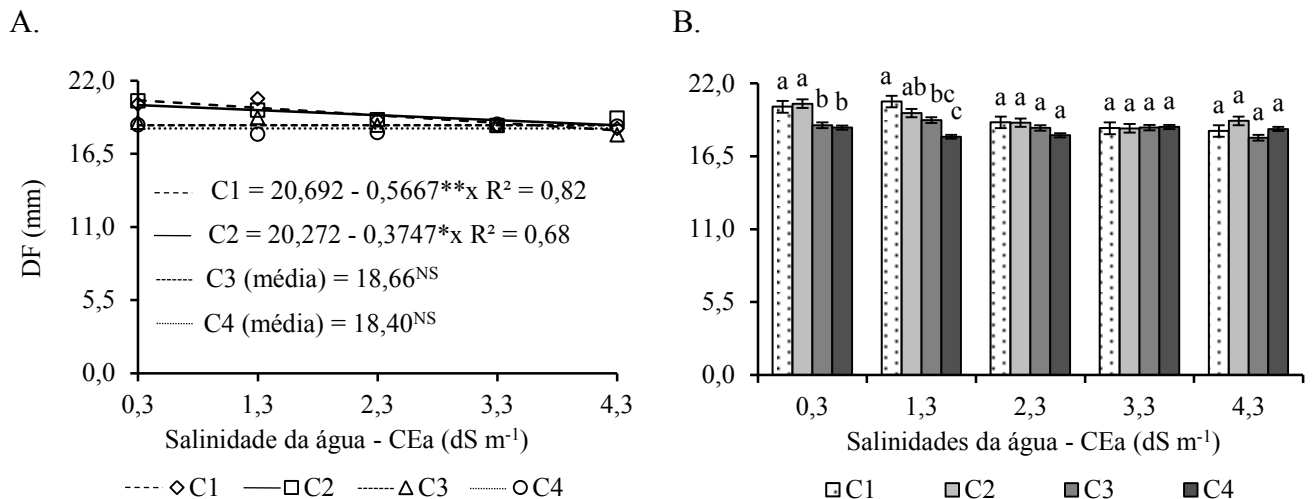
Analisando as variáveis de produção da aceroleira (Tabela 3), verifica-se que houve interação significativa ($p < 0,01$) entre as salinidades da água de irrigação e as combinações de adubação NK apenas para o diâmetro do fruto. A salinidade da água exerceu efeito significativo isolado sobre o comprimento e peso médio de fruto; Por outro lado, as combinações de adubação NK promoveram efeito significativo isolado sobre todas as variáveis de produção analisadas. De forma semelhante, a interação significativa entre salinidades da água de irrigação e doses de potássio foram observadas em aceroleira entre 180 e 515 dias após o transplântio, com mitigação dos efeitos deletérios do estresse salino pelo uso da adubação potássica sobre o número total de frutos e a massa fresca total de frutos (LIMA et al., 2019).

Tabela 3. Resumo do teste F para diâmetro de fruto (DF), comprimento de fruto (CF), peso médio de fruto (PF), número de frutos por planta (NF) e produção por planta (PROD) de aceroleira irrigada com águas salinizadas, sob combinações de adubação nitrogenada e potássica no primeiro ano de produção, de colheitas realizadas entre 260 e 330 dias após o transplântio.

Fonte de variação	Significância do teste F					
	GL	DF	CF	PMF	NF	PROD
Salinidades (S)	4	**	**	**	ns	ns
Combinações NK (C)	3	**	**	**	**	**
Interação S*C	12	**	ns	ns	ns	ns
Bloco	2	ns	ns	ns	ns	ns
Erro	38	0,341	0,255	0,164	16127,32	0,124
CV (%)	4	3,08	3,04	12,28	31,17	26,82

ns, * e **, respectivamente não significativos, significativo a $p < 0,05$ e $p < 0,01$; GL= grau de liberdade; CV= coeficiente de variação.

No efeito das salinidades da água de irrigação em cada combinação de adubação, verifica-se (Figura 4A), que houve efeito linear decrescente sobre o DF em função do aumento da salinidade nas plantas adubadas com a combinação C1 (70%N + 50%K₂O) e C2 (100%N + 75%K₂O), cuja diminuição foi de 2,74 e 1,84%, respectivamente, por aumento unitário na CEa. Nas plantas adubadas com as combinações C3 (130%N + 100%K₂O) e C4 (160%N + 125% K₂O), o diâmetro de fruto não sofreu efeito significativo quando as plantas foram irrigadas com salinidade da água de até 4,3 dS m⁻¹, obtendo médias de 18,66 e 18,40 mm, respectivamente.



C1= 70%N + 50%K₂O; C2= 100%N + 75%K₂O; C3= 130%N + 100%K₂O e C4= 160%N + 125%K₂O. Médias seguidas por letras diferentes indicam diferença significativa entre os tratamentos pelo teste Tukey (p < 0,05 de probabilidade). Barras representam o erro-padrão da média (n = 3).

Figura 4. Análise do efeito das salinidades da água de irrigação em cada combinação de adubação de NK (A) e das combinações de adubação de NK dentro de cada nível de salinidade (B) para o diâmetro de frutos - DF de aceroleira irrigada com águas salinas, no primeiro ano de produção, de colheitas realizadas entre 260 e 330 dias após o transplantio.

Os resultados evidenciam que o incremento na salinidade da água de irrigação intensificou o estresse osmótico e tóxico dos íons Na⁺ e Cl⁻ nas plantas adubadas com as combinações C1 e C2, causando diminuições na absorção de água e na atividade fotossintética das plantas, assim diminuindo o DF; enquanto que as doses maiores de N e K fornecidas através das combinações C3 e C4 pode ter comprometido o crescimento do DF nas plantas irrigadas com menores níveis salinos (0,3 e 1,3 dS m⁻¹), igualando-se ao DF das plantas irrigadas com os maiores níveis salinos (2,3, 3,3 e 4,3 dS m⁻¹).

Na interação das combinações de adubação NK em cada nível de salinidades da água, (Figura 4B) observa-se que as combinações C1 e C2 proporcionaram maior diâmetro de fruto (20,23 e 20,47 mm), quando as plantas foram irrigadas com os menores níveis de salinidade da água de irrigação (CEa de 0,3 e 1,3 dS m⁻¹), enquanto que foram diminuídos com o uso das combinações C3 e C4. Isto mostra que nos menores níveis de condutividade elétrica da água (0,3 e 1,3 dS m⁻¹), as combinações de adubação C1 e C2, podem ter promovido maior equilíbrio nutricional e diminuição do estresse salino pela irrigação com CEa de 1,3 dS m⁻¹, principalmente no uso da C1, refletindo no maior crescimento dos frutos em diâmetro; enquanto que o uso de doses maiores provenientes das combinações C3 e C4 pode ter

provocado distúrbios nutricionais e incrementado o estresse salino na zona radicular das plantas irrigadas com os níveis de condutividade elétrica da água de 0,3 e 1,3 dS m⁻¹, resultando na diminuição do diâmetro dos frutos.

Entretanto, o DF não sofreu alteração com a utilização das diferentes combinações de adubação NK quando as plantas foram irrigadas com as CEa de 2,3, 3,3 e 4,3 dS m⁻¹, obtendo médias de 18,70; 18,65 e 18,51 mm dentro dos respectivos níveis salinos, evidenciando que a aplicação de doses maiores de N e K através das combinações de adubação C3 e C4, não pode ser considerada eficiente para mitigação do estresse salino nestes níveis de salinidade.

O incremento na salinidade da água promoveu redução linear no comprimento e peso médio de fruto, causando diminuições de 1,08 e 3,95%, respectivamente, por aumento unitário da CEa (Figuras 5A e 5B).

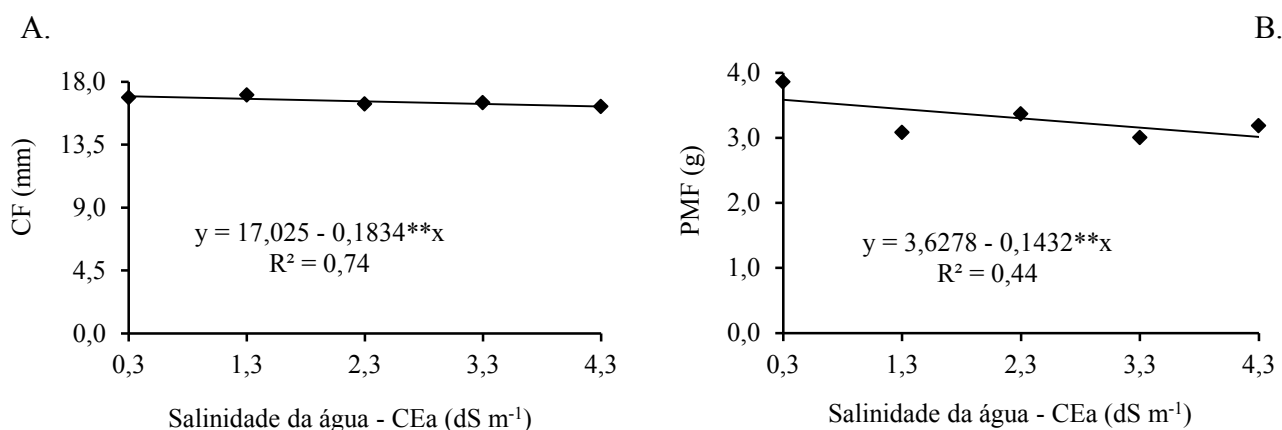


Figura 5. Comprimento - CF (A) e peso médio de frutos – PMF (B) de aceroleira em função da salinidade da água de irrigação – CEa, no primeiro ano de cultivo, de colheitas realizadas entre 260 e 330 dias após o transplântio.

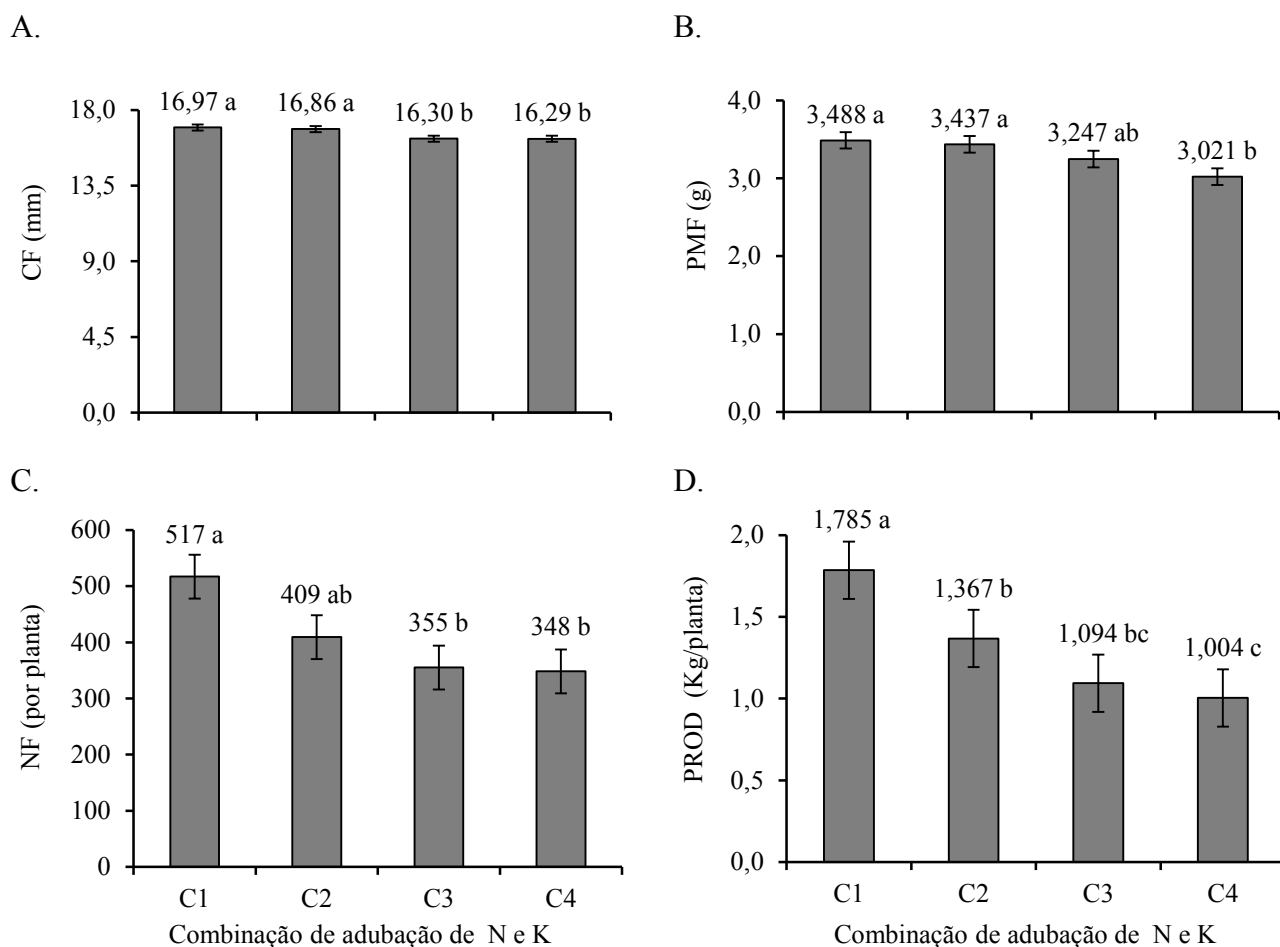
A redução do comprimento e do peso médio dos frutos de aceroleira com o aumento da CEa está relacionada ao efeito osmótico dos sais da água que afetou estes órgãos reprodutivos que crescem rapidamente em curto período de tempo, ou seja, com duração média de 25 dias desde o pegamento do fruto até atingir o ponto de colheita (CALGARO; BRAGA, 2012). Além disso, o efeito osmótico pode causar o fechamento dos estômatos, mediados por hormônios como o ácido abscísico, em resposta ao estresse salino, reduzindo a entrada de CO₂ no interior das folhas, com diminuição da taxa fotossintética (SILVA et al., 2018) e, conseqüentemente, redução da produção de fotoassimilados que seriam transferidos e acumulados nos frutos, resultando em frutos de menor peso e tamanho (SÁ et al., 2019).

Embora o peso médio de frutos tenha sido diminuído pelo aumento na salinidade da água (Figura 5B) e esta seja uma das principais variáveis que afeta a produção por planta, constata-se no presente estudo que a produção não foi comprometida pela redução do peso médio de fruto (Tabela 3), provavelmente em consequência do número de frutos que não foi reduzido pela aumento da salinidade da água de irrigação; haja vista que este é outro parâmetro que também está diretamente relacionada com a variável de produção por planta (SÁ et al., 2019).

O efeito não significativo da água de irrigação sobre o número de frutos está relacionado com a adoção de mecanismo natural de perpetuação da espécie, fazendo com que ocorra a manutenção do número de frutos com aumento da salinidade, embora que com tamanho e peso reduzido (Figuras 5A e 5B). Silva et al. (2013) observaram na cultura da berinjela sob cultivo protegido, que o aumento na salinidade do solo até a CEes de $6,0 \text{ dS m}^{-1}$ não afetou negativamente o NF por planta, embora tenha diminuído linearmente o peso de frutos.

Analisando as combinações de adubação NK, verifica-se (Figuras 6A e 6B) que as combinações C1 e C2 proporcionaram os maiores valores de CF e PMF; enquanto que o NF (Figura 6C) e a PROD (Figura 6D) atingiram maiores valores nas plantas adubadas com a combinação C1, sendo que as demais combinações causaram efeitos negativos sobre estas variáveis. Estes resultados mostram que o PMF foi uma das variáveis que afetou a PROD, entretanto observa-se (Figuras 6C e 6D) que a produção por planta seguiu tendência semelhante ao número de frutos em função das combinações de adubação, conforme também observado para o fator salinidade que não afetou essas variáveis (Tabela 3).

As combinações contendo as menores doses de nitrogênio e potássio, principalmente a combinação C1, proporcionaram maior equilíbrio nutricional, resultando em melhores condições para o desenvolvimento das atividades fisiológicas e bioquímicas das plantas (TAIZ et al., 2017), refletindo positivamente sobre o comprimento, peso médio de frutos, número de frutos, e conseqüentemente, a produção por planta. O nitrogênio em doses adequadas é fundamental para boa atividade das enzimas envolvidas nas vias metabólicas, bem como para a síntese de aminoácidos, amidas, proteínas, coenzimas precursores de hormônios vegetais e clorofilas (TAIZ et al., 2017), enquanto que o K está envolvido na regulação osmótica e na ativação de várias enzimas envolvidas na respiração e na fotossíntese, fatores que estão diretamente relacionados com o crescimento e produção das culturas (MARSCHNER, 2011).



C1= 70%N + 50%K₂O; C2= 100%N + 75%K₂O; C3= 130%N + 100%K₂O e C4 = 160%N + 125%K₂O; Médias seguidas por letras diferentes indicam diferença significativa entre os tratamentos pelo teste Tukey (p < 0,05 de probabilidade). Barras representam o erro-padrão da média (n = 3).

Figura 6. Comprimento de fruto – CF (A), peso médio de fruto – PMF (B), número de frutos por planta – NF (C) e produção por planta (PROD) de aceroleira adubadas com diferentes combinações de doses de nitrogênio e potássio, no primeiro ano de cultivo, de colheitas realizadas entre 260 e 330 dias após o transplantio.

Entretanto, doses elevadas destes nutrientes aplicadas via adubação podem ter provocado o desbalanço nutricional, diminuindo o crescimento e a produção da aceroleira (Figuras 3 e 6); haja vista que a utilização de altas doses de ureia utilizada como fonte de N, pode diminuir o pH do solo pela atividade da uréase que libera H⁺, afetando assim a disponibilidade de nutrientes como o P, S e B (MARSCHNER, 2011), bem como, reduzir o teor de K nos tecidos vegetais, em decorrência do efeito competitivo entre NH₄⁺ e K⁺ (BATISTA; MONTEIRO, 2010). Outrossim, altas concentrações de K⁺, tendem à reduzir a

absorção de Ca^{2+} e Mg^{2+} pelas plantas, intensificando o desequilíbrio nutricional (INTHICHACK et al., 2012).

4 CONCLUSÕES

A combinação de adubação nitrogenada e potássica de 70% N + 50% K_2O da dose recomendada promoveu maior crescimento das variáveis morfológicas e de produção das plantas de aceroleira e, mitigou o efeito da salinidade sobre o diâmetro de fruto nas plantas irrigadas até a CEa de $1,3 \text{ dS m}^{-1}$, no primeiro ano de cultivo.

A adubação nitrogenada e potássica a partir da combinação de 130% N + 100% K_2O intensificaram o desbalanço nutricional e o estresse salino nas plantas de aceroleira, prejudicando as variáveis morfológicas e de produção.

A condutividade elétrica da água de irrigação acima de $0,3 \text{ dS m}^{-1}$ diminuiu o diâmetro de caule, o tamanho e peso médio de frutos, porém, não comprometeu a morfologia da copa, número de frutos e a produção por planta pela irrigação até o nível de CEa de $4,3 \text{ dS m}^{-1}$, com aplicação de 15% de fração de lixiviação.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, D. M.; OLIVEIRA, M. M.; SAIBO, N. J. M. Regulation of Na^+ and K^+ homeostasis in plants: Towards improved salt stress tolerance in crop plants. **Genetics and Molecular Biology**, v.40, n.1. supl.1. 326–345, 2017.
- ALVARENGA, C. F. S.; SILVA, E.M.; NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R.; LIMA, G.S.; SILVA, L. A. Morfofisiologia de aceroleira irrigada com águas salinas sob combinações de doses de nitrogênio e potássio. **Revista de Ciências Agrárias**, v.42, n.1, p.194-205, 2019.
- ANDRADE JÚNIOR, W. P.; PEREIRA, F. H. F.; FERNANDES, O. B.; QUEIROGA, R. C. F.; QUEIROGA, F. M. Efeito do nitrato de potássio na redução do estresse salino no meloeiro. **Revista Caatinga**, v.24, n.3, p. 110-119, 2011.

- ASHRAF, M.; SHAHZAD, S. M.; IMTIAZ, M.; RIZWAN, M. S.; ARIF, M. S.; KAUSAR, R. Nitrogen nutrition and adaptation of glycophytes to saline environment: a review. **Archives of Agronomy and Soil Science**, v.64, n.9, p.1181-1206, 2018.
- BATISTA, K.; MONTEIRO, F. A. Variações nos teores de potássio, cálcio e magnésio em capim-marandu adubado com doses de nitrogênio e de enxofre. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, n.: p.151-161, 2010.
- BORGES, A. L.; SILVA, D. J. Fertilizantes para fertirrigação. In: SOUSA, V. F. et al. (Eds.). **Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2011. p. 253-264.
- BYRT, C.S.; MUNNS, R.; BURTONC, R.A.; GILLIHAMA, M.; WEGEA, S. Root cell wall solutions for crop plants in saline soils. **Plant Science**, v. 269, p. 47-55, 2018.
- CALGARO, M.; BRAGA, M. B. **A cultura da acerola**. 3. ed. Brasília, DF : Embrapa, 2012. 144 p. (Coleção Plantar; 69).
- CAVALCANTI, F. J. **Recomendações de adubação para o Estado de Pernambuco: 2. aproximação**. 3.ed. Recife: IPA, 2008. 212 p.
- DONAGEMA, G. K.; CAMPOS D. V. B.; CALDERANO, S. B.; TEIXEIRA, W. G; VIANA, J. H. M. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: um sistema computacional de análise estatística. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.
- GURGEL, M. T.; GHEYI, H. R.; OLIVEIRA, F. H. T. Acúmulo de matéria seca e nutrientes em meloeiro produzido sob estresse salino e doses de potássio. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 41, n. 1, p. 18-28, 2010.
- 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 (Eds.). **Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados**. 2.ed. Fortaleza: INCTSal, 2016. p.35-50.
- INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. **Estações e dados**. Disponível em:<<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesAutomaticas>>. Acesso em: 03 Abr. 2018.
- INTHICHACK, P.; NISHIMURA, Y.; FUKUMOTO Y. Effect of potassium sources and rates on plant growth, mineral absorption and the incidence of tip burn in cabbage, celery, and lettuce. **Horticulture, Environment and Biotechnology**, v.53, n.2, p.135-142, 2012.

- LI, H.; YAN, S.; ZHAO, L.; TAN, J.; ZHANG, Q.; GAO, F.; WANG, P.; HOU, H.; LI, L. Histone acetylation associated up-regulation of the cell wall related genes is involved in salt stress induced maize root swelling. **BMC Plant Biology**, v. 14, art.105, 14 p., 2014.
- LIMA, G. S.; PINHEIRO, F. W. A.; DIAS, A. S.; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A. A.; SILVA, S. S. Growth and production components of West Indian cherry cultivated with saline waters and potassium fertilization. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.23, n.4, p.250-256, 2019.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 3.ed. New York: Academic Press, 2011. 672p.
- 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: Universidade Federal da Paraíba, 1992. 173p. Dissertação Mestrado.
- MORAIS, E. R. C.; MAIA, C. E.; OLIVEIRA, M. Qualidade da água para irrigação em amostras analíticas do banco de dados do departamento de solos e geologia da Escola Superior de Agricultura de Mossoró, Mossoró-RN. **Revista Caatinga**, v. 11, n. 1/2, p. 75-83, 1998.
- MUNNS, R.; TESTER, M. Mechanisms of salinity tolerance. **Annual Reviews of Plant Biology**, v.59, p.651-681, 2008.
- PORTELLA, C. R.; MARINHO, C. S.; AMARAL, B. D.; CARVALHO, W. S. G.; CAMPOS, G. S.; SILVA, M. P. S.; SOUSA, M. C. Desempenho de cultivares de citros enxertadas sobre o trifoliateiro 'Flying Dragon' e limoeiro 'Cravo' em fase de formação do pomar. **Bragantia**, v. 75, n. 1, p.70-75, 2016.
- PROSEUS, T. E.; BOYER, J. S. Pectate chemistry links cell expansion to wall deposition in *Chara corallina*. **Plant Signaling & Behavior**, v.7, n.11, p.1490–1492, 2012.
- ROY, S.; NEGRÃO, S.; TESTER, M. Salt resistant crop plants. **Current Opinion in Biotechnology**, v.26, p.115–124, 2014.
- SÁ, F. V. S.; GHEYI, H. R.; LIMA, G. S.; PAIVA, E. P.; SILVA, L. A.; MOREIRA, R. C. L.; FERNANDES, P. D.; DIAS, A. S. Ecophysiology of West Indian cherry irrigated with saline water under phosphorus and nitrogen doses. **Bioscience Journal**, v.35, n.1, p. 211-221. 2019.
- SILVA, E. M.; LIMA, G. S.; GHEYI, H. R.; NOBRE, R. G.; SÁ, F. V. S.; SOUZA, L. P. Growth and gas exchanges in soursop under irrigation with saline water and nitrogen

- sources. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.22, n.11, p.776-781, 2018.
- SILVA, E. M.; LIMA, C. J. G. S.; DUARTE, S. N.; BARBOSA, F. S.; MASCHIO, R. Níveis de salinidade e manejo da fertirrigação sobre características da berinjela cultivada em ambiente protegido. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, n. 1, p. 150-158, 2013.
- SILVA JUNIOR, L. G. A.; GHEYI, H. R.; MEDEIROS, J. F. Composição química de águas do cristalino do Nordeste Brasileiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.3, n.1, p.11-17, 1999.
- SOUZA, F.F.; DEON, M.D.; CUNHA, J. M.; CALGARO, C.M. **Contribuições das pesquisas realizadas na Embrapa Semiárido para a cultura da aceroleira**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2017. 26 p. (Documentos, 282).
- TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858p.
- WILLADINO, L.; CAMARA, T. R. Tolerância das plantas à salinidade: Aspectos fisiológicos e bioquímicos. **Enciclopédia Biosfera**, v.6, n.11; p. 1-23, 2010.

**QUALIDADE DE FRUTOS DE ACEROLEIRA IRRIGADA COM
ÁGUAS SALINAS SOB COMBINAÇÕES DE ADUBAÇÃO
NITROGENADA/POTÁSSICA³
(1º ANO DE CULTIVO)**

³ Trabalho aceito para publicação na Bioscience Journal

QUALIDADE DE FRUTOS DE ACEROLEIRA IRRIGADA COM ÁGUAS SALINAS SOB COMBINAÇÕES DE ADUBAÇÃO NITROGENADA/POTÁSSICA

RESUMO: A aceroleira se destaca entre as fruteiras cultivadas pela importância farmacológica e alimentícia de seus frutos, porém sua qualidade pode ser afetada pela salinidade da água de irrigação e o manejo da adubação. Neste sentido, objetivou-se com o trabalho estudar o efeito de diferentes salinidades da água de irrigação e de combinações de adubação nitrogenada e potássica sobre a qualidade física, físico-química e de compostos bioativos em frutos de aceroleira. O experimento foi conduzido em campo, usando vasos adaptados como lisímetros de 60 L, na área experimental do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar da Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, PB, em delineamento de blocos ao acaso e esquema fatorial 5 x 4, referentes a cinco níveis de salinidade da água de irrigação (CEa): 0,3; 1,3; 2,3; 3,3 e 4,3 dS m⁻¹ e quatro combinações de adubação nitrogenada e potássica: 70% N + 50% K₂O; 100% N + 75% K₂O; 130% N + 100% K₂O e 160% N + 125% K₂O da dose recomendada para aceroleira, com três repetições e uma planta por parcela constituída de um lisímetro. Estudou-se a cv. Flor Branca enxertada sobre porta-enxerto da cv. Junco, sendo a qualidade dos frutos avaliada entre 260 e 295 dias após o transplante. O incremento na salinidade da água de irrigação reduziu o tamanho, o peso e o teor de vitamina C das acerolas. As diferentes combinações de adubação de NK e as salinidades da água não afetaram o formato de frutos, os teores de antocianinas, carotenoides, pH, acidez titulável, sólidos solúveis totais e o sabor dos frutos. As combinações de adubação com 70% N + 50% K₂O e 100% N + 75% K₂O proporcionaram maior tamanho de frutos pela irrigação com CEa de até 1,3 dS m⁻¹ e maior acúmulo de massa. Doses de fertilização acima da combinação a partir de 130% N + 100% K₂O afetaram negativamente a qualidade pós-colheita dos frutos.

Palavras-chave: *Malpighia emarginata* D. C, salinidade, nutrição, pós-colheita

QUALITY OF WEST INDIAN CHERRY FRUITS IRRIGATED WITH SALINE WATERS UNDER COMBINATIONS OF NITROGEN/POTASSIC FERTILIZATION

ABSTRACT: West Indian cherry stands out among the fruits cultivated for the pharmacological and alimentary importance, but its quality can be affected by irrigation water salinity and fertilization management. In this context, this research aimed to study the effect of irrigation water of different salinities and combinations of nitrogen and potassium fertilization on the physical and physico-chemical quality of bioactive compounds in West Indian cherry fruits in the first year of cultivation. The experiment was carried out in the field, using vase adapted as 60-L lysimeters, in the experimental area of the Center for Agrifood Science and Technology of the Federal University of Campina Grande, Pombal, PB, in a randomized block design, with treatments arranged in a 5 x 4 factorial scheme, referring to five irrigation water salinities (EC_w): 0.3, 1.3, 2.3, 3.3 and 4.3 dS m⁻¹ and four combinations of doses of nitrogen and potassium: 70% N + 50% K₂O; 100% N + 75% K₂O; 130% N + 100% K₂O and 160% N + 125% K₂O, of the recommended dose for West Indian cherry, with three replicates and one plant per plot consisting of a lysimeter. The cv. Flor Branca grafted on cv. Junco was used in the study. The increase in salinity of irrigation water reduced the size, weight and vitamin C content of the West Indian cherry. The different combinations of NK fertilization and the water salinity did not affect fruit shape, the content of anthocyanin, carotenoids, pH, titratable acidity, total soluble solids and fruit flavor. Fertilization combinations with 70% N + 50% K₂O and 100% N + 75% K₂O promoted the largest fruit size under irrigation with EC_w of up to 1.3 dS m⁻¹ and greater mass accumulation. Fertilization doses above 130% N + 100% K₂O combinations negatively affected post-harvest quality of the fruits.

Key words: *Malpighia emarginata* D. C., salinity, nutrition, post-harvest.

1 INTRODUÇÃO

A acerola (*Malpighia emarginata* D. C.) é considerada uma das frutas de maior interesse no Nordeste brasileiro, devido as suas características físico-químicas e compostos bioativos para o uso farmacológico e alimentício (FACHI et al., 2016), destacando-se principalmente, o elevado teor de vitamina C e outros compostos com propriedades antioxidantes, como carotenoides, antocianinas e fenólicos, colocando esta espécie em lugar de destaque entre espécies de fruteiras cultivadas na região (ARAÚJO et al., 2009).

Porém, a região semiárida do Nordeste do Brasil apresenta elevada demanda evapotranspirativa e índice pluviométrico reduzido, com disponibilidade limitada de água de boa qualidade, resultando frequentemente no uso de água com altos níveis de sais na irrigação, provocando alterações morfológicas, estruturais e metabólicas nas culturas (GURGEL et al., 2010); com efeitos negativos sobre a produção e as características físicas, físico-químicas e de compostos bioativos nos frutos, conforme já evidenciado em maracujazeiro-amarelo (DIAS et al., 2011).

Desse modo, para obtenção de frutos de qualidade que satisfaçam as exigências de consumidores e da indústria de processamento de polpa, principalmente na região semiárida do Nordeste quando o estresse salino predomina, devem-se utilizar tecnologias apropriadas que possibilitem suprir suas limitações ambientais e nutricionais das culturas, com a adoção do manejo adequado da adubação e da água de irrigação com teor elevado de sais (DIAS et al., 2011).

A combinação de doses adequadas de nitrogênio e potássio tem sido uma das tecnologias que vem sendo estudada, com objetivo de diminuir o desequilíbrio nutricional e o efeito osmótico causado pela salinidade, aumentando a resistência das plantas ao estresse salino (GURGEL et al., 2010; ANDRADE JUNIOR et al., 2012). Estudos com a cultura da aceroleira evidenciaram que aumentos de 40% na dose de N e P (SÁ et al., 2019) e de 125% de K₂O em relação à dose recomendada (LIMA et al., 2019), mitigam os efeitos negativos da salinidade da água de irrigação até a condutividade elétrica de 3,8 dS m⁻¹ sobre a fisiologia, o crescimento e a produção das plantas

Isto se deve à concentração adequada de N que auxilia na atividade de enzimas envolvidas nas vias metabólicas, na síntese de aminoácidos, proteínas e hormônios vegetais e promover o ajustamento osmótico das plantas à salinidade (TAIZ et al., 2017). Por outro lado, o K realiza o controle da turgidez celular, os processos de abertura e fechamento de estômatos, ativação de enzimas envolvidas na respiração e fotossíntese, transporte de carboidratos e hormônios vegetais na planta, que são afetados pelo estresse salino (WANG et al., 2013), assim podendo auxiliar na síntese e transporte de fotoassimilados para os frutos, afetando os atributos de qualidade pós-colheita (VIDIGAL et al., 2009).

Todavia, no que concerne ao efeito destes nutrientes e do estresse salino sobre a qualidade de frutos desta cultura, estudos ainda são incipientes. Neste sentido, objetivou-se com o trabalho estudar o efeito de diferentes salinidades da água de irrigação e de combinações de adubação nitrogenada e potássica sobre a qualidade física, físico-química e de compostos bioativos em frutos de aceroleira no primeiro ano de cultivo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

As plantas foram cultivadas em campo, em vasos de 60 L adaptados como lisímetros, instalados em área experimental pertencente ao Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar (CCTA) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Pombal, PB. As coordenadas geográficas de referência do local são 6°48'16" latitude Sul, 37°49'15" longitude Oeste e altitude média de 144 m. Os dados climatológicos próximo ao local do estudo, durante o período de condução do experimento, estão apresentados na Figura 1 (INMET, 2018).

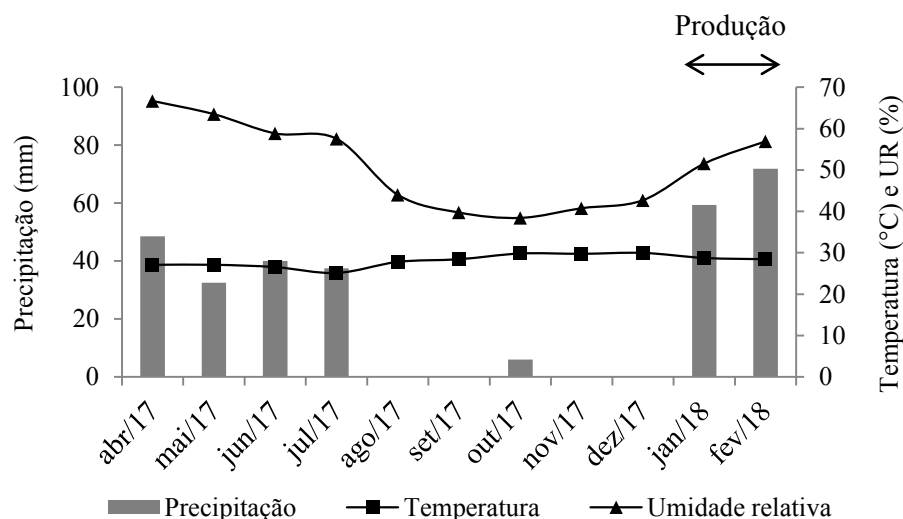


Figura 1. Dados médios de precipitação, temperatura e umidade relativa – UR, no período de estudo, obtido em estação meteorológica automatizada, localizada próxima ao município de Pombal, PB (INMET, 2018).

Os tratamentos foram dispostos em esquema fatorial 5 x 4, referentes a cinco níveis de salinidades da água de irrigação (CEa) de 0,3; 1,3; 2,3; 3,3 e 4,3 dS m⁻¹ e quatro combinações (C) de doses de nitrogênio (N) e potássio (K₂O) recomendadas para aceroleira (CAVALCANTI, 2008): C1 = 70% N + 50% K₂O; C2 = 100% N + 75% K₂O; C3 = 130% N + 100% K₂O e C4 = 160% N + 125% K₂O, aleatorizados em blocos ao acaso, com três repetições, sendo cada parcela composta de um lisímetro, contendo uma planta, totalizando 60 unidades experimentais.

Os níveis salinos foram baseados no estudo de Sá et al. (2019), onde constataram que a irrigação com água de salinidade de até 2,2 dS m⁻¹ e aplicação de fração de lixiviação de 10%, não comprometeu o crescimento, atividade fotossintética e a produção da cultura da

aceroleira cv. BRS 336 Jaburu no primeiro ano, cultivada em Neossolo Regolítico de textura média.

As águas salinas dos tratamentos de 1,3 a 4,3 dS m⁻¹, foram preparadas, obedecendo-se a relação entre CEa e concentração dos sais ($\text{mmol}_c \text{L}^{-1} = \text{CE} \times 10$) (RHOADES et al. 1992), a partir da adição de NaCl, CaCl₂.2H₂O e MgCl₂.6H₂O, mantendo a proporção equivalente de 7:2:1, respectivamente; a água do tratamento de menor salinidade (0,3 dS m⁻¹) foi proveniente do sistema de reservatório Coremas-Mãe d'Água que disponibiliza água para irrigação de culturas na região. Esta proporção de sais utilizada no preparo das águas de irrigação está predominante nas principais fontes de água utilizadas em irrigação no Nordeste brasileiro (MEDEIROS, 1992).

Adotou-se a recomendação de adubação para cultivar de aceroleira “Flor Branca” cultivada sob condições de irrigação, correspondente a 100 g de N e 80 g de K₂O por planta por ano (CAVALCANTI, 2008), equivalentes às doses dos tratamentos de 100% de nitrogênio e potássio. Seguindo esta recomendação, as doses de N e K₂O foram determinadas e divididas em 24 aplicações no intervalo de 15 dias para o primeiro ano de cultivo (365 dias). Entretanto, no período de realização do estudo (até 295 DAT), foram feitas 19 aplicações de N e K₂O, em partes iguais a cada 15 dias, resultando na aplicação das doses de 79,17 g de N e 63,33 g de K₂O por planta, equivalentes às doses de 100% de nitrogênio e potássio aplicadas. Usou-se ureia (45% de N) e cloreto de potássio (60% K₂O) como fonte de N e K, respectivamente.

A adubação fosfatada foi feita aplicando-se 20 g de P₂O₅ por planta determinada de acordo com disponibilidade de fósforo no solo, após a análise química, utilizando superfosfato simples (18% P₂O₅), numa única aplicação antes do transplantio, misturando-se o fertilizante ao solo de cada lisímetro, obedecendo a recomendação de adubação no plantio para aceroleira irrigada cv. Flor branca (CAVALCANTI, 2008).

As mudas foram provenientes de viveiro comercial credenciado no Registro Nacional de Sementes e Mudas, localizado no Distrito de São Gonçalo, Sousa – PB, cultivadas em sacolas de polietileno com dimensões 10 x 20 cm e capacidade volumétrica de 0,5 L, enxertadas pelo tipo fenda cheias, usando porta-enxerto e enxerto das cultivares Junco e Flor Branca, respectivamente.

O transplantio das mudas foi realizado quando as mesmas atingiram entre 30 a 40 cm de altura, aos 120 dias após a enxertia, para lisímetros de 60 L, espaçados no campo a 1,8 x 2,0 m entre plantas e linhas de plantio, respectivamente, ocupando uma área de 216 m². Os lisímetros receberam na base um sistema de drenagem, composto por um dreno com diâmetro

de 1/2” (12,7 mm) inserido na extremidade da base, seguido de uma camada de 3,0 cm de brita nº 1 e 2,0 cm de areia lavada. Acima da areia, usou-se 56 L de solo (Neossolo Flúvico eutrófico), cujos atributos físicos e químicos (Tabela 1) foram determinados no Laboratório de Irrigação e Salinidade do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais (CTRN) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), de acordo com metodologia de Donagema et al. (2011).

Tabela 1. Atributos físicos e químicos do Neossolo Flúvico eutrófico utilizado no experimento, antes da aplicação dos tratamentos, coletado na camada de 0-20 cm do Lote 14, Setor I, do Perímetro Irrigado das Várzeas de Sousa-PB.

Classificação textural	Granulometria							Complexo sortivo					
	Areia (%)	Silte (%)	Argila (%)	Ds (kg dm ³)	Pt (%)	M.O (%)	N (%)	P assimilável (mg dm ⁻³)	Ca ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	Mg ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	Na ⁺ (cmol _c dm ⁻³)	K ⁺ (cmol _c dm ⁻³)	H ⁺ + Al ³⁺ (cmol _c dm ⁻³)
FA	73,73	16,16	7,11	1,44	47,63	0,41	0,02	41,00	3,50	1,70	0,14	0,30	0,00
Extrato de saturação													
pHes	CEes (dS m ⁻¹)	Ca ²⁺ (mmol _c L ⁻¹)	Mg ²⁺ (mmol _c L ⁻¹)	K ⁺ (mmol _c L ⁻¹)	Na ⁺ (mmol _c L ⁻¹)	Cl ⁻ (mmol _c L ⁻¹)	SO ₄ ²⁻ (mmol _c L ⁻¹)	CO ₃ ²⁻ (mmol _c L ⁻¹)	HCO ₃ ⁻ (mmol _c L ⁻¹)	Us (% em massa)			
7,11	1,28	1,39	3,23	0,38	5,78	9,00	Ausente	0,00	1,40	20,80			
RAS (mmol L ⁻¹) ^{0,5}		PST (%)		Salinidade/sodicidade				Classe de solo					
3,80		2,48		Não salino/não sódico				Normal					

FA – Franco arenoso; Da - Densidade do solo; Pt - Porosidade total; M.O - Matéria orgânica; pHes - pH do extrato de saturação, CEes - condutividade elétrica do extrato de saturação a 25 °C; Us - umidade de saturação do solo (% em base de massa); RAS - Razão de adsorção de sódio; PST - Percentagem de sódio trocável; P, K⁺ e Na⁺ extraídos com extrator Mehlich-1; Ca²⁺ e Mg²⁺ extraídos com extrator KCl 1,0 M L⁻¹ a pH 7,0; H⁺ + Al³⁺ extraído por 0,5 M CaOAc a pH 7,0; M.O: digestão úmida Walkley-Black.

Após o transplântio das mudas nos lisímetros, elevou-se a umidade do solo ao nível correspondente à capacidade de campo e, em seguida, foi colocada uma camada de 4,0 cm de cobertura morta, composta de restos de gramíneas, visando minimizar as perdas de águas por evaporação. Foram utilizadas hastes de madeira que serviram como tutores com 80 cm de altura para sustentação das plantas, de modo a permitir o crescimento ereto e evitar o tombamento.

A aplicação das combinações de adubação conforme os tratamentos teve início aos 20 DAT, realizadas simultaneamente em cobertura pelo método convencional, em círculo, a um raio de 20 cm em relação à base da planta. Inicialmente, até 40 dias após o transplântio (DAT), as plantas foram irrigadas com água de condutividade elétrica de 0,3 dS m⁻¹, com propósito de promover aclimação às condições de campo. A aplicação das águas salinas dos tratamentos teve início aos 41 DAT, período em que a irrigação foi feita diariamente de forma manual, com a água do respectivo tratamento e baseado no princípio da lisimetria de

drenagem, onde o volume a ser aplicado em cada irrigação foi determinado pela diferença entre volume aplicado e volume drenado no dia seguinte, onde o valor desta diferença equivalente ao volume de água necessária para o solo atingir capacidade máxima de retenção de água (capacidade de campo). Foi adotada fração de lixiviação de 0,15 a cada 15 dias, sendo o volume de lixiviação determinado com base no volume de água aplicada neste período e teve como propósito diminuir o acúmulo excessivo de sais na zona radicular das plantas.

As plantas foram conduzidas em haste única a partir do transplântio e sua gema apical podada quando as plantas atingiram 50 cm de altura (cerca de 70 DAT), estimulando as brotações das gemas laterais. Dos ramos laterais que surgiram, foram deixados três ramos em diferentes alturas, distribuídos radialmente nos 20 cm terminais da haste principal, denominados de ramos primários. Durante este processo todos os ramos e brotações mal localizados foram eliminados, principalmente os direcionados para o solo.

A floração iniciou-se aos 5 meses do transplântio (150 DAT), entretanto, devido as plantas ainda apresentarem pequeno porte e desuniformidade de floração nas diferentes parcelas experimentais, foi feita eliminação manual das flores até aos 230 DAT. A partir desta época, foi considerado o início da floração para avaliação do ciclo de produção da cultura.

Avaliaram-se os seguintes parâmetros físicos nos frutos: diâmetro transversal (DTF) e longitudinal do fruto (DLF), tamanho médio de frutos (TMF), massa média de frutos (MMF) e formato do fruto (FF). Estes parâmetros foram obtidos em frutos oriundos de colheitas realizadas durante o primeiro ciclo de produção, no primeiro ano de cultivo, em intervalo de três dias, no período entre 260 (8 de janeiro de 2018) e 295 DAT (13 de fevereiro de 2018). Foram colhidos frutos que apresentavam película de coloração vermelha intensa, cuja característica é padrão de maturação de frutos da cultivar Flor Branca (CALGARO; BRAGA, 2012).

As medições do DTF e DLF foram feitas em amostra representativa de 20 frutos colhidos por planta, selecionados aleatoriamente do total obtido em cada colheita. O DTF foi medido na região mediana no sentido da largura e o DLF no sentido da base ao ápice do fruto, utilizando um parquímetro digital. O TMF foi obtido pela média do DTF e DLF e, a MMF foi determinada dividindo-se a massa total de frutos produzidos por planta pelo número de frutos total, que foram pesados em balança de precisão de 0,01 g. Já o FF foi obtido pela razão entre diâmetro longitudinal/diâmetro transversal de frutos (FACHI et al., 2016).

As características físico-químicas e os compostos bioativos foram avaliados em frutos colhidos aos 295 DAT, quando apresentaram mesmo padrão de maturação citado anteriormente. Os frutos foram embalados em sacos de polietileno possuindo 250 g e acondicionados em sacolas pretas de polietileno e, imediatamente submetidos ao congelamento em freezer sob

temperatura de -20 °C durante 120 dias. A polpa foi extraída e processada em processador de alimentos doméstico, onde em seguida, procedeu-se a análise no Laboratório de Química, Bioquímica e Análise de Alimentos do CCTA/UFCG dos seguintes parâmetros físico-químicos: potencial hidrogeniônico (pH), acidez titulável - % de ácido cítrico (AT), sólidos solúveis - °Brix (SST), razão sólidos solúveis/acidez titulável (SST/AT); e os compostos bioativos: carotenoides totais - mg 100g⁻¹ (Car), antocianinas - µg g⁻¹ (Ant) e Vitamina C – mg de ácido ascórbico 100g⁻¹ de polpa (Vit C).

O pH foi determinado com leitura direta no extrato dos frutos de acerola em potenciômetro digital de bancada. A AT foi medida em 10 g de polpa, homogeneizado em 10 mL de água destilada. A solução contendo a amostra foi titulada com NaOH 0,1 N até atingir o ponto de viragem do indicador fenolftaleína, sendo expressa em porcentagem de ácido cítrico (IAL, 2008). Os SST foram determinados no extrato da polpa dos frutos de acerola, em refratômetro digital com compensação automática de temperatura, sendo sempre que necessário calibrado com água destilada. A razão SST/AT foi obtida dividindo-se os valores de sólidos solúveis pelos valores da acidez titulável.

Os carotenoides e antocianinas foram determinados pelo método de Sims e Gamon (2002). Foi pesado 1,0 g de amostra e adicionou-se 3 mL do extrator preparado em acetona 80% tamponada com Tris-HCl 0,2 M pH 7,8 e feita a homogeneização por 3 minutos. Em seguida as amostras foram centrifugadas a 10 °C e 3.000 rpm por 10 minutos em centrifuga refrigerada, e os sobrenadantes foram lidos em espectrofotômetro nos comprimentos de onda de 470 e 537 nm para carotenoides e antocianinas, respectivamente. Já o teor de Vitamina C foi estimado por titulação, utilizando-se 0,5 g de polpa dos frutos de acerola, acrescido de 49,5 mL de ácido oxálico a 0,5% e titulado contra a solução de Tillmans até atingir coloração rosa (IAL, 2008).

As médias das variáveis foram submetidas à análise de variância pelo teste F em nível de 0,05 e 0,01 de probabilidade, sendo os dados dos níveis de salinidade analisados por regressão polinomial, e as médias das combinações das doses de nitrogênio e potássio comparadas pelo teste de Tukey em nível 0,05 de probabilidade, utilizando para processamento dos dados o software estatístico SISVAR/UFLA (FERREIRA, 2011).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando os parâmetros físicos dos frutos de aceroleira, verifica-se que a interação entre as salinidades da água de irrigação e as combinações de adubação NK foi significativa ($p < 0,05$) para o DTF e o TMF (Tabela 2). Da mesma forma, observa-se efeito significativo isolado ($p < 0,01$) das salinidades da água de irrigação e das combinações de adubação NK sobre todas as variáveis analisadas, exceto para o FF que não foi afetado de maneira significativa ($p > 0,05$) por nenhum dos fatores estudados.

Tabela 2. Resumo do teste F para diâmetro transversal (DTF) e longitudinal de frutos (DLF), tamanho médio de fruto (TMF), massa média de fruto (MMF) e formato de frutos (FF) de aceroleira irrigada com águas de distintas salinidades, sob combinações de adubação nitrogenada e potássica, no primeiro ano de cultivo, de colheitas realizadas entre 260 e 295 dias após o transplantio.

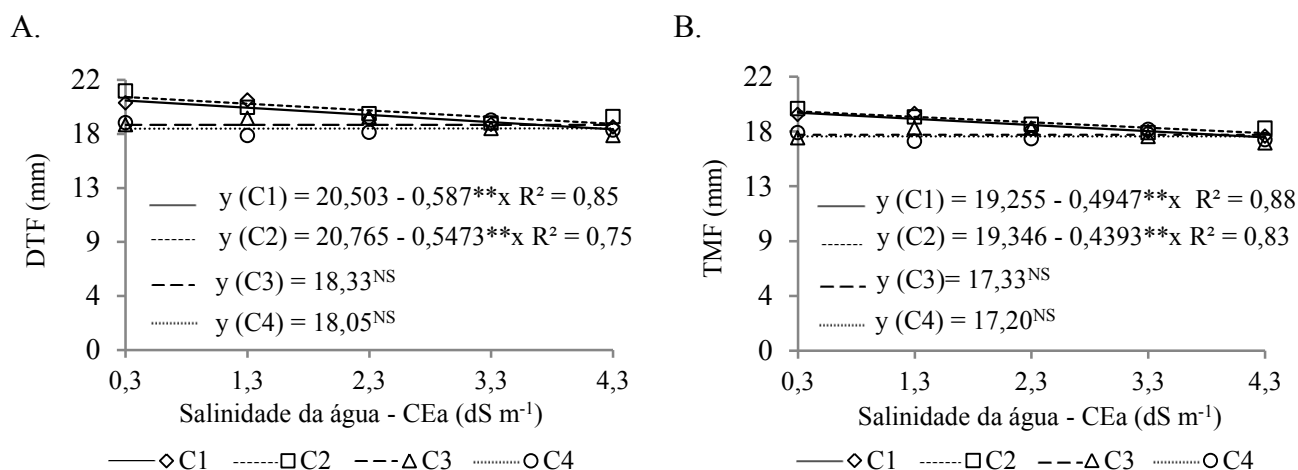
Fonte de variação	Significância do teste F					
	GL	DTF	DLF	TMF	MMF	FF
Salinidades (S)	4	**	*	**	**	Ns
Combinações NK (C)	3	**	**	**	**	Ns
Interação S*C	12	*	ns	*	ns	Ns
Bloco	2	ns	*	ns	ns	Ns
Erro	38	0,7119	0,4631	0,4426	0,2341	0,0013
CV (%)	-	4,50	4,07	3,75	14,08	4,00
Média	-	18,76	16,73	17,75	3,44	0,89

ns, * e **, respectivamente não significativo, significativo a $p < 0,05$ e $p < 0,01$; GL= grau de liberdade; CV= coeficiente de variação.

Com relação à análise do efeito da salinidade da água em cada combinação de adubação NK, constata-se que o DTF (Figura 2A) e o TMF (Figura 2 B) diminuíram linearmente com o aumento da salinidade na água de irrigação, quando as plantas foram adubadas com as combinações de adubação C1 e C2, cuja redução, de acordo com as equações de regressão sobre o DTF, foram de 2,86 e 2,63%, por aumento unitário na CEa. Quanto ao TMF, as reduções corresponderam a 2,57 e 2,27% em função da adubação com as combinações C1 e C2, respectivamente, para cada incremento de unidade na CEa.

A diminuição do tamanho e diâmetro do fruto com o aumento da CEa, nas plantas adubadas com C1 e C2, pode estar relacionada aos efeitos osmóticos dos sais da água de irrigação, que geralmente, provoca redução da absorção de água pelas plantas e das taxas

fotossintéticas, resultando em perdas nas taxas de alongamento e divisão celular, e consequentemente, diminuição do crescimento e decréscimo do acúmulo de fotoassimilados nos frutos (WILLADINO; CAMARA, 2010; TAIZ et al., 2017).



C1= 70%N + 50%K₂O; C2= 100%N + 75%K₂O; C3= 130%N +100%K₂O e C4= 160%N + 125%K₂O da recomendação. Médias seguidas por letras diferentes indicam diferença significativa entre os tratamentos pelo teste Tukey (p < 0,05 de probabilidade).

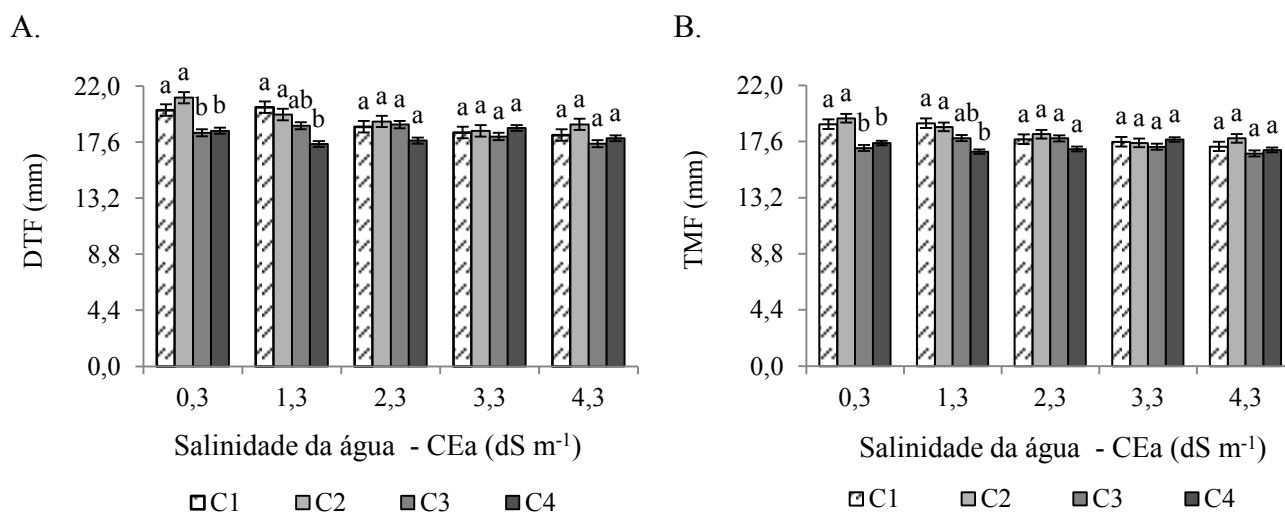
Figura 2. Análise do efeito das salinidades da água de irrigação em cada combinação de adubação nitrogenada e potássica para diâmetro transversal – DTF (A) e tamanho médio de frutos – TMF (B) de aceroleira irrigada com águas salinas, de colheitas realizadas no primeiro ano de cultivo, entre 260 e 295 dias após o transplântio.

Observa-se ainda nas Figuras 2A e 2B, que nas plantas adubadas com as combinações C3 e C4, o DTF e o TMF não foram afetados de maneira significativa pelo aumento na salinidade da água, em que o DTF manteve média de 18,33 e 18,05 mm e, o TMF de 17,33 e 17,20 mm, nas plantas que foram adubadas com C3 e C4, respectivamente. Tal fenômeno pode ter ocorrido devido as maiores doses de N e K₂O destas combinações terem comprometido o crescimento do fruto nas plantas irrigadas com os menores níveis salinos, principalmente naquelas que receberam as CEa de 0,3 e 1,3 dS m⁻¹, com o tamanho dos frutos assemelhando-se aos das plantas irrigadas com os maiores níveis salinos (2,3; 3,3 e 4,3 dS m⁻¹).

Estes resultados indicam que doses elevadas de N e K aplicadas em plantas irrigadas com baixa salinidade podem ser tão prejudiciais aos atributos físicos de frutos de aceroleira, quanto os altos níveis salinidade. Também pode estar relacionado ao desequilíbrio nutricional, haja vista que doses muito elevadas de N podem reduzir o teor de K nos tecidos vegetais, em

decorrência do efeito competitivo entre NH_4^+ e K^+ (BATISTA; MONTEIRO, 2010) e altas concentrações de K^+ diminuam a absorção de Ca^{2+} e Mg^{2+} pelas plantas, intensificando o desequilíbrio nutricional e o crescimento celular (INTHICHACK et al., 2012). Também pode estar associado ao aumento da salinização do solo pelas altas doses de ureia e KCl utilizadas na adubação, haja vista que estes fertilizantes possuem índices salinos elevados, correspondentes 75 e 115, respectivamente (BORGES; SILVA, 2011).

Analisando o efeito da combinação de adubação NK em cada nível de salinidade da água de irrigação, observa-se diferença entre as combinações nos níveis de salinidade da água de 0,3 e 1,3 dS m^{-1} (Figuras 3A e 3B), onde as combinações C1 e C2, proporcionaram maiores valores sobre o DTF (20,10; 21,08; 20,34 e 18,37 mm, respectivamente) e o TMF (18,96; 19,42; 19,04 e 17,87 mm, respectivamente).



C1= 70%N + 50%K₂O; C2= 100%N + 75%K₂O; C3= 130%N + 100%K₂O e C4= 160%N + 125%K₂O da recomendação. Médias seguidas por letras diferentes indicam diferença significativa entre os tratamentos pelo teste Tukey ($p < 0,05$ de probabilidade). Barras representam o erro padrão da média (n).

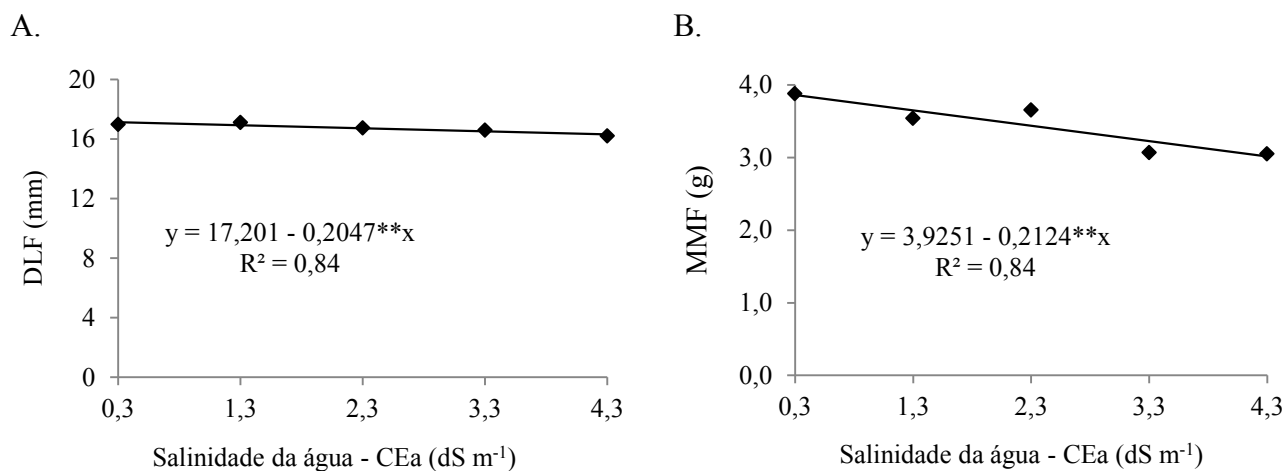
Figura 3. Efeito das combinações de adubação nitrogenada e potássica dentro de cada nível de salinidade da água de irrigação para diâmetro transversal de frutos – DTF (A) e tamanho médio de frutos - TMF (B) de aceroleira irrigada com águas salinas, de colheitas realizadas no primeiro ano de cultivo, entre 260 e 295 dias após o transplântio.

É possível que as menores doses de N e K das combinações C1 e C2, tenham sido favoráveis ao maior equilíbrio nutricional nas plantas irrigadas com água de condutividade elétrica de 0,3 e 1,3 dS m^{-1} , com efeito positivo sobre o DTF e TMF. Vale ressaltar que nestes níveis de CEa, a adubação com as combinações C3 e C4 diminuiu o DTF (médias de 18,33 e

18,49 mm) e o TMF (17,09 e 17,49 mm, respectivamente) em relação aos frutos das plantas adubadas com C1 e C2 (Figuras 3A e 3B), comprovando o argumento anterior para os efeitos nocivos de doses elevadas de N e K sobre o tamanho de frutos nas plantas irrigadas com água de baixa salinidade.

A adubação com as distintas combinações de adubação NK das plantas irrigadas com as CEa de 2,3; 3,3 e 4,3 dS m⁻¹, não promoveu diferença significativa sobre o DTF e TMF, demonstrando que a combinação de N e K, aplicadas acima da dose recomendada, não foram eficazes na mitigação dos efeitos da salinidade da água de irrigação sobre o tamanho dos frutos e o diâmetro transversal nestes níveis de CEa.

Para o DLF, verifica-se (Figura 4A) que os seus valores foram reduzidos com o aumento na salinidade da água de irrigação, causando uma diminuição de 1,19% para cada aumento unitário na CEa. Efeito semelhante pode ser observado sobre a MMF (Figura 4B), na qual o efeito negativo da salinidade foi mais intenso, resultando em perda de 5,41% por incremento unitário na salinidade da água.



C1= 70%N + 50%K₂O; C2= 100%N + 75%K₂O; C3= 130%N + 100%K₂O e C4= 160%N + 125%K₂O da recomendação. Médias seguidas por letras diferentes indicam diferença significativa entre os tratamentos pelo teste Tukey (p < 0,05 de probabilidade).

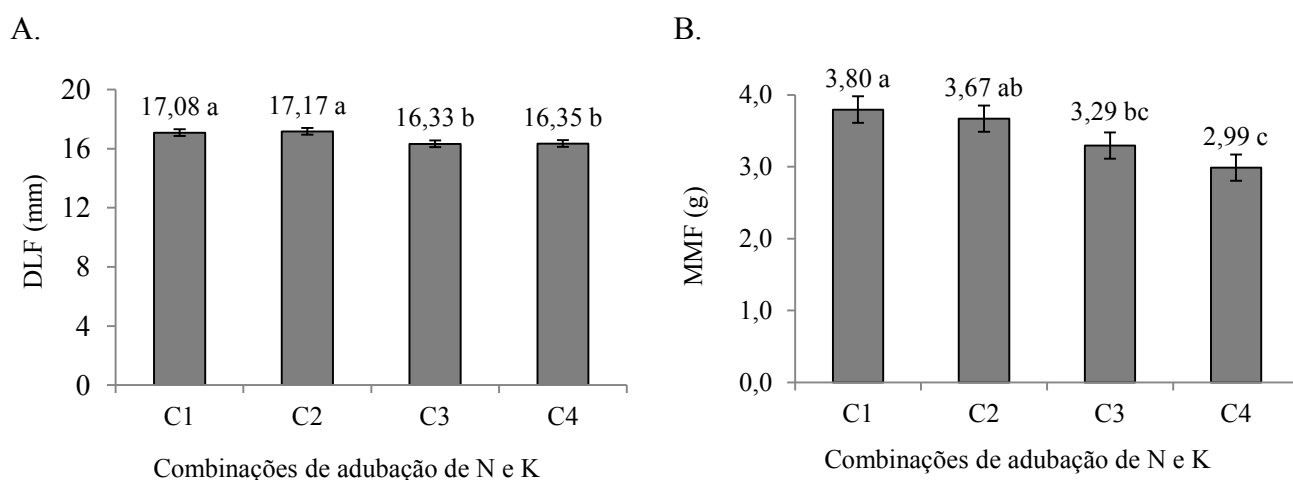
Figura 4. Diâmetro longitudinal de frutos – DLF (A) e massa média de frutos – MMF (B) de aceroleira irrigada com águas salinas, em colheitas realizadas no primeiro ano de cultivo, entre 260 e 295 dias após o transplantio.

Com relação à MMF ((Figura 4B), pode-se afirmar que seus valores, nas plantas irrigadas entre 0,3 e 4,3 dS m⁻¹, estão dentro da massa média de fruto do cultivar Flor branca, que geralmente, varia de 3 a 5 g (CALGARO; BRAGA, 2012). Entretanto, nas condições do

presente trabalho, nota-se que as plantas irrigadas com água de menor salinidade ($0,3 \text{ dS m}^{-1}$) apresentaram maior acúmulo de massa nos frutos ($3,86 \text{ g}$), sendo bem superior ao valor de $3,01 \text{ g}$ das plantas irrigadas com CEA de $4,3 \text{ dS m}^{-1}$; essa diferença deve ser levada em consideração, haja vista que frutos com maior massa pode gerar maior rendimento de polpa e rentabilidade ao produtor (FACHI et al., 2016).

Como mencionado anteriormente, a diminuição destas variáveis ocorre em consequência do efeito osmótico e a instabilidade iônica, causados pelo o estresse salino (NIVAS et al., 2011). Nestas condições, a absorção de água pelas plantas diminui, afetando negativamente o crescimento e divisão celular, além de reduzir a atividade fotossintética e o transporte de fotoassimilados para frutos, causando decréscimo no crescimento e o acúmulo de massa (BEZERRA et al., 2018).

Em relação ao efeito da combinação de adubação NK sobre o DLF e a MMF, observa-se (Figuras 5A e 5B) que a adubação com as combinações C1 e C2 promoveu maior diâmetro longitudinal e acúmulo de massa nos frutos, enquanto que seus valores foram diminuídos quando receberam as combinações de adubação C3 e C4.



C1= 70%N + 50%K₂O; C2= 100%N + 75%K₂O; C3= 130%N + 100%K₂O e C4= 160%N + 125%K₂O. Médias seguidas por letras diferentes indicam diferença significativa entre os tratamentos pelo teste Tukey ($p < 0,05$ de probabilidade). Barras representam o erro padrão da média (n).

Figura 5. Diâmetro longitudinal de frutos – DLF (A) e massa média de frutos - MMF (B) de aceroleira sob diferentes combinações de adubação nitrogenada e potássica, de colheitas realizadas no primeiro ano de cultivo, entre 260 e 295 dias após o transplante.

É possível que as doses de nitrogênio e potássio, das combinações C1 e C2, tenham proporcionado maior balanço nutricional, favorecendo as atividades fisiológicas e bioquímicas nas plantas, com efeito positivo no crescimento do fruto em diâmetro e acúmulo de massa, porque o N, quando aplicado em concentrações adequadas, aumenta a atividade de enzimas envolvidas nas vias metabólicas e aumenta a produção de aminoácidos, proteínas e fitohormônios (TAIZ et al., 2017), enquanto o K está envolvido na regulação osmótica e estomática e na ativação de enzimas envolvidas na respiração e atividade fotossintética (WANG et al., 2013), fatores que promovem a produção de fotoassimilados essenciais, que são armazenados nos frutos, órgãos que funcionam como principal coletor de fotoassimilados (VIDIGAL et al., 2009).

No tocante aos atributos físico-químicos e os compostos bioativos dos frutos de aceroleira, constata-se (Tabela 3) que não houve interação significativa entre a salinidade da água de irrigação e a combinação de adubação NK sobre as variáveis estudadas, bem como, nenhum efeito significativo isolado ($p > 0,05$) da salinidade da água de irrigação e combinação de adubação NK, exceto para o teor de Vit C, que foi afetada de maneira significativa ($p < 0,05$) pela salinidade da água.

Tabela 3: Resumo do teste F para teores de antocianinas (Ant), carotenoides (CAR), pH, acidez total titulável (AT), sólidos solúveis totais (SST), razão sólidos solúveis totais/acidez titulável (SST/AT) e teor de vitamina C (Vit C) em frutos de aceroleira irrigada com águas de diferentes salinidades, sob combinações de adubação nitrogenada e potássica, no primeiro ano de cultivo, em colheita realizada aos 295 dias após o transplantio.

Fonte de variação	Significância do teste F							
	GL	Ant	Car	pH	AT	SST	SST/AT	Vit C
Salinidades (S)	4	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*
Combinações NK (C)	3	ns	ns	ns	ns	ns	ns	Ns
Interação S*C	12	ns	ns	ns	ns	ns	ns	Ns
Bloco	2	ns	ns	ns	ns	ns	ns	Ns
Erro	38	0,00311	1,69	0,02	0,0204	0,4113	0,5898	15178,90
CV (%)	-	0,17	4,23	4,44	10,16	7,40	12,35	8,16
Média	-	($\mu\text{g g}^{-1}$)	($\text{mg } 100\text{g}^{-1}$)	-	(% A.A)	(° brix)	-	($\text{mg } 100\text{g}^{-1}$)
	-	33,55	30,78	3,47	1,41	8,67	6,22	1510,08

ns, * e **, respectivamente não significativos, significativo a $p < 0,05$ e $p < 0,01$; GL= grau de liberdade; CV= coeficiente de variação. A.A = Ácido cítrico.

Embora sejam escassos estudos avaliando o efeito da salinidade da água de irrigação e de adubações nitrogenada e potássica sobre a qualidade de frutos de aceroleira, alguns

trabalhos demonstraram que estes fatores, de forma isolada, não causaram efeito sobre alguns atributos de qualidade de frutos em outras culturas. Freire et al. (2010) observaram que a salinidade da água de irrigação de até 4,5 dS m⁻¹ não exerceu efeito sobre o pH, acidez titulável e relação sólidos solúveis/acidez titulável de frutos de maracujazeiro-amarelo. Outrossim, Blanco e Folegatti (2008) verificaram que diferentes doses de N e K, em plantas irrigadas com salinidade da água de 9,5 dS m⁻¹, não causaram efeito significativo sobre a concentração de sólidos solúveis e acidez titulável em frutos de tomate pós-colheita.

Com relação aos valores médios de cada parâmetro (Tabela 3), nota-se que todas as variáveis atenderam o padrão de qualidade de frutos de acerola estabelecidos pelo Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento para produção de polpa da fruta (BRASIL, 2000), conforme se pode verificar adiante.

O valores médios dos teores de carotenoides e antocianinas foram de 30,78 µg g⁻¹ e 33,55 mg 100g⁻¹ de polpa, respectivamente (Tabela 3), sendo até 1,30 µg g⁻¹ e 7,62 mg 100g⁻¹ superiores aos encontrados em frutos pós-colheita da cultivar de aceroleira Flor Branca (MOURA et al., 2007), devendo-se isto ao tempo de armazenamento dos frutos no presente estudo, que mesmo congelados, tendem a continuar lentamente o processo de maturação, aumentando os valores destes pigmentos, fenômeno que também foi observado por Araújo et al. (2009).

O valor médio de pH dos frutos de aceroleira foi de 3,47, estando próximo de 3,42 encontrados em frutos da cultivar Flor Branca medidos logo após a colheita (MOURA et al., 2007). Segundo Santos et al. (2012), frutos de aceroleira geralmente não sofrem alterações de pH, devido estes órgãos buscarem melhores condições para o metabolismo citoplasmático no interior dos frutos, mantendo o valor deste parâmetro estável; fato que manteve o padrão de qualidade da legislação brasileira para produção de polpa de aceroleira, que estabelece um pH mínimo 2,8, satisfazendo as exigências dos mercados alemães, americano, brasileiro e japonês para a produção de polpa desta fruta (BRASIL, 2000).

A acidez total titulável média obtida nos frutos de aceroleira foi de 1,41% de ácido cítrico, sendo superior ao valor de 0,94% encontrado em frutos da cultivar de acerola Flor Branca (MOURA et al., 2007). O resultado do presente estudo revela a elevada acidez característica deste fruto, no qual o valor deve ser superior a 0,8% de ácido cítrico (BRASIL, 2000). A manutenção de valores altos de ácido cítrico nos frutos de acerola é de grande valia para a sua qualidade, haja vista que o ácido cítrico atua como antioxidante e na manutenção do pH do fruto (ARAÚJO et al, 2009).

Para a concentração de sólidos solúveis totais, observa-se que o valor médio foi de 8,7 °Brix, superior a 5,90 °Brix encontrado por Moura et al. (2007) em frutos da cultivar Flor Branca. De acordo com o Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento para produção de polpa da fruta (BRASIL, 2000), o teor mínimo de sólidos solúveis estabelecidos para comercialização como polpa é de 5,5 °Brix; portanto, afirma-se que o valor encontrado nos frutos do presente estudo satisfaz às normas vigentes que estabelece o padrão de qualidade dos frutos de acerola para processamento e comercialização da polpa.

O valor médio da razão sólidos solúveis totais/acidez titulável (SST/AT) foi de 6,22, assemelhando ao valor de 6,28 observados na cultivar Flor Branca logo após a colheita de frutos (MOURA et al., 2007). Este parâmetro representa uma das melhores formas de avaliação do sabor do fruto pelo seu grau de doçura, assim, quanto maior for esta razão, mais doces serão os frutos (SANTOS et al., 2012). Segundo Oliveira & Santos (2015), não há padrões definidos deste parâmetro de qualidade para frutos de acerola destinados ao consumo *in natura* ou processamento industrial, entretanto, o setor tem procurado cada vez mais frutos mais doces, ou seja, com maior valor desta variável.

Para o teor de vitamina C nos frutos, observa-se (Figura 6) uma diminuição pelo incremento na salinidade da água de irrigação, havendo decréscimo de 2,16% por cada aumento unitário na CEa de irrigação. Dias et al. (2011) relatam que a diminuição do teor de vitamina C devido ao aumento do estresse salino está relacionada com a redução dos teores de açúcares hexoses solúveis, originalmente D-glicose ou D-galactose, a partir das quais os frutos sintetizam o ácido ascórbico.

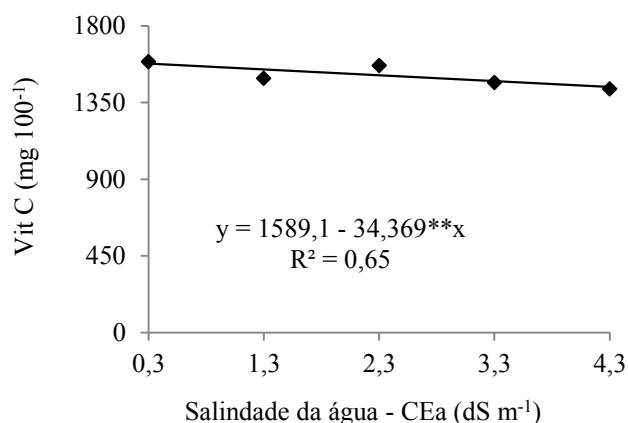


Figura 6. Teor de vitamina C (Vit C) em frutos de aceroleira irrigada com águas salinas, de colheitas realizadas no primeiro ano de cultivo, aos 295 dias após o transplantio.

De acordo com a Figura 6, observa-se que o maior teor de vitamina C foi de 1591 mg 100g⁻¹ de polpa nos frutos das plantas irrigadas com a CEa de 0,3 dS m⁻¹, diminuindo para 1430,80 mg 100 g⁻¹ de polpa nas plantas submetidas ao maior estresse salino, ou seja, 4,3 dS m⁻¹. Embora a salinidade comprometa o teor de vitamina C nos frutos, pode-se considerar que estes valores de vitamina C atendem o valor mínimo de 800 mg 100g⁻¹ de polpa estabelecido pelo Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2000) e são superiores ao valor mínimo de 1200 mg 100g⁻¹ de polpa preferido por países como Japão e Alemanha, principais mercados importadores de acerola (MOURA et al. 2007); sendo que este fato pode possibilitar a irrigação de aceroleira com CEa de até 4,3 dS m⁻¹ durante o primeiro ano de produção.

4 CONCLUSÕES

O incremento na salinidade da água de irrigação reduziu o tamanho, a massa e o teor de vitamina C dos frutos de acerola no primeiro ano de cultivo, no entanto, apesar da redução, o teor de vitamina C permaneceu dentro dos padrões exigidos pelo mercado consumidor.

A irrigação com salinidade da água de até 4,3 dS m⁻¹ e utilização das diferentes combinações de adubação nitrogenada e potássica não promoveram alterações no formato de frutos e sobre teores de antocianinas, carotenoides, pH, acidez titulável, sólidos solúveis totais e o sabor dos frutos, mantendo o padrão de qualidade dos frutos acima dos valores mínimos estabelecido pela legislação brasileira para produção de polpa de acerola.

A adubação de plantas de aceroleira com as combinações de 70% de N + 50% de K₂O e 100% de N + 75% de K₂O favoreceram o maior tamanho de frutos, principalmente em diâmetro transversal, quando irrigados com CEa de até 1,3 dS m⁻¹, além de promover maior acúmulo de massa nos frutos.

A aplicação de doses elevadas de N e K₂O através das combinações 130% de N + 100% de K₂O e 160% de N + 125% de K₂O, não mitigaram os efeitos da salinidade sobre os atributos físicos, físico-químicos e compostos bioativos dos frutos de aceroleira e, afetaram negativamente o diâmetro transversal e o tamanho dos frutos em plantas irrigadas mesmo com água de baixa salinidade.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE JÚNIOR, W. P.; PEREIRA, F. H. F.; FERNANDES, O. B.; QUEIROGA, R. C. F.; QUEIROGA, F. M. Efeito do nitrato de potássio na redução do estresse salino no meloeiro. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.24, n.3, p.110-119, 2011.
- ARAÚJO, P. G. L.; FIGUEIREDO, R. W.; ALVES, R. E.; MAIA, G. A.; MOURA, C. F. H.; SOUSA, P. H. M. Qualidade físico-química e química de frutos de clones de aceroleira recobertos com filme de PVC e conservados por refrigeração. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.30, n.4, p.867-880, 2009.
- BATISTA, K.; MONTEIRO, F. A. Variações nos teores de potássio, cálcio e magnésio em capim-marandu adubado com doses de nitrogênio e de enxofre. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.34, n.1, p.151-161, 2010.
- BEZERRA, I. L.; GHEYI, H. R.; NOBRE, R. G.; BARBOSA, J. L.; FÁTIMA, R. T.; ELIAS, J. J.; SOUZA, L. P.; AZEVEDO, L. Physiological alterations and production of guava under water salinity and nitrogen fertilizer application. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.39, n.5, p.1945-1956, 2018.
- BLANCO, F. F.; FOLEGATTI, M. V. Doses de N e K no tomateiro sob estresse salino: III. Produção e qualidade de frutos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.12, n.2, p.122–127, 2008.
- BORGES, A. L.; SILVA, D. J. Fertilizantes para fertirrigação. In: SOUSA, V. F. et al. (Eds.). **Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2011. p. 253-264.
- BRASIL. **Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento**. Instrução normativa nº1 de 07 de janeiro de 2000. Padrão de identidade e qualidade para polpas de frutas.
- CALGARO, M.; BRAGA, M. B. **A cultura da acerola**. 3.ed. Brasília, DF : Embrapa, 2012. 144 p. (Coleção Plantar; 69).
- CAVALCANTI, F. J. **Recomendações de adubação para o Estado de Pernambuco: 2. aproximação**. 2.ed. Recife: IPA, 2008. 212p.
- DIAS, T. J.; CAVALCANTE, L. F.; FREIRE, J. L. O.; NASCIMENTO, J. A. M.; BECKMANN-CAVALCANTE, M. Z.; SANTOS, G. P. Qualidade química de frutos do maracujazeiro-amarelo em solo com biofertilizante irrigado com águas salinas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.15, n.3, p.229–236, 2011.

- FACHI, L. R.; FERREIRA, A. F. N.; GARBUGIO, E. L. S.; KRAUSE, S.; KRAUSE, W. Qualidade e correlação dos parâmetros físico-químicos dos frutos de cultivares de acerola. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v.13 n.24, p.890-897, 2016.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: um sistema computacional de análise estatística. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.35, n.6, p.1039-1042, 2011.
- FREIRE, J. L. O.; CAVALCANTE, L. F.; REBEQUI, A. M.; DIAS, T. J.; NUNES, J. C.; CAVALCANTE, Í. H. L. Atributos qualitativos do maracujá amarelo produzido com água salina, biofertilizante e cobertura morta no solo. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 5, n.1, p.102-110, 2010.
- GURGEL, M. T.; UYEDA, C. A.; GHEYI, H. R.; OLIVEIRA, F. H. T. DE; FERNANDES, P. D.; SILVA, F. V. Crescimento de meloeiro sob estresse salino e doses de potássio. **Revista Brasileira e Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.14, n.1, p.3-10, 2010.
- INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. **Estações e dados**. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesAutomaticas>. Acesso em: 03 mar. 2018.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz**. 4.ed. Campinas: IAL, 2008.
- INTHICHACK, P.; NISHIMURA, Y.; FUKUMOTO Y. Effect of potassium sources and rates on plant growth, mineral absorption and the incidence of tip Burn in cabbage, celery, and lettuce. **Horticulture, Environment, and Biotechnology**, Busan, v.53, n.2, p.135-142, 2012.
- LIMA, G. S.; PINHEIRO, F. W. A.; DIAS, A. S.; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A. A.; SILVA, S. S. Growth and production components of West Indian cherry cultivated with saline waters and potassium fertilization. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.23, n.4, p.250-256, 2019.
- MEDEIROS, J. F. **Qualidade da água de irrigação e evolução da salinidade nas propriedades assistidas pelo "GAT" nos Estado do RN, PB e CE**. 1992. 173 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 1992.
- MOURA, C. F. H.; ALVES, R. E.; FIGUEIREDO, R. W.; PAIVA, J. R. Avaliações físicas e físico-químicas de frutos de clones de aceroleira (*Malpighia emarginata* D.C.). **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.38, n.1, p.52-57, 2007.

- NIVAS, D.; GAIKWAD, D. K.; CHAVN, P. D. Physiological responses of two morinda species under saline conditions. **American Journal of Plant Physiology**, New York, v.6, n.3, p.157-166, 2011.
- OLIVEIRA, E. N. A.; SANTOS, D. C. A **Tecnologia e processamento de frutos e hortaliças**. Natal: IFRN, 2015. 234p.
- RHOADES, J. P.; KANDIAH, A.; MASHALI, A. M. **The use saline waters for crop production** (Org). Roma: FAO, 1992. 133p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 48).
- SÁ, F. V. S.; GHEYI, H. R.; LIMA, G. S.; PAIVA, E. P.; SILVA, L. A.; MOREIRA, R. C. L.; FERNANDES, P. D.; DIAS, A. S. Ecophysiology of west indian cherry irrigated with saline water under phosphorus and nitrogen doses. **Bioscience Journal**, v.35, n.1, p. 211-221. 2019.
- SANTOS, S. M. L.; VASCONCELOS, A. M.; OLIVEIRA, V. S.; CLEMENTE, E.; COSTA, J. M. C. Evaluation of physical and physicochemical characteristics of *Malpighia emarginata* D.C. from the state of Ceará. **International Journal of Biochemistry Research & Review**, London, v. 2, n.4, p.152-163, 2012.
- SIMS, D. A.; GAMON, J. A. Relationships between leaf pigment content and spectral reflectance across a wide range of species, leaf structures and developmental stages. **Remote Sensing of Environment**, New York, v.81, p.337-354. 2002.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858p.
- VIDIGAL, S. M.; PACHECO, D. D.; COSTA, E. L. DA; FACION, C. E. Crescimento e acúmulo de macro e micronutrientes pela melancia em solo arenoso. **Revista Ceres**, v.56, p.112-118, 2009.
- WANG, M.; ZHENG, Q.; SHEN, Q.; GUO, S. The critical role of potassium in plant stress response. **International Journal Molecular Sciences**, v. 14, n. 4, p. 7370-7390, 2013.
- WILLADINO, L.; CAMARA, T. R. Tolerância das plantas à salinidade: Aspectos fisiológicos e bioquímicos. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v.6, n.11; p.1-23, 2010.

**PIGMENTOS, FOTOSSÍNTESE E PRODUÇÃO DE ACEROLEIRA
IRRIGADA COM ÁGUAS SALINAS SOB COMBINAÇÃO DE
ADUBAÇÃO NITROGENADA/POTÁSSICA⁴
(2º ANO DE CULTIVO)**

⁴ Trabalho aceito para publicação na Revista *Communicata Scientiae*

PIGMENTOS, FOTOSSÍNTESE E PRODUÇÃO DE ACEROLEIRA IRRIGADA COM ÁGUAS SALINAS SOB COMBINAÇÃO DE ADUBAÇÃO NITROGENADA/POTÁSSICA

RESUMO: O manejo da adubação é uma estratégia que vem sendo estudada para diminuição das deficiências nutricionais induzidas pelo estresse salino nas plantas. Neste sentido, objetivou-se com esse estudo, avaliar os efeitos de combinações de adubação nitrogenada e potássica sobre os pigmentos clorofilianos, atividade fotossintética e produção de aceroleira irrigada com águas de diferentes salinidades, no segundo ano de cultivo. O experimento foi conduzido em campo aberto, no Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar da Universidade Federal de Campina Grande, usando vasos de 60 L adaptados como lisímetros, em delineamento de blocos ao acaso e esquema fatorial 5 x 4, referentes a cinco salinidade da água de irrigação (CEa): 0,3; 1,3; 2,3; 3,3 e 4,3 dS m⁻¹ e quatro combinações de adubação nitrogenada e potássica: 70% N + 50% K₂O; 100% N + 75% K₂O; 130% N + 100% K₂O e 160% N + 125% K₂O da dose recomendada para aceroleira, com três repetições e uma planta por parcela. Estudou-se a cv. Flor Branca enxertada sobre porta-enxerto da cv. Junco entre 420 e 540 dias após o transplantio. A irrigação com CEa acima de 0,3 dS m⁻¹ reduziu a clorofila nas folhas, a atividade fotossintética e o número de frutos por planta. A combinação de 70% de N + 50% de K₂O atenuou os efeitos deletérios da salinidade da água sobre a produção por planta até a CEa de 2,3 dS m⁻¹ e aumentou os pigmentos de clorofilianos, a fotossíntese e o número de frutos por planta, tornando-se a combinação mais adequada para produção de aceroleira utilizando águas salinas.

Palavras-chave: *Malpighia emarginata* D. C., salinidade, nitrogênio, potássio.

PIGMENTS, PHOTOSYNTHESIS AND PRODUCTION OF WEST INDIAN CHERRY IRRIGATED WITH SALT WATERS UNDER COMBINATIONS NITROGEN/POTASSIUM FERTILIZATION

ABSTRACT: Fertilization management is one of the strategies that have been studied to reduce nutritional deficiencies induced by salt stress in plants. In this context, this research aimed to study the effect of nitrogen and potassium fertilizer combinations on chlorophyll

pigments, photosynthetic activity and production of West Indian cherry irrigated with waters of different salinities, in the second year of cultivation. The experiment was carried in the open field at Center for Agrifood Science and Technology of the Federal University of Campina Grande, using 60-L vase adapted as lysimeters, in a randomized block design and 5 x 4 factorial scheme, referring to five irrigation water salinity (EC_w): 0.3; 1.3; 2,3; 3.3 and 4.3 dS m⁻¹ and four combinations of nitrogen and potassium fertilization: 70% N + 50% K₂O; 100% N + 75% K₂O; 130% N + 100% K₂O and 160% N + 125% K₂O of the recommended dose for West Indian cherry, with three repetitions and one plant per plot. The cv. White flower grafted on cv. Junco between 420 and 540 days after transplanting. Irrigation with EC_w above 0.3 dS m⁻¹ reduced leaf chlorophyll, photosynthetic activity and the number of fruits per plant. The combination of 70% N + 50% K₂O attenuated the deleterious effects of water salinity on the production per plant up to the EC_a of 2.3 dS m⁻¹ and increased the chlorophyll pigments, photosynthesis and the number of fruits per plant, making it the most suitable combination for the production of West Indian cherry using saline waters.

Keywords: *Malpighia emarginata* D. C., salinity, management of fertilization.

1 INTRODUÇÃO

A fruticultura é uma atividade de grande relevância para região semiárida do Nordeste brasileiro, estando a aceroleira (*Malpighia emarginata* D. C.) entre as frutíferas de maior interesse econômico na região, devido ao elevado teor de vitamina C e de compostos antioxidantes presentes em seus frutos (CALGARO; BRAGA, 2012).

Nesta região, onde o sistema de produção depende da irrigação, o excesso de sais na água de irrigação pode se tornar um fator limitante, provocando o estresse salino que estimula a degradação de pigmentos fotossintetizantes e dos cloroplastos, causa o fechamento estomático, diminui o aproveitamento da energia luminosa, a carboxilação da enzima Rubisco e atividade das enzimas de ciclo de Calvin-Benson, reduzindo a atividade fotossintética e a produção das culturas (PARIHAR et al., 2015).

Neste sentido, a suplementação mineral com uso de nitrogênio e o potássio é de suma importância, pois, estão envolvidos nos processos fisiológicos e bioquímicos, com resposta direta sobre o crescimento e produção das plantas, haja vista que o primeiro exerce função estrutural de proteínas, enzimas, aminoácidos, ácidos nucleicos, etc. (LEGHARI et al., 2016);

e o segundo atua no controle da turgidez celular, ativação de enzimas envolvidas na respiração e fotossíntese, regulação da transpiração e transporte de carboidratos (WANG et al., 2013). Neste sentido, é necessário buscar estratégias de manejo da adubação com a combinação destes nutrientes, no intuito de diminuir as deficiências nutricionais induzidas pelo estresse salino e promover ganhos de produção.

Ressalta-se que combinações adequadas de doses de nitrogênio e potássio, em plantas sob condições salinas podem reduzir a razão $\text{Cl}^-/\text{NO}_3^-$ e Na^+/K^+ nas folhas, com mitigação dos efeitos tóxicos dos íons Na^+ e Cl^- e reestabelecer a homeostase iônica (ANDRADE JÚNIOR et al., 2011), gerando condições favoráveis às atividades fisiológicas e bioquímicas, com reflexo positivo sobre a produção das culturas.

Estudos demonstraram que aumentos de 40% nas doses de N e P (Sá et al., 2019a) e de 125% de K_2O (LIMA et al., 2019a) em relação à dose recomendada, mitigam os efeitos negativos da CEA de até $3,8 \text{ dS m}^{-1}$, sobre o crescimento, fotossíntese e produção da aceroleira BRS Jaburu no primeiro ano de cultivo; porém não foi constatado efeito mitigador da adubação nitrogenada (LIMA et al., 2019b) e da combinação de doses de N e K (ALVARENGA et al., 2019) sobre o crescimento e atividade fotossintética na cv. Flor Branca submetida até a CEA de $4,3 \text{ dS m}^{-1}$ até aos 200 dias após o transplante.

Em relação ao efeito da combinação NK sobre a fotossíntese e produção da cultura sob estresse salino no segundo ano de cultivo, os estudos ainda são incipientes. Neste sentido, objetivou-se com esse estudo, avaliar os efeitos de combinações de adubação nitrogenada e potássica sobre os pigmentos clorofilianos, atividade fotossintética e produção de aceroleira irrigada com águas de diferentes salinidades, no segundo ano de cultivo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido em campo, com as plantas cultivadas em lisímetros de 60 L instalados em área experimental pertencente ao Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar (CCTA) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Pombal, PB. As coordenadas geográficas de referência do local são $6^\circ 48'16''$ latitude Sul, $37^\circ 49'15''$ longitude Oeste e altitude média de 144 m. Segundo a classificação de Köppen, adaptada ao Brasil, o clima da região é classificado como BSh, semiárido quente. Os dados climatológicos próximo ao local do experimento, durante o período do estudo, estão apresentados na Figura

1, cuja precipitação, temperatura média e umidade relativa do ar durante o período de produção entre 420 e 550 DAT foram de 8,0 mm; 27,7 °C e 44,8%, respectivamente (INMET, 2018).

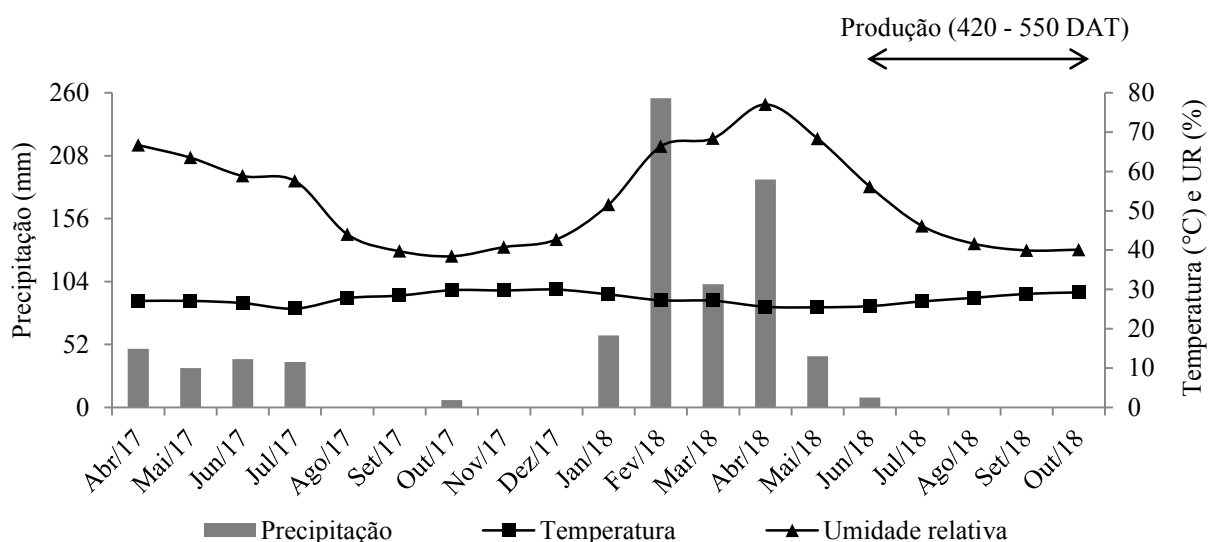


Figura 1. Dados médios de precipitação, temperatura e umidade relativa – UR, no período de estudo, obtido em estação meteorológica automatizada, próximo ao local do experimento (INMET, 2018).

Os tratamentos foram dispostos em esquema fatorial 5 x 4, referentes a cinco níveis de salinidades da água de irrigação (CEa): 0,3; 1,3; 2,3; 3,3 e 4,3 dS m⁻¹ e quatro combinações de doses de nitrogênio e potássio: C1 = 70% N + 50% K₂O; C2 = 100% N + 75% K₂O; C3= 130% N + 100% K₂O e C4= 160% N + 125% K₂O da dose recomendada para aceroleira (Cavalcanti, 2008), aleatorizados em blocos ao acaso, com três repetições, e parcela composta de um lisímetro contendo uma planta, totalizando 60 unidades experimentais.

Os níveis salinos foram baseados no estudo de Sá et al. (2019a), onde constataram que a irrigação com água de salinidade de até 2,2 dS m⁻¹ não comprometeram o crescimento, atividade fotossintética e a produção da cultura da aceroleira BRS 336 Jaburu no primeiro ano de cultivo.

As águas salinas dos tratamentos de 1,3 a 4,3 dS m⁻¹, foram preparadas, obedecendo-se a relação entre CEa e a concentração dos sais (mmol_c L⁻¹ = CE x 10), a partir da adição de NaCl, CaCl₂.2H₂O e MgCl₂.6H₂O, mantendo a proporção equivalente de 7:2:1, respectivamente, à água do tratamento de menor salinidade (0,3 dS m⁻¹).

Inicialmente, as plantas foram irrigadas com água de condutividade elétrica de 0,3 dS m⁻¹, com propósito de promover boa aclimação às condições de campo. A aplicação das

águas salinas teve início aos 41 dias após o transplântio (DAT), período em que a irrigação foi feita diariamente de forma manual, com a água do respectivo tratamento e baseado no princípio da lisimetria de drenagem, onde o volume a ser aplicado em cada irrigação foi determinado pela diferença entre volume aplicado e volume drenado na irrigação anterior, onde o valor desta diferença equivalente ao volume de água necessária para solo atingir capacidade máxima de retenção de água (capacidade de campo). Aplicou-se fração de lixiviação de 15% a cada 15 dias, sendo determinado com base no volume de água aplicada neste período, cujo propósito foi diminuir o acúmulo excessivo de sais na zona radicular das plantas.

A aplicação das combinações de adubação dos tratamentos teve início aos 20 DAT, realizadas simultaneamente em cobertura, a um raio de 20 cm em relação à base da planta. Adotou-se a recomendação de adubação para cultivar de aceroleira “Flor Branca” cultivada sob condições de irrigação, correspondente a 100 g de N e 80 g de K₂O por planta por ano (Cavalcanti, 2008), equivalentes às doses dos tratamentos de 100% de nitrogênio e de potássio. As quantidades de N e K₂O aplicadas durante a condução do experimento estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Quantidades de N e K₂O aplicadas através dos tratamentos das combinações de adubação nitrogenada e potássica e de adubação fosfatada, realizadas no primeiro e segundo ano de cultivo, até aos 550 dias após o transplântio.

Combinações de adubação	Quantidades aplicadas por planta		
	1º ano (até 365 DAT)	2º ano (365 - 550 DAT)	Total (até 550 DAT)
C1 = 70% N + 50% K ₂ O	70 g N + 40 g K ₂ O	35 g N + 20 g K ₂ O	105 g N + 60 g K ₂ O
C2 = 100% N + 75% K ₂ O	100 g N + 60 g K ₂ O	50 g N + 30 g K ₂ O	150 g N + 90 g K ₂ O
C3 = 130% N + 100% K ₂ O	130 g N + 80 g K ₂ O	65 g N + 40 g K ₂ O	195 g N + 120 g K ₂ O
C4 = 160% N + 125% K ₂ O	160 g N + 100 g K ₂ O	80 g N + 50 g K ₂ O	240 g N + 150 g K ₂ O
Adubação fosfatada (P ₂ O ₅)			
-	20 g	10 g	30 g

Nota: A aplicação de combinações das doses de N e K₂O foram feitas em intervalo de 15 dias, utilizando como fontes ureia (45% de N) e KCl (60% de K₂O). A adubação fosfatada no primeiro ano foi feita com superfosfato simples (18% de P₂O₅), misturando o fertilizante com o solo do lisímetro e no segundo ano parcelada em 12 aplicações em partes iguais, em intervalo de 15 dias, utilizando monoamônio fosfato - MAP (61% P₂O₅ e 12% de N), cuja quantidade de N foi subtraído das doses dos tratamentos com adubação nitrogenada.

Os lisímetros foram espaçados no campo a 1,8 x 2,0 m, entre plantas e linhas de plantio, respectivamente, ocupando uma área de 216 m². Na base dos lisímetros foi instalado

um sistema de drenagem composto por uma camada de 3,0 cm de brita nº 1; 2,0 cm de areia lavada e um dreno com diâmetro de 1/2” (12,7 mm) conectado a uma garrafa PET com capacidade volumétrica de 2 L. Acima da areia, usou-se 56 L de solo, cujos atributos físicos e químicos (Tabela 2) foram determinados no Laboratório de Irrigação e Salinidade do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais (CTRN) da UFCG (DONAGEMA et al., 2011).

Tabela 2. Atributos físicos e químicos do Neossolo Flúvico eutrófico utilizado no experimento, antes da aplicação dos tratamentos, coletado na camada de 0-20 cm do Lote 14, Setor I, do Perímetro Irrigado das Várzeas de Sousa-PB.

Classificação textural	Granulometria					Complexo sortivo								
	Areia (%)	Silte (%)	Argila (%)	Ds (kg dm ⁻³)	Pt (%)	M.O (%)	N (mg dm ⁻³)	P assimilável (mg dm ⁻³)	Ca ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	Mg ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	Na ⁺ (cmol _c dm ⁻³)	K ⁺ (cmol _c dm ⁻³)	H ⁺ + Al ³⁺ (cmol _c dm ⁻³)	
FA	73,73	16,16	7,11	1,44	47,63	0,41	0,02	41,00	3,50	1,70	0,14	0,30	0,00	
Extrato de saturação														
pHes	CEes (dS m ⁻¹)	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Us (% em massa)				
7,11	1,28	1,39	3,23	0,38	5,78	9,00	Ausente	0,00	1,40	20,80				
RAS (mmol L ⁻¹) ^{0,5}		PST (%)		Salinidade/sodicidade				Classe de solo						
3,80		2,48		Não salino/não sódico				Normal						

FA – Franco arenoso; Da - Densidade do solo; Pt - Porosidade total; M.O - Matéria orgânica; pHes - pH do extrato de saturação, CEes - condutividade elétrica do extrato de saturação a 25 °C; Us - umidade de saturação do solo (% em base de massa); RAS- Razão de adsorção de sódio; PST - Percentagem de sódio trocável; P, K⁺ e Na⁺ extraídos com extrator Mehlich-1; Ca²⁺ e Mg²⁺ extraídos com extrator KCl 1,0 M L⁻¹ a pH 7,0; H⁺ + Al³⁺ extraído por 0,5 M CaOAc a pH 7,0; M.O: digestão úmida Walkley-Black.

As mudas foram provenientes de viveiro comercial credenciado no Registro Nacional de Sementes e Mudas, localizado no Distrito de São Gonçalo, Sousa – PB, cultivadas em sacolas de polietileno com dimensões 10 x 20 cm e capacidade volumétrica de 0,5 L, enxertadas pelo tipo fenda cheia, usando porta-enxerto e enxerto das cultivares Junco e Flor Branca, respectivamente.

O transplântio foi realizado quando as mudas atingiram entre 30 e 40 cm de altura, aos 120 dias após a enxertia, em solo com o teor de umidade a capacidade de campo. Durante a condução do experimento foi utilizada uma camada de 4,0 cm de cobertura morta, composta de restos de gramíneas.

Os pigmentos fotossintéticos foram avaliados aos 540 DAT, determinados através dos teores de clorofila *a* (CLa), clorofila *b* (CLb), clorofila total (CLtotal) e carotenoides (CAR), pela seguinte metodologia: foram retirados 6 discos de tecido vegetal com 9 mm de diâmetro, do limbo foliar do quarto par de folhas de um ramo localizado na região mediana da copa. O material foi picotado e imerso em 6 mL de acetona a 80%, contida em recipientes de vidro de

capacidade de 10 mL, onde as amostras permaneceram totalmente no escuro por 48 horas em refrigerador a temperatura de 8 °C para extração dos pigmentos do sobrenadante. Em seguida, quantificou-se os teores de clorofila a, b, total e carotenoides procedidos por espectrofotometria com as leituras em absorbância (A), respectivamente nos comprimentos de onda de 663, 646 e 470 nm, respectivamente, utilizando acetona a 80% como branco, através das Eq.1; Eq.2; Eq.3 e Eq.4 conforme metodologia de Lichtenthaler (1987):

$$CLa = 12,21 A_{663} - 2,81 A_{646} \quad \text{Eq. 1}$$

$$CLb = 20,13 A_{646} - 5,03 A_{663} \quad \text{Eq. 2}$$

$$CL_{total} = 17,3 A_{646} + 7,18 A_{663} \quad \text{Eq. 3}$$

$$CAR = (1000 A_{470} - 1,82 CLa - 85,02 CLb)/198 \quad \text{Eq. 4}$$

Os parâmetros fotossintéticos também foram mensurados aos 540 DAT, através da eficiência fotoquímica e das trocas gasosas medidas entre 6:00 e 9:00 hs da manhã em folha localizada na região da copa das plantas onde retirou-se os discos foliares para análises de pigmentos. A eficiência fotoquímica foi analisada, através dos parâmetros de fluorescência da clorofila a, incluindo: fluorescência inicial (F_o), fluorescência máxima (F_m) e fluorescência variável (F_v), utilizando o equipamento PEA – Hansatech, com a colocação de pinças foliares na quarta folha totalmente expandida, do ápice para base do ramo, onde permaneceu por 30 minutos de adaptação ao escuro, e em seguida, realizou-se a leitura. As trocas gasosas foram determinadas através da transpiração (E), condutância estomática (gs), taxa de assimilação de CO_2 (A), concentração intercelular de CO_2 (C_i), eficiência instantânea de carboxilação (E_iC_i) e eficiência instantânea de uso da água (E_iUA). As quatro primeiras variáveis foram medidas utilizando analisador de gás carbônico a infravermelho portátil (IRGA), modelo LCPro + Portable Photosynthesis System®, operando com temperatura ambiente, irradiação de 1200 $\mu\text{mol f\u00f3tons m}^{-2} \text{s}^{-1}$, fluxo de ar de 200 mL min^{-1} e concentração de CO_2 atmosf\u00e9rico. Com esses dados, quantificou-se a eficiência instant\u00e2nea de carboxila\u00e7\u00e3o (E_iC_i) - (A/C_i) e a efici\u00eancia instant\u00e2nea de uso da \u00e1gua (E_iUA) - (A/E).

O n\u00famero de frutos por planta (NFR) e produ\u00e7\u00e3o por planta (PROD) foram obtidos de colheitas realizadas, quando os frutos apresentavam pel\u00edcula de colora\u00e7\u00e3o vermelha, em intervalos de cinco dias, entre 420 e 550 DAT. O NF foi determinado atrav\u00e9s da contagem de todos os frutos. A PROD foi obtida pelo somat\u00f3rio do peso de todos os frutos produzidos por planta durante o per\u00edodo das colheitas.

As médias das variáveis foram submetidas à análise de variância pelo teste F em nível de 0,05 e 0,01 de probabilidade, sendo os dados dos níveis de salinidade analisados por estudos de regressão, e as médias das combinações das doses de nitrogênio e potássio comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), utilizando para processamento dos dados o software estatístico Sisvar/versão 5.6 (FERREIRA, 2014).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verificou-se que não houve interação significativa ($p > 0,05$) entre as salinidades da água de irrigação x combinações de adubação NK sobre os teores de pigmentos fotossintéticos e a fluorescência da clorofila a (Tabela 3). Todavia, ocorreu efeito significativo isolado ($p < 0,01$ e $p < 0,05$) das salinidades da água sobre os teores de clorofila a, clorofila b, clorofila total, carotenoides, fluorescência máxima e fluorescência variável, enquanto que as combinações de adubação NK afetaram de maneira significativa ($p < 0,01$) os teores de clorofilas e carotenoides. Já a fluorescência inicial não foi influenciada ($p > 0,05$) por nenhum dos fatores estudados.

Tabela 3. Resumo do teste F para os teores de clorofila a (CLa), clorofila b (CLb), clorofila total (CLtotal), fluorescência inicial (Fo), fluorescência máxima (Fm) e fluorescência variável da clorofila a (Fv) em plantas de aceroleira irrigada com águas salinas, sob combinações de adubação nitrogenada e potássica, aos 540 dias após o transplântio.

Fonte de variação	Significância do teste F							
	GL	CLa	CLb	CLtotal	Car ¹	Fo	Fm	Fv
Salinidades (S)	4	**	**	**	*	ns	**	**
Combinações NK (C)	3	**	**	**	**	ns	ns	Ns
Interação S*C	12	ns	ns	Ns	ns	ns	ns	Ns
Bloco	2		ns	Ns	ns	ns	ns	Ns
Erro	38	0,0005	0,0003	0,0016	0,0004	9424,8	106492,9	98051,1
CV (%)	-	23,72	23,62	23,28	35,56	11,72	12,35	17,27

ns, **, respectivamente não significativos e significativo a $p < 0,01$; GL= grau de liberdade; CV= coeficiente de variação. ¹ análise estatística realizada após transformação de dados em \sqrt{X} .

O aumento na salinidade da água de irrigação reduziu de forma linear os teores de CLa, CLb e CLtotal nas folhas de aceroleira (Figuras 2A, 2B e 2C), causando diminuições de 9,47; 7,80 e 8,73% por incremento unitário da CEa. Para os teores de CAR, os dados

ajustaram-se ao modelo quadrático, cujo valor máximo (0,0061 g m⁻²) foi obtido na CEa de 2,5 dS m⁻¹, sendo posteriormente reduzido pelo aumento na salinidade da água (Figura 2D).

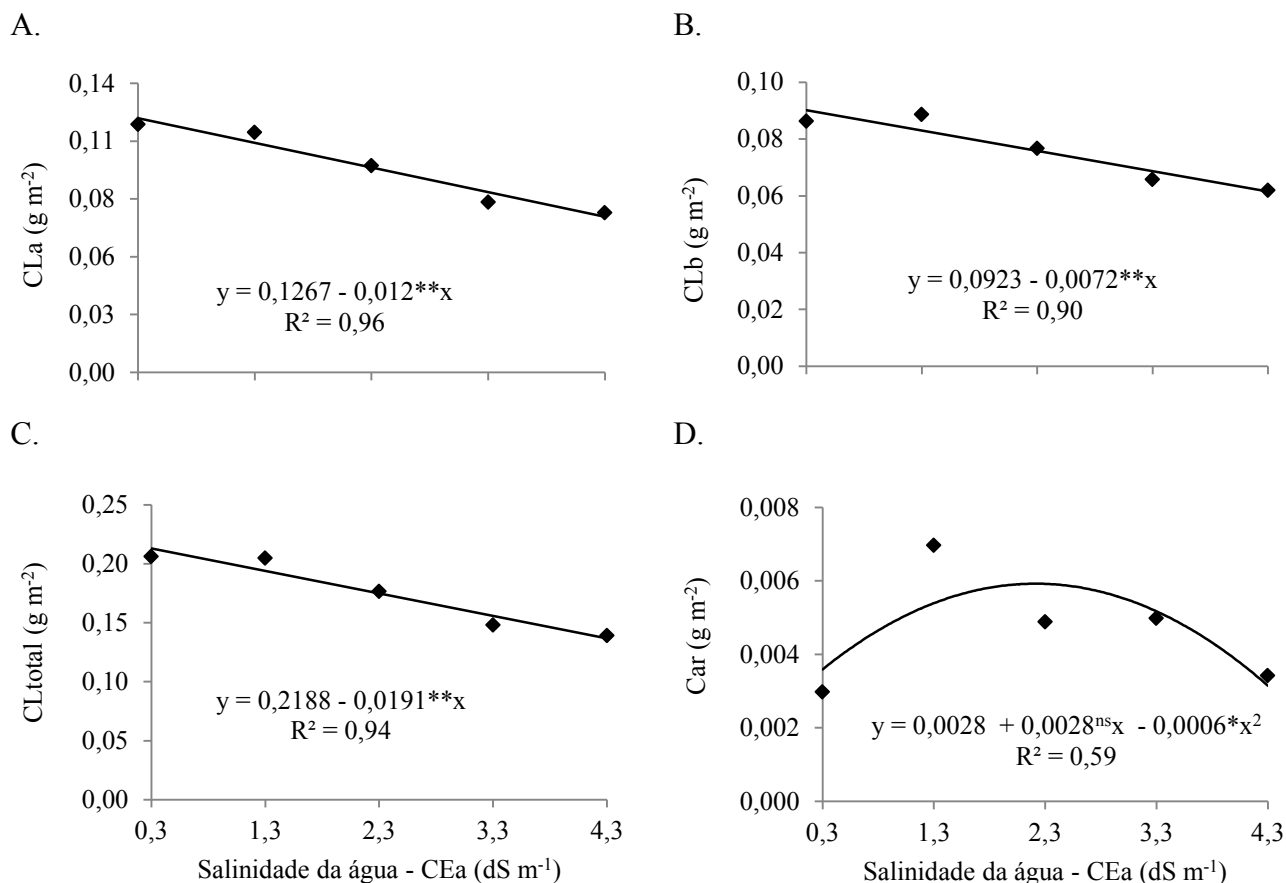
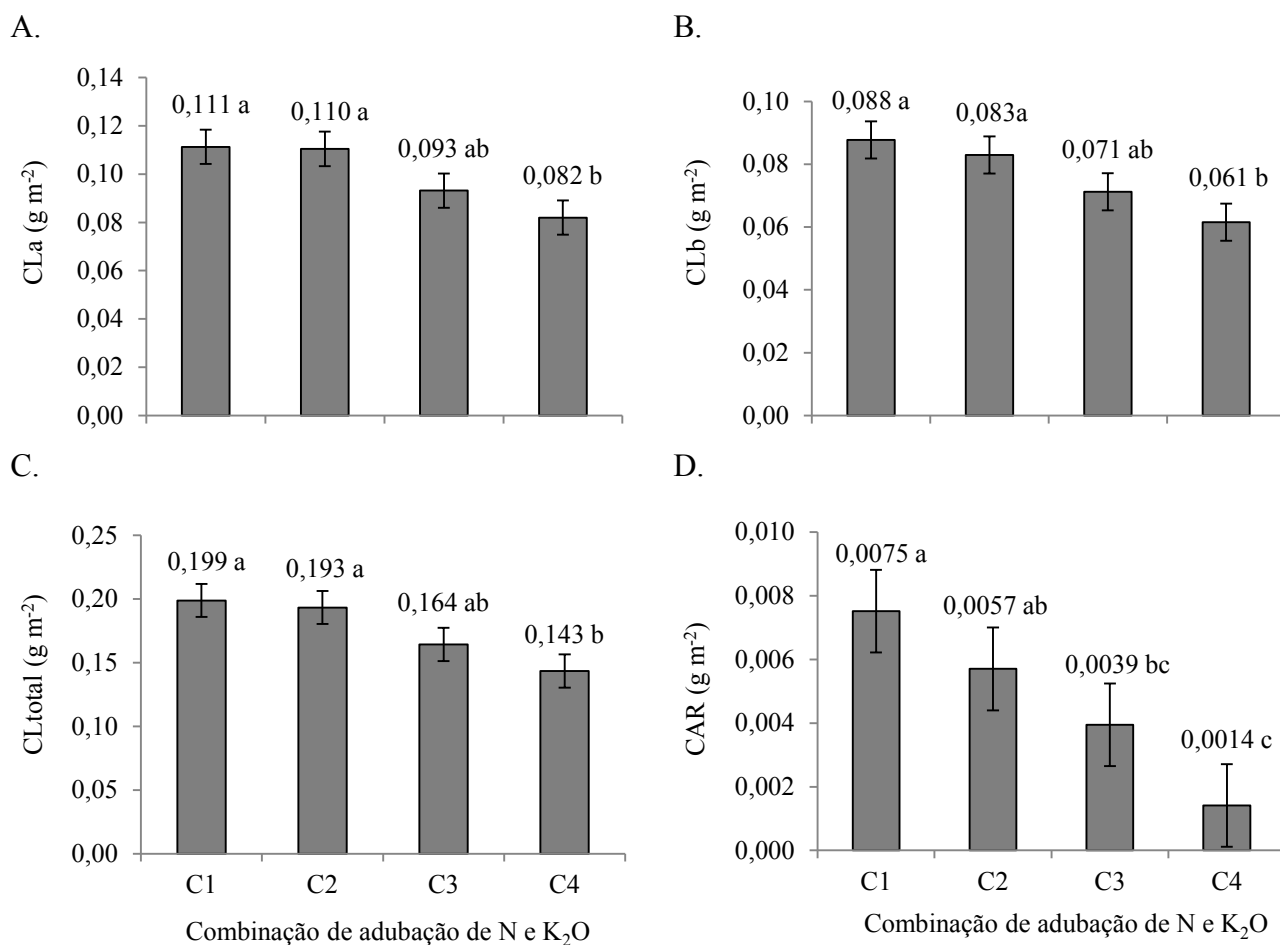


Figura 2. Teores de clorofila a – CLa (A), Clorofila b – CLb (B), Clorofila total – CLtotal (C) e carotenoides – Car (D) em folhas de aceroleira, em função da salinidade da água de irrigação – CEa, aos 540 dias após o transplântio.

A diminuição dos teores de clorofila pode estar relacionada à inibição da síntese do ácido 5-aminolevulínico, molécula precursora da clorofila e ao aumento na atividade da enzima clorofilase, que degrada as moléculas destes pigmentos fotossintetizantes, sob condições de estresse salino (FREIRE et al., 2013; SILVA et al., 2017; SÁ et al., 2019b). Já o aumento nos teores de carotenoides até a CEa de 2,5 dS m⁻¹ pode estar envolvido com a proteção do maquinário fotossintético aos efeitos do estresse salino; haja vista que além da captação de luz e dissipação do excesso de energia luminosa (LEGHARI et al., 2016), em plantas expostas à salinidade, este pigmento atua como agente antioxidante, protegendo os lipídios de membrana do estresse oxidativo nos cloroplastos (FALK & MUNNÉ-BOSCH, 2010). Entretanto, salienta-se que a salinidade da água acima deste nível pode ter aumentado a

degradação de β -caroteno e a redução da síntese de zeaxantina, pigmentos estruturais dos carotenoides (FREIRE et al., 2013; SÁ et al., 2019b).

Em relação às combinações de adubação NK, observou-se (Figuras 3A, 3B, 3C e 3D), que a CLa, CLb, CLtotal e CAR obtiveram maiores valores sob adubação com as combinações C1 (70% N + 50% K₂O) e C2 (100% N + 125% K₂O), seguido de reduções na utilização das combinações C3 (130% N + 100% K₂O) e C4 (160% N + 125% K₂O).



C1= 70%N + 50%K₂O; C2= 100%N + 75%K₂O; C3= 130%N +100%K₂O e C4= 160%N + 125%K₂O. Médias seguidas por letras diferentes indicam diferença significativa entre os tratamentos pelo teste Tukey (p < 0,05 de probabilidade). Barras representam o erro padrão da média (n = 3).

Figura 3. Teores de clorofila a – Cla (A), Clorofila b – CLb (B), Clorofila total – Cltotal (C) e carotenoides – Car (D) em folhas de aceroleira, em função de diferentes combinações de adubações de adubação nitrogenada e potássica aos 540 dias após o transplantio.

O fornecimento de nitrogênio e potássio das combinações de 70% N + 50% K₂O e 100% N + 75% K₂O promoveram maior síntese de pigmentos fotossintéticos, especificamente

os de clorofila, sendo as doses aplicadas de nitrogênio adequadas para síntese de clorofila, visto que este nutriente mineral apresenta alta correlação com o teor deste pigmento nas folhas e é um dos principais constituintes da molécula de clorofila (LEGHARI et al., 2016). A utilização das combinações C3 (130% N + 100% K₂O) e C4 (160% N + 125% K₂O) podem ter promovido desequilíbrio nutricional e intensificado o efeito osmótico com diminuição da absorção de água. Estes efeitos podem ter ocorrido devido à aplicação de altas doses de N e K através da ureia e o KCl, que possuem índice salinos elevados correspondentes a 75 e 115%, respectivamente (BORGES; SILVA, 2011). Resultado semelhante foi encontrado na cultura da aceroleira no primeiro ano de cultivo, utilizando estas doses e estes fertilizantes como fontes de N e K₂O (ALVARENGA et al., 2019).

Verifica-se nas Figuras 4A e 4B, que o incremento na salinidade da água reduziu a fluorescência máxima (Fm) e fluorescência variável (Fv) da clorofila a, promovendo diminuições de 3,57 e 4,62%, respectivamente, por aumento unitário na CEa de irrigação. A diminuição da fluorescência máxima indica a deficiência na fotorredução da quinona A (QA), que afeta diretamente o fluxo de elétrons entre os fotossistemas I e II na membrana dos tilacoides, comprometendo a eficiência fotoquímica (SILVA et al., 2017; SÁ et al., 2019a).

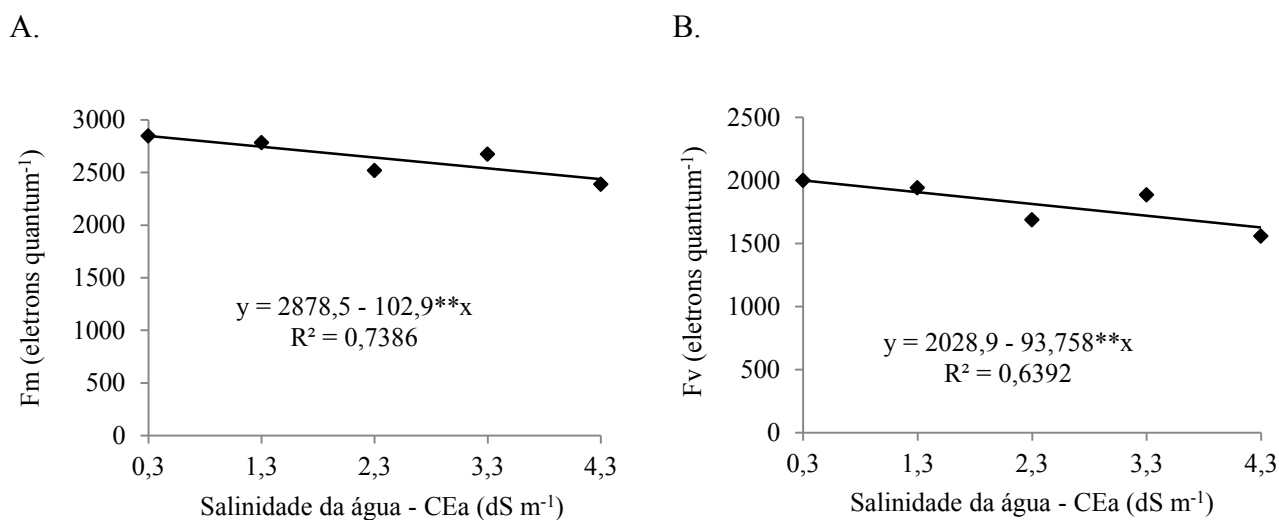


Figura 4. Fluorescência máxima da clorofila a – Fm (A) e Fluorescência variável da clorofila a – Fv (B) em folhas de aceroleira, em função da salinidade da água de irrigação – CEa, aos 540 dias após o transplantio.

Já a diminuição da fluorescência variável (Figura 4B) reflete a redução da capacidade da transferência de energia dos elétrons ejetados das moléculas dos pigmentos para a formação do redutor NADPH e ATP, que são utilizados durante assimilação do CO₂ na fase

bioquímica da fotossíntese (TATAGIBA et al., 2014). Assim, afirma-se de maneira geral, que o incremento na salinidade da água de irrigação diminuiu o transporte de elétrons utilizados na fotossíntese, com provável redução da eficiência fotoquímica nas plantas de aceroleira. Esses efeitos da salinidade da água de irrigação sobre a fluorescência da clorofila a, também foram observados por Sá et al. (2019a) nesta cultura, sobre a cultivar BRS Jaburu, pelo aumento no nível de CEa de até 3,8 dS m⁻¹, no primeiro ano de cultivo.

Observou-se (Tabela 4) que a interação entre as salinidades da água de irrigação x combinações NK foi significativa (p<0,01) sobre a produção por planta. Além disso, ocorreu efeito significativo isolado (p<0,01 e p<0,05) das salinidades da água e das combinações de adubação NK sobre a taxa de assimilação de CO₂, concentração intercelular de CO₂, eficiência instantânea de carboxilação, eficiência instantânea de uso da água e número de frutos por planta; enquanto que a transpiração e a condutância estomática não foram afetadas de maneira significativa por nenhum dos fatores estudados (p>0,05).

Tabela 4. Resumo do teste F para taxa de transpiração (E), condutância estomática (gs), taxa de assimilação de CO₂ (A), concentração intracelular de CO₂ (Ci), eficiência instantânea de carboxilação (EiCi), eficiência instantânea de uso da água (EiUA) aos 540 dias após o transplântio, número de frutos por planta (NFR) e produção por planta (PROD) de colheitas realizadas entre 420 e 550 dias após o transplântio, em aceroleira irrigada com águas salinas, sob combinações de adubação nitrogenada e potássica.

Fonte de variação	Significância do teste F								
	GL	E	gs	A	Ci	EiCi	EiUA	NF	PROD
Salinidades (S)	4	ns	ns	*	**	**	*	**	**
Combinações NK (C)	3	ns	ns	**	*	**	**	**	**
Interação S*C	12	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**
Bloco	2	**	**	**	**	**	*	ns	ns
Erro	38	0,114	0,0003	3,047	912,03	0,0001	2,974	34379,0	0,145
CV (%)	-	35,66	35,66	36,85	15,76	44,59	33,90	42,10	37,74

ns, **, respectivamente não significativos e significativo a p < 0,01; GL= grau de liberdade; CV= coeficiente de variação.

O efeito não significativo da salinidade da água sobre a condutância estomática e a transpiração, pode estar relacionado com a manutenção de turgescência das células-guardas que regulam a abertura e o fechamento dos estômatos, por algum efeito do ajustamento osmótico.

Para a concentração intercelular de CO₂, averiguou-se (Figura 5A) efeito linear crescente pelo incremento da salinidade da água, resultando em aumento de 11,63% por acréscimo unitário da CEa. Tal fato está associado ao acúmulo de CO₂ no espaço intercelular

do mesófilo foliar, com efeito provável na diminuição da utilização deste gás para a síntese de açúcares durante a fotossíntese (SILVA et al., 2018; LIMA et al., 2019a). Geralmente, isto ocorre pela elevação da concentração de Cl^- nas folhas, que reduz a eficiência de carboxilação da enzima ribulose 1,5-bisfosfato carboxilase-oxigenase (rubisco), responsável pela fixação de carbono para fase bioquímica da fotossíntese (SILVA et al., 2018).

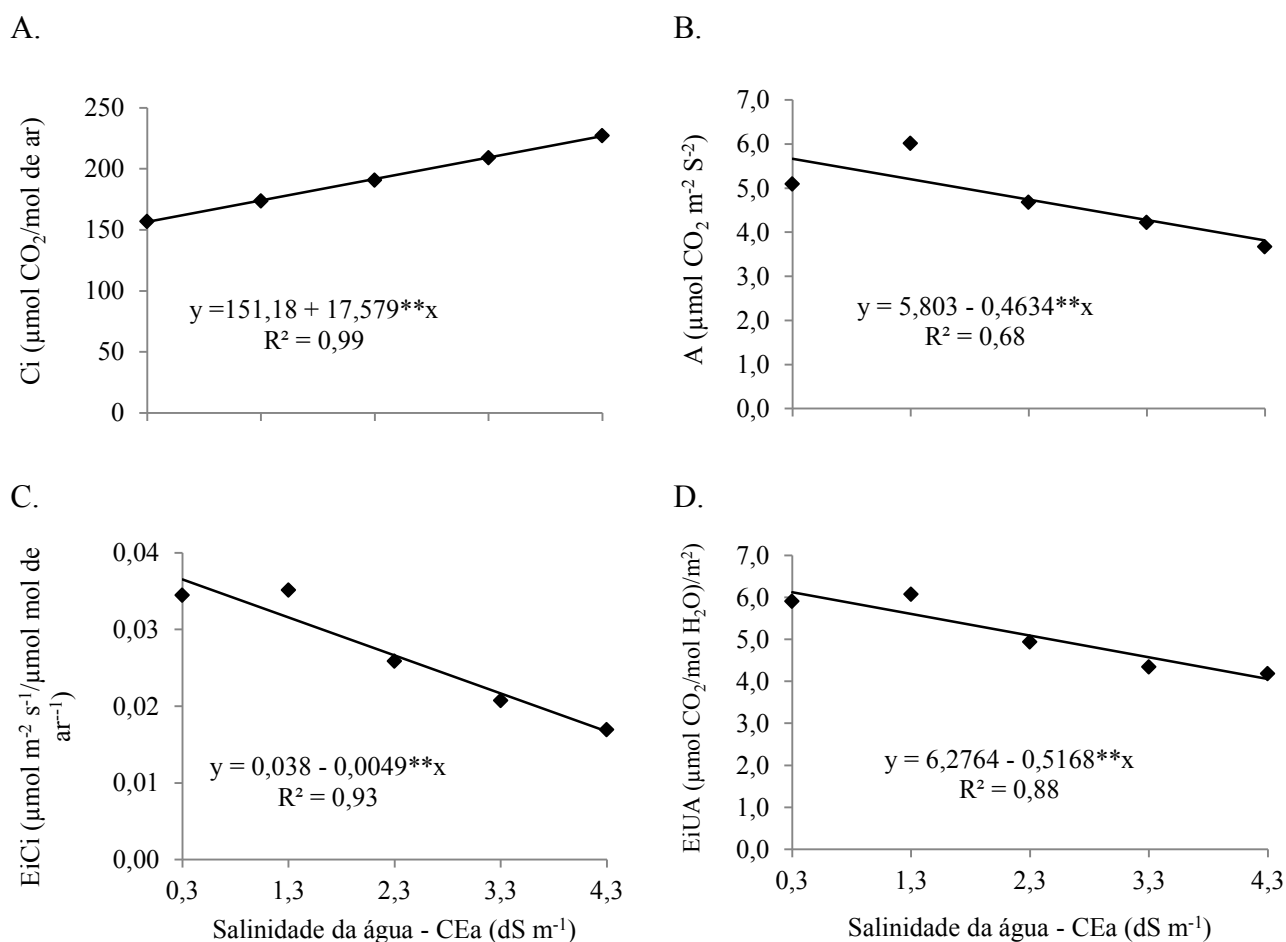


Figura 5. Concentração intercelular de CO_2 – C_i (A), taxa de assimilação de CO_2 – A (B), eficiência instantânea de carboxilação – EiC_i (C) e eficiência instantânea no uso da água – $EiUA$ (D) em plantas de aceroleira, em função da salinidade da água de irrigação aos 540 dias após o transplântio.

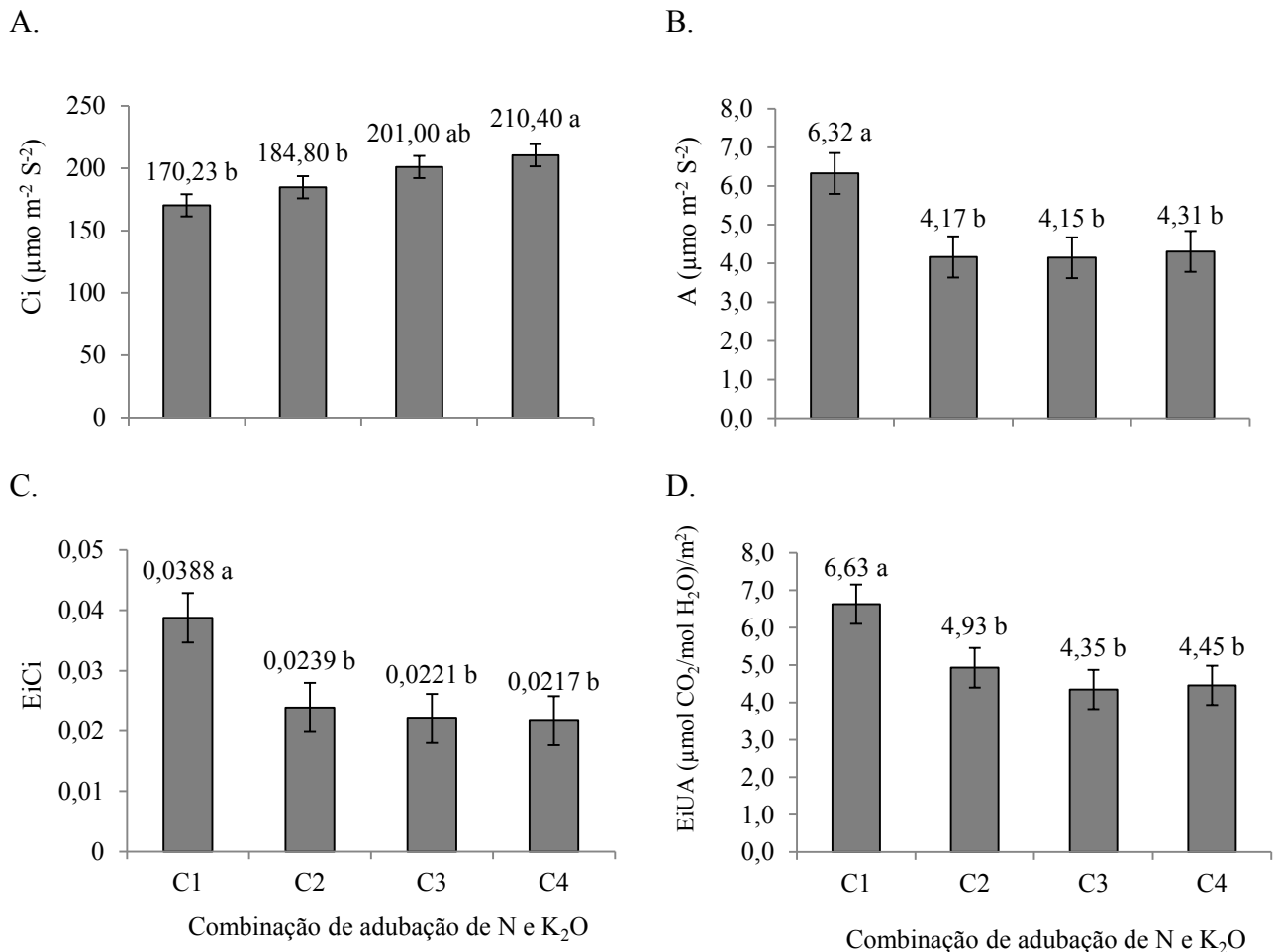
Nas Figuras 5B, 5C e 5D, constatou-se que o aumento na salinidade da água de irrigação causou decréscimos sobre a taxa de assimilação de CO_2 , eficiência instantânea de carboxilação e eficiência instantânea de uso da água, cujas diminuições lineares foram de 7,98, 12,89 e 8,23%, respectivamente, para cada aumento unitário no nível de CEa.

Alguns estudos demonstram que a diminuição da taxa de assimilação de CO₂ pelo aumento do estresse salino (Figura 5B) ocorre devido à redução da abertura estomática, que restringe a entrada de CO₂ nas folhas (SÁ et al., 2019a; LIMA et al., 2019b). Entretanto, este não foi o caso no presente estudo, haja vista que a condutância dos estômatos (gs) não foi afetada pela CEa (Tabela 4), indicando que a diminuição da taxa de assimilação de CO₂ está relacionada a fatores não estomáticos, como a redução da atividade da enzima rubisco que realiza a fixação de CO₂, comprovando pelo acúmulo de CO₂ nos espaços intercelulares pelo aumento do estresse salino, conforme foi demonstrado na Figuras 5A. A diminuição da EiCi (Figura 5C) reforça a justificativa anterior, haja vista que esta variável é utilizada para averiguar se fatores não-estomáticos, notadamente de origem bioquímica, estão afetando a atividade fotossintética (KONRAD et al., 2005). Segundo estes autores, a mesma representa a quantidade de carbono que a planta fixa para realização da fotossíntese, por unidade de carbono que não é fixado, e por isso acumulado nos espaços intercelulares do mesófilo foliar. Ademais, o decréscimo da eficiência instantânea de uso da água - EiUA (Figura 5D) foi associada com a redução da taxa de assimilação de CO₂, uma vez que a transpiração (E) não foi alterada pelo aumento da salinidade, indicando que não houve alterações na perda de água.

No que se refere às combinações de adubação NK, nota-se (Figura 6A) que as plantas adubadas com a combinação C4 (160% N + 125% K₂O) obtiveram maior concentração intercelular de CO₂, enquanto que os menores valores foram observados nas plantas que receberam a combinação C1 (70% N + 50% K₂O). Como esta variável representa o acúmulo de CO₂ nos espaços intercelulares do mesófilo foliar (SILVA et al., 2014), salienta-se que isto está associado à maiores doses aplicadas de N e K através da combinação de adubação C4, que tornou-se prejudicial à fixação de carbono para atividade fotossintética; provavelmente devida a diminuição da atividade da enzima fixadora de CO₂ (rubisco), que resultando em maior concentração intercelular de CO₂ e consequente diminuição da fotossíntese; efeito que também foi observado por Alvarenga et al. (2019) na cv. Flor branca de aceroleira aos 200 dias após o transplantio. Tal fenômeno deve-se ao aumento na atividade de oxigenase da enzima rubisco em detrimento da atividade de carboxilase, que pode ocorrer devido uma quantidade excessiva na dose de N fornecido pela adubação (MELO et al., 2009).

Os maiores valores da taxa de assimilação de CO₂, eficiência instantânea de carboxilação e eficiência instantânea de uso da água (Figuras 6B, 6C e 6D) nas plantas adubadas com a combinação C1 (70% N + 50% K₂O), indicam que as doses aplicadas através desta combinação proporcionaram balanço nutricional nas plantas, com efeito positivo sobre estas variáveis. Isto se deveu, provavelmente, à influência de doses adequadas de N e K₂O

sobre a atividade da enzima rubisco, especificamente à dose de potássio, pois este macronutriente está envolvido na difusividade do CO₂ no mesófilo foliar e na manutenção de um pH ótimo para a atividade desta enzima que realizou maior fixação de CO₂ (TAIZ et al., 2017).

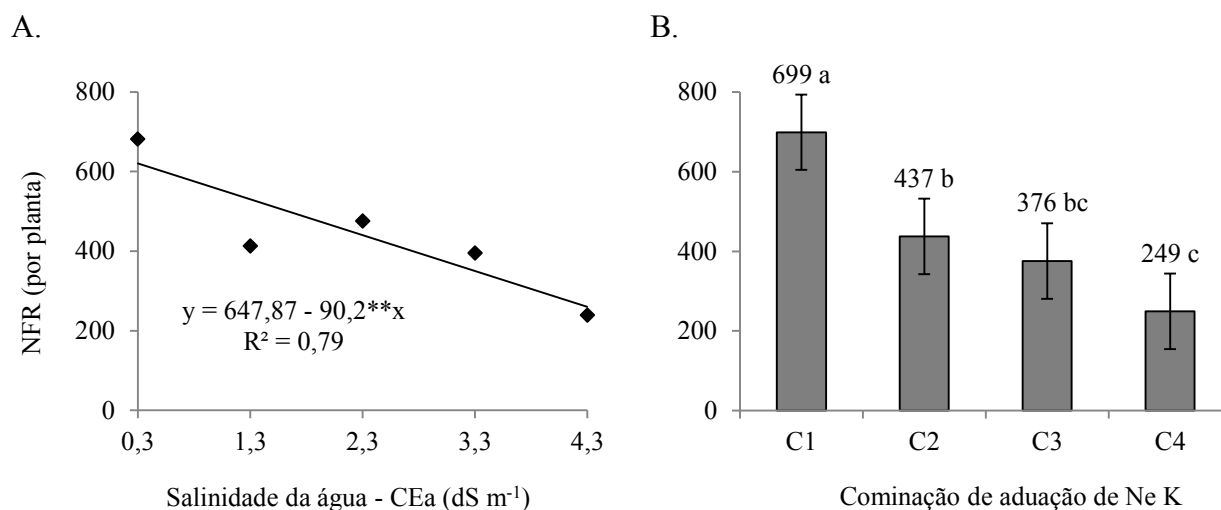


C1= 70%N + 50%K₂O; C2= 100%N + 75%K₂O; C3= 130%N + 100%K₂O e C4= 160%N + 125%K₂O. Médias seguidas por letras diferentes indicam diferença significativa entre os tratamentos pelo teste Tukey (p < 0,05 de probabilidade). Barras representam o erro padrão da média (n = 3).

Figura 6. Concentração intercelular de CO₂ – Ci (A), taxa de assimilação de CO₂ – A (B), eficiência instantânea de carboxilação - EiCi (C) e eficiência instantânea no uso da água – EiUA (D) em plantas de aceroleira, em função de diferentes combinações de adubação nitrogenada e potássica aos 540 dias após o transplantio.

O aumento na salinidade da água de irrigação reduziu linearmente o número de frutos por planta em 13,92%, para cada acréscimo unitário de salinidade da água (Figura 7A). Isto está associado aos efeitos osmóticos e tóxicos dos sais, que restringe a absorção de água, a

disponibilidade de nutrientes e a atividade fotossintética nas plantas, refletindo negativamente sobre a emissão de flores e o índice de pegamento de frutos de aceroleira (LIMA et al., 2019b; SÁ et al., 2019a).



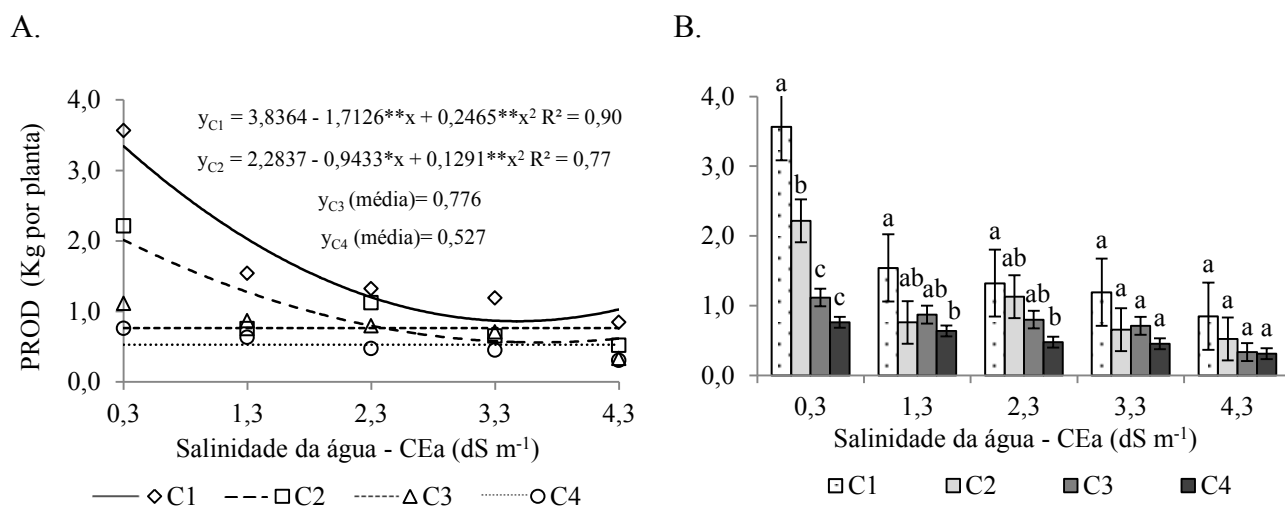
C1= 70%N + 50%K₂O; C2= 100%N + 75%K₂O; C3= 130%N + 100%K₂O e C4= 160%N + 125%K₂O. Médias seguidas por letras diferentes indicam diferença significativa entre os tratamentos pelo teste Tukey (p < 0,05 de probabilidade). Barras representam o erro padrão da média (n = 3).

Figura 7. Número de frutos por planta – NF de aceroleira, em função da salinidade da água de irrigação (A) e de diferentes combinações de adubação nitrogenada e potássica (B), de colheitas realizadas entre 420 e 550 dias após o transplantio.

Verificou-se que as plantas adubadas com a combinação C1 (70% N + 50% K₂O) obtiveram maior número de frutos, havendo reduções gradativas pela adubação com as combinações C2 (100%N + 75%K₂O), C3 (130% N + 100% K₂O) e C4 (160%N + 125%K₂O) (Figura 7B). Provavelmente, a disponibilidade de N e K da combinação C1 favoreceu melhores condições às atividades fisiológicas e bioquímicas, confirmado pela maior taxa de assimilação de CO₂ (Figura 6B), refletindo em maior emissão de flores e formação de frutos. Com o aumento das doses de N e K aplicadas através das demais combinações, é provável que tenha ocorrido alterações no pH do solo e intensificação do estresse salino pelos fertilizantes aplicados em excesso, resultando em efeito osmótico e desequilíbrio nutricional, com reflexo negativo sobre o pegamento de frutos (MARQUES et al., 2012; OLIVEIRA et al., 2014)

No efeito das salinidades da água de irrigação em cada combinação de adubação NK, verifica-se (Figura 8A) que o incremento na CEa promoveu efeito quadrático sobre a

produção por planta (PROD) com uso das combinações C1 (70% N + 50% K₂O) e C2 (100% N + 75% K₂O), causando decréscimo até obtenção de menores valores (0,862 e 0,563 kg por planta) nos níveis de CEa de 3,5 e 3,7 dS m⁻¹, respectivamente, a partir de onde houve uma pequena variação, com tendência de estabilização da produção por planta. A redução da produção nas plantas adubadas com as C1 e C2 está relacionada com o aumento dos efeitos osmóticos e tóxicos dos sais da água de irrigação, que provocaram diminuição da atividade fotossintética, redução do número de frutos por planta e de acúmulo de massa nestes frutos, enquanto que estabilização da produção a partir do nível de CEa de 3,5 dS m⁻¹ pode ter sido resultante de mecanismos de aclimação da cultura à salinidade, conforme também averiguado por Alvarenga et al. (2019) sobre crescimento da aceroleira cv. Flor Branca irrigada até o nível de salinidade da água de 4,3 dS m⁻¹.



C1= 70%N + 50%K₂O; C2= 100%N + 75%K₂O; C3= 130%N + 100%K₂O e C4= 160%N + 125%K₂O. Médias seguidas por letras diferentes indicam diferença significativa entre os tratamentos pelo teste Tukey (p < 0,05 de probabilidade). Barras representam o erro padrão da média (n = 3).

Figura 8. Análise do efeito das salinidades da água de irrigação em cada combinação de adubação de NK (A) e das combinações de adubação de NK dentro de cada nível de salinidade da água (B) para produção por planta – PROD de aceroleira irrigada com águas salinas, no segundo ano de cultivo, referente às colheitas realizadas entre 420 e 550 dias após o transplantio.

Nas plantas adubadas com as combinações C3 (130% N + 100% K₂O) e C4 (160% N + 125% K₂O), observou-se (Figura 8A) que a produção por planta (PROD) não foi afetada de maneira significativa pelo o aumento na salinidade da água, obtendo médias de 0,776 e 0,527

kg por planta, respectivamente; possivelmente, devido estas combinações terem se tornado prejudiciais nos menores níveis de CEa de irrigação (0,3; 1,3 e 2,3 dS m⁻¹), fazendo com que a produção fosse reduzida e assim igualando a das plantas irrigadas com os maiores níveis salinos (3,3 e 4,3 dS m⁻¹); haja vista que a aplicação de altas doses de N e K utilizando ureia e KCl, podem acidificar o solo e afetar o pH pelo uso da ureia que possui índice de acidez de 71, e causarem efeito osmótico sob baixos níveis de salinidade, devido estes fertilizantes apresentarem índices salinos correspondentes a 75 e 115, respectivamente (BORGES; SILVA, 2011).

Observou-se no efeito das combinações de adubação NK em cada nível de salinidade da água de irrigação (Figura 8B) que a adubação das plantas, principalmente com a combinação C1 (70% N + 50% K₂O), proporcionou maior produção em relação às demais combinações quando as plantas foram irrigadas nos níveis de CEa de 0,3; 1,3 e 2,3 dS m⁻¹, correspondentes aos valores de 3,567; 1,542 e 1,323 kg por planta, respectivamente. Deve-se dar ênfase às plantas irrigadas com a CEa de 0,3 dS m⁻¹ onde os valores de PROD foram superiores quando adubadas com a C1, todavia, é notório que nas plantas irrigadas com CEa de até 2,3 dS m⁻¹ os maiores valores de produção foram obtidos pela adubação com esta combinação de NK. Isto, provavelmente, foi decorrente do melhor balanço nutricional nas plantas, estabelecido pelas doses de N e K aplicadas pela combinação de 70% N + 50% K₂O. Estas doses podem ter mantido proporções adequadas das relações NO₃⁻/Cl⁻ e K⁺/Na⁺ nos tecidos foliares (ANDRADE JÚNIOR et al., 2012) em relação às demais combinações, assim promovendo maior síntese de solutos orgânicos capazes de melhor ajustar o potencial osmótico, mitigando o efeito do estresse salino (SÁ et al., 2019a e 2019b; LIMA et al., 2019b), com provável reflexo sobre a produção por planta. Nas plantas irrigadas com águas de 3,3 e 4,3 dS m⁻¹, verificou-se (Figura 8B) que a utilização das diferentes combinações de adubação NK não causou efeito significativo sobre a produção por planta (PROD), embora havendo uma tendência para maior valor nas plantas que receberam a combinação C1 (70% N + 50% K₂O); todavia, salienta-se que nenhuma das combinações de N e K₂O foi eficiente na mitigação dos efeitos nocivos destes níveis de salinidade da água de irrigação sobre a produção das plantas de aceroleira.

4 CONCLUSÕES

A irrigação com condutividade elétrica da água de irrigação acima de $0,3 \text{ dS m}^{-1}$ reduziu os teores de clorofilas nas folhas, a atividade fotossintética e o número de frutos por planta, independentemente da combinação de adubação utilizada.

A combinação de 70% de N + 50% de K_2O , atenuou os efeitos deletérios da salinidade da água sobre a produção por planta até a CEa de $2,3 \text{ dS m}^{-1}$; bem como, aumentou os teores de pigmentos clorofilianos nas folhas, a fotossíntese e o número de frutos por planta, tornando-se a combinação mais adequada para adubação da aceroleira irrigada com água salina entre 420 e 550 dias após o transplantio.

A combinação de doses de nitrogênio e potássio a partir de 130% N + 100% K_2O intensificaram o estresse salino e o desbalanço nutricional, comprometendo a fotossíntese e a produção das plantas.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVARENGA, C. F. S.; SILVA, E.M.; NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R.; LIMA, G.S.; SILVA, L. A. Morfofisiologia de aceroleira irrigada com águas salinas sob combinações de doses de nitrogênio e potássio. **Revista de Ciências Agrárias**, v.42, n.1, p.194-205, 2019.
- ANDRADE JÚNIOR, W. P.; PEREIRA, F. H. F.; FERNANDES, O. B.; QUEIROGA, R. C. F.; QUEIROGA, F. M. Efeito do nitrato de potássio na redução do estresse salino no meloeiro. **Revista Caatinga**, v.24, n.3, p.110-119, 2011.
- BORGES, A. L.; SILVA, D. J. Fertilizantes para fertirrigação. In: SOUSA, V. F. et al. (Eds.). **Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2011. p. 253-264.
- CALGARO, M.; BRAGA, M. B. **A cultura da acerola**. 3. ed. Brasília, DF : Embrapa, 2012. 144 p. (Coleção Plantar; 69).
- CAVALCANTI, F. J. **Recomendações de adubação para o Estado de Pernambuco: 2. aproximação**. 3.ed. Recife: IPA, 2008. 212 p.

- DONAGEMA, G. K.; CAMPOS D. V. B.; CALDERANO, S. B.; TEIXEIRA, W. G.; VIANA, J. H. M. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230 p.
- FALK, J.; MUNNÉ-BOSCH, S. Tocochromanol functions in plants: antioxidation and beyond. **Journal of Experimental Botany**, v.61, n.6, p.1549-1566, 2010.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a guide for its bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, v.38, n.2, 109-112, 2014.
- FREIRE, J. L. O.; CAVALCANTE, L. F.; NASCIMENTO, R.; ALEX MATHEUS REBEQUI. Teores de clorofila e composição mineral foliar do maracujazeiro irrigado com águas salinas e biofertilizante. **Revista de Ciências Agrárias**, v.36, n.1, p. 57-70, 2013.
- INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. **Estações e dados**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesAutomaticas>>. Acesso em: 30 de Out. 2018.
- KONRAD, M. L. F.; SILVA, J. A. B.; FURLANI, P. R.; MACHADO, E. C. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em seis cultivares de cafeeiro sob estresse de alumínio. **Bragantia**, v.64, n.3, p.339- 347, 2005.
- LEGHARI, S. J.; WAHOCHO, N. A.; LAGHARI, G. M.; HAFEEZLAGHARI, A.; MUSTAFABHABHAN, G.; TALPUR, K. H.; BHUTTO, T. A.; WAHOCHO, S. A.; LASHARI, A. A. Role of nitrogen for plant growth and development: A review. **Advances in Environmental Biology**, v.10, n.9, p. 209-218. 2016.
- LICHTENTHÄLER, H.K. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. In: PACKER, L.; DOUCE, R. **Methods in Enzimology**. Academic Press, London, UK, v.148, 1987, pp.350-381.
- LIMA, G. S.; ANDRADE, E. M. G.; KETOUNOU, T. R.; LIMA, V. L. A.; GHEYI, H. R.; SILVA, S. S.; SOARES, L. A. A. Photosynthesis, photochemical efficiency and growth of West Indian cherry cultivated with saline waters and nitrogen fertilization. **Bioscience Journal**, v. 35, n.1, p.67-78. 2019b.
- LIMA, G. S.; PINHEIRO, F. W. A.; DIAS, A. S.; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A. A.; SILVA, S. S. Growth and production components of West Indian cherry cultivated with saline waters and potassium fertilization. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.23, n.4, p.250-256, 2019a.
- MARQUES, D. J.; BROETTO, F.; LOBATO, A. K. S.; SILVA, E. C.; CARVALHO, J. G.; ÁVILA, F. W.; ALVES, G. A. R.; ANDRADE, I. P. Photosynthetic pigments, nitrogen

- status, and flower behavior in eggplant exposed to different sources and levels of potassium. **Scientific Research and Essays**, v.8, n.2, p.67-74, 2012.
- MELO, A. S.; SILVA JÚNIOR, C. D.; FERNANDES, P. D.; SOBRAL, L. F.; BRITO, M. E. B.; DANTAS, J. D. M. Alterações das características fisiológicas da bananeira sob condições de fertirrigação. **Ciência Rural**, v.39, n.3, p.733-741, 2009.
- OLIVEIRA, F. A.; MEDEIROS, J. F.; ALVES, R. C.; LINHARES, P. S. F.; MEDEIROS, A. M. A.; OLIVEIRA, M. K. T. Interação entre salinidade da água de irrigação e adubação nitrogenada na cultura da berinjela. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.5, p.480-486, 2014.
- PARIHAR, P.; SINGH, S.; SINGH, R.; SINGH, V. P.; PRASAD S. M. Effect of salinity stress on plants and its tolerance strategies: a review. **Environmental Science and Pollution Research**, v.22, n.6, p. 4056-4075, 2015.
- SÁ, F. V. S.; GHEYI, H. R.; LIMA, G. S.; MOREIRA, R. C. L.; DIAS, A. S.; SILVA, L. A.; SOARES, L. A. A.; MELO, A. S.; FERREIRA NETO, M. Physiological indices of West Indian cherry (*Malpighia emarginata*) irrigated with saline water under nitrogen and phosphorus doses. **Australian Journal of Crop Science**, v.13, n.7, p. 1141-1148, 2019b.
- SÁ, F. V. S.; GHEYI, H. R.; LIMA, G. S.; PAIVA, E. P.; SILVA, L. A.; MOREIRA, R. C. L.; FERNANDES, P. D.; DIAS, A. S. Ecophysiology of West Indian cherry irrigated with saline water under phosphorus and nitrogen doses. **Bioscience Journal**, v.35, n.1, p. 211-221. 2019a.
- SILVA, E. M.; LIMA, G. S.; GHEYI, H. R.; NOBRE, R.G.; SÁ, F. V.; SOUZA, L.P. Growth and gas exchanges in soursop under irrigation with saline water and nitrogen sources. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.22, n.11, p.776-781, 2018.
- SILVA, E. M.; NOBRE, R. G.; SOUZA, L. P.; PINHEIRO, F. W. A.3; LIMA, G. S.; GHEYI, H. R.; ALMEIDA, L. L. S. Physiology of 'Paluma' guava under irrigation with saline water and nitrogen fertilization. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 38, n. 2, p. 623-634, 2017.
- SILVA, L. A.; BRITO, M. E. B.; SÁ, F. V. S.; MOREIRA, R. C. L.; 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, suplemento, p.S1-S7, 2014.

- TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858p.
- TATAGIBA, S. D.; MORAES, G. A. B. K.; NASCIMENTO, K. J. T.; PELOSO, A. F. Limitações fotossintéticas em folhas de plantas de tomateiro submetidas a crescentes concentrações salinas. **Engenharia na agricultura**, v.22 n.2, p.138-149, 2014.
- WANG, M.; ZHENG, Q.; SHEN, Q.; GUO, S. The critical role of potassium in plant stress response. **International Journal Molecular Sciences**, v.14, n.4, p.7370-7390, 2013.

CAPÍTULO VII

ÁGUAS SALINAS E COMBINAÇÕES DE NITROGÊNIO/POTÁSSIO SOBRE ASPECTOS FISIOLÓGICOS E FORMAÇÃO DE FRUTOS DE ACEROLEIRA (2º ANO DE CULTIVO)

ÁGUAS SALINAS E COMBINAÇÕES DE NITROGÊNIO/POTÁSSIO SOBRE ASPECTOS FISIOLÓGICOS E FORMAÇÃO DE FRUTOS DE ACEROLEIRA

RESUMO: O manejo da adubação tem sido uma das alternativas para mitigar o estresse salino nas plantas, sendo este um dos principais fatores que compromete a fisiologia e produção das culturas irrigadas em regiões semiáridas. Neste sentido, objetivou-se com o trabalho avaliar a influência de combinações de doses de nitrogênio e potássio sobre a fisiologia e a formação de frutos de aceroleira irrigada com água de diferentes salinidades, no segundo ano de cultivo. O experimento foi conduzido no Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar da Universidade Federal de Campina Grande, em vasos de 60 L adaptados como lisímetros instalados em campo, em delineamento de blocos ao acaso e esquema fatorial 5 x 4, referentes a cinco condutividades elétricas da água de irrigação (CEa): 0,3; 1,3; 2,3; 3,3 e 4,3 dS m⁻¹ e quatro combinações de adubação nitrogenada e potássica: 70% N + 50% K₂O; 100% N + 75% K₂O; 130% N + 100% K₂O e 160% N + 125% K₂O da dose recomendada para aceroleira, com três repetições e uma planta por parcela, totalizando 60 unidades experimentais. Estudou-se a cv. Flor Branca enxertada sobre a cv. Junco, entre 420 e 550 dias após o transplantio. As combinações de nitrogênio e potássio não mitigaram os efeitos deletérios da salinidade da água sobre a fisiologia e formação de frutos da aceroleira. O aumento na CEa intensificou os danos às membranas celulares, reduziu o potencial hídrico no ramo, teor de clorofila na folha, taxa de assimilação de CO₂, diâmetro, comprimento e massa de frutos. A adubação das plantas com 70% de N + 50% de K₂O diminuiu os danos às membranas celulares e proporcionou maior taxa de assimilação de CO₂, teor de clorofila nas folhas, frutos de maior tamanho e com maior acúmulo de massa.

Palavras-chave: *Malpighia emarginata* D. C., fertilização mineral, estresse salino.

SALINE WATERS AND NITROGEN/POTASSIUM COMBINATIONS ON PHYSIOLOGICAL ASPECTS AND FRUIT FORMATION OF WEST INDIAN CHERRY

ABSTRACT: Fertilization management has been one of the alternatives to mitigate salt stress in plants, which is one of the main factors that compromises the physiology and production of irrigated crops in semiarid regions. In this context, this research aimed to analyze the influence of nitrogen and potassium doses combinations on the physiology and fruit formation of West Indian cherry irrigated with water of different salinities in the second year of cultivation. The experiment was carried in the Center for Agrifood Science and Technology of the Federal University of Campina Grande, in 60-L vase adapted as lysimeters installed in the field, in a randomized block design and 5 x 4 factorial scheme, referring to five levels of irrigation water salinity (EC_w): 0.3, 1.3, 2.3, 3.3 and 4.3 dS m⁻¹ and four combinations of nitrogen and potassium fertilization: 70% N + 50% K₂O; 100% N + 75% K₂O; 130% N + 100% K₂O and 160% N + 125% K₂O of the recommended dose for West Indian cherry, with three replicates and one plant per plot consisting of a lysimeter. The cv. White flower grafted on cv. Junco, between 420 and 550 days after transplant. Nitrogen and potassium combinations did not mitigate the deleterious effects of water salinity on the physiology and fruit formation of West Indian cherry. The increase in EC_w intensified damage to cell membranes, reduced water potential in the branch, leaf chlorophyll content, CO₂ assimilation rate, fruit diameter, length and mass. The fertilization of plants with 70% N + 50% K₂O reduced the damage to cell membranes and provided higher CO₂ assimilation rate, leaf chlorophyll content, larger fruits and greater mass accumulation.

Keywords: *Malpighia emarginata* D. C., mineral fertilize, salt stress.

1 INTRODUÇÃO

A aceroleira (*Malpighia emarginata* D. C.) é uma das espécies promissoras no setor frutífero no semiárido do Nordeste brasileira (CALGARO; BRAGA, 2012). Destaca-se pelo valor nutricional de seus frutos, principalmente como fonte de vitamina C, antocianinas, ferro, cálcio, vitamina A e vitaminas do complexo B, resultando em grande procura no mercado de exportações, podendo ser consumida in natura ou industrializada, sob a forma de sucos, sorvetes, geleias, xaropes, licores, doces em caldas, etc (ESASHIKA et al., 2013).

Devido à adaptação às condições edafoclimáticas, cerca de 78% da produção de acerola no Brasil está concentrada na região Nordeste, tendo como principais produtores os

estados de Pernambuco, Ceará, Sergipe, Paraíba e Piauí (IBGE, 2017). Apesar disto, a redução do volume de água dos mananciais hídricos e a alta concentração de sais na água de irrigação, podem se tornar fatores limitantes para exploração desta cultura na região semiárida do Nordeste brasileiro (HOLANDA et al., 2016).

Nesta região, o estresse salino destaca-se entre os estresses abióticos que mais dificultam o crescimento e produção de espécies agrícolas (SALES et al., 2015), devido à redução do potencial osmótico da solução do solo e ocorrência de desequilíbrio nutricionais e distúrbios fisiológicos através de alterações metabólicas como o estresse oxidativo, causados pelo efeito da alta concentração de íons tóxicos no protoplasma, especialmente Na^+ e Cl^- (FLOWERS et al., 2014).

Pesquisas investigando o efeito da salinidade da água de irrigação entre 0,6 e 3,8 dS m^{-1} , tem mostrado efeitos danosos do estresse salino sobre a fotossíntese, eficiência fotoquímica, relações hídricas, crescimento e produção da cultura da aceroleira (SÁ et al., 2018a; SÁ et al., 2018b; SÁ et al., 2019; LIMA et al., 2019a; LIMA et al., 2019b; ALVARENGA et al., 2019). Porém, alguns destes estudos tem evidenciado que o aumento de doses de potássio mitigou o efeito deletério do estresse salino sobre o crescimento e produção de plantas (LIMA et al., 2019b) e de proporções de nitrogênio e fósforo sobre a eficiência fotoquímica e crescimento (SÁ et al., 2018a), pigmentos fotossintéticos (SÁ et al., 2018b) e componentes de produção (SÁ et al., 2019).

Estes efeitos positivos podem estar relacionados com a diminuição das relações iônicas Na^+/K^+ e $\text{Cl}^-/\text{NO}_3^-$ nos tecidos vegetais em função do aumento das doses de N e K, assim, compensando o desequilíbrio nutricional e o estresse salino sobre os aspectos fisiológicos, crescimento e produção das plantas (GURGEL et al., 2010; ANDRADE JUNIOR et al., 2012). Ademais, a concentração adequada de N no tecido vegetal pode contribuir para maior síntese de compostos de baixo peso molecular, como glicina betaína e prolina, que atuam como osmoprotetores de membranas e macromoléculas, podendo auxiliar no ajustamento osmótico das plantas à salinidade (ASHRAF et al., 2018). Por outro lado, o K pode minimizar os efeitos da salinidade, promovendo o controle da turgidez celular, regulação da condutância estomática, ativação de enzimas e translocação de carboidrato nas plantas (ALMEIDA et al., 2017).

Apesar disto, os estudos ainda incipientes na análise de combinações de adubação com N e K na cultura da aceroleira submetidas ao estresse salino (ALVARENGA et al., 2019). Desse modo, considerando a necessidade da utilização de águas salinas no cultivo de fruteiras e de estratégias de manejo da adubação para mitigação dos efeitos negativos da salinidade,

objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito de combinações de doses de nitrogênio e potássio sobre a fisiologia e a formação de frutos de aceroleira irrigada com água de diferentes salinidades, no segundo ano de cultivo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido em campo, com as plantas cultivadas em vasos adaptados como lisímetros de 60 L instalados em área experimental pertencente ao Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar (CCTA) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Pombal, PB. As coordenadas geográficas de referência do local são 6°48'16" latitude Sul, 37°49'15" longitude Oeste e altitude média de 144 m. Os dados climatológicos próximo ao local do experimento, durante o período do estudo, estão apresentados na Figura 1 (INMET, 2018).

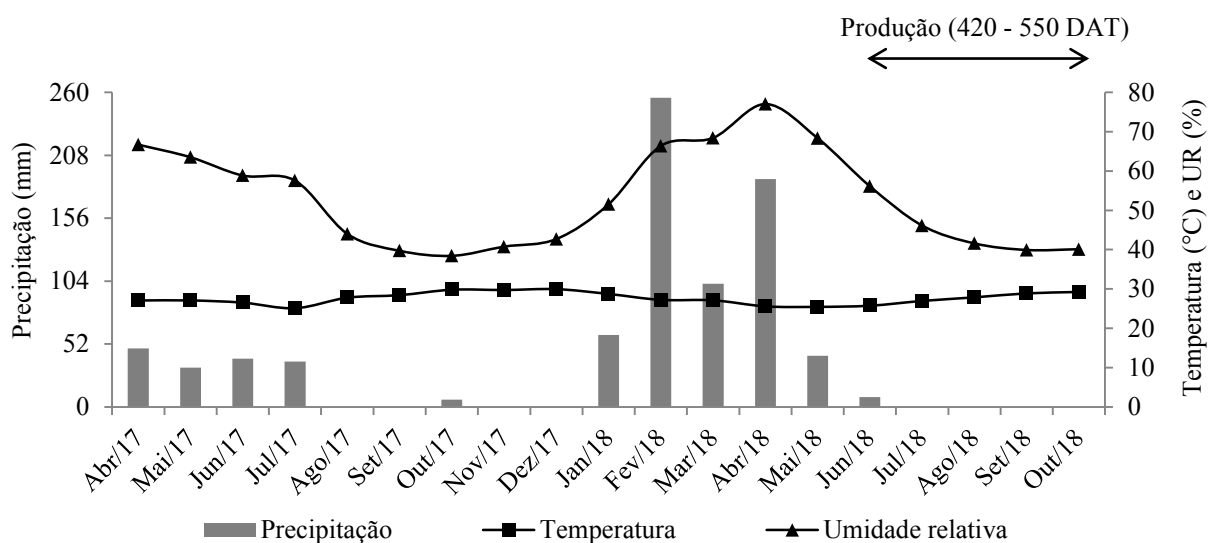


Figura 1. Dados médios de precipitação, temperatura e umidade relativa – UR, no período de estudo, obtido em estação meteorológica automatizada, próximo ao local do experimento (INMET, 2018).

Os tratamentos foram dispostos em esquema fatorial 5 x 4, referentes a cinco níveis de salinidades da água de irrigação (CEa): 0,3; 1,3; 2,3; 3,3 e 4,3 dS m⁻¹ e quatro combinações de doses de nitrogênio (N) e potássio (K₂O): C1 = 70% N + 50% K₂O; C2 = 100% N + 75% K₂O; C3= 130% N + 100% K₂O e C4= 160% N + 125% K₂O da dose recomendada para

aceroleira (CAVALCANTI, 2008), aleatorizados em blocos ao acaso, com três repetições, parcela composta de um lisímetro com uma planta, totalizando 60 unidades experimentais.

Os níveis salinos foram baseados no estudo de Sá et al. (2018a), onde constataram que a irrigação com água de salinidade de até 2,2 dS m⁻¹ não comprometeu o crescimento e a fisiologia da cultura da aceroleira BRS 336 Jaburu.

As águas salinas dos tratamentos de 1,3 a 4,3 dS m⁻¹, foram preparadas, obedecendo-se a relação entre CEa e a concentração dos sais (mmol_c L⁻¹ = CE x 10), a partir da adição de NaCl, CaCl₂.2H₂O e MgCl₂.6H₂O, mantendo a proporção equivalente de 7:2:1, respectivamente, à água do tratamento de menor salinidade (0,3 dS m⁻¹) proveniente do sistema de reservatório Coremas-Mãe d'Água que disponibiliza água para irrigação de culturas na região do local do estudo. Esta proporção de sais está predominante nas principais fontes de água utilizadas em irrigação no Nordeste brasileiro (MEDEIROS, 1992).

Adotou-se a recomendação de adubação para cultivar de aceroleira “Flor Branca” cultivada sob condições de irrigação, correspondente a 100 g de N e 80 g de K₂O por planta por ano, ou seja, 365 dias (CAVALCANTI, 2008), equivalentes às doses dos tratamentos de 100% de nitrogênio e potássio. Planejou-se a aplicação das doses em intervalo de 15 dias durante o experimento. Como o período de realização do estudo foi de 550 DAT, foram feitas 36 aplicações de N e K₂O em partes iguais a cada 15 dias, cujas quantidades aplicadas, incluindo a adubação fosfatada, estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Quantidades de N e K₂O aplicadas através das combinações de adubação nitrogenada e potássica e de adubação fosfatada, realizadas no primeiro e segundo ano de cultivo, até aos 550 dias após o transplântio.

Combinações de adubação	Quantidades aplicadas por planta		
	1º ano (até 365 DAT)	2º ano (365 - 550 DAT)	Total (até 550 DAT)
C1 = 70% N + 50% K ₂ O	70 g N + 40 g K ₂ O	35 g N + 20 g K ₂ O	105 g N + 60 g K ₂ O
C2 = 100% N + 75% K ₂ O	100 g N + 60 g K ₂ O	50 g N + 30 g K ₂ O	150 g N + 90 g K ₂ O
C3 = 130% N + 100% K ₂ O	130 g N + 80 g K ₂ O	65 g N + 40 g K ₂ O	195 g N + 120 g K ₂ O
C4 = 160% N + 125% K ₂ O	160 g N + 100 g K ₂ O	80 g N + 50 g K ₂ O	240 g N + 150 g K ₂ O
Adubação fosfatada (P ₂ O ₅)			
-	20 g	10 g	30 g

Nota: A aplicação de combinações das doses de N e K₂O foram feitas em intervalo de 15 dias, utilizando como fontes ureia (45% de N) e KCl (60% de K₂O). A adubação fosfatada no primeiro ano foi feita com superfosfato simples (18% de P₂O₅), misturando o fertilizante com o solo do lisímetro e no segundo ano parcelada em 12 aplicações em partes iguais, em intervalo de 15 dias, utilizando monoamônio fosfato - MAP (61% P₂O₅ e 12% de N), cuja quantidade de N foi subtraído das doses dos tratamentos com adubação nitrogenada.

A aplicação das combinações de doses de N e K dos tratamentos teve início aos 20 DAT, realizadas em cobertura via água de irrigação de CEa de 0,3 dS m⁻¹ para todos os tratamentos. A aplicação das águas salinas dos tratamentos (1,3 a 4,3 dS m⁻¹) teve início aos 41 DAT, com as irrigações foi feita diariamente de forma manual, com a água do respectivo tratamento e baseado no princípio da lisimetria de drenagem, onde o volume aplicado em cada irrigação foi determinado pela diferença entre volume aplicado no dia anterior e volume drenado no dia seguinte, onde o valor desta diferença equivalente ao volume de água necessária para solo atingir umidade ao nível de capacidade de campo. Foi adotada fração de lixiviação de 15% a cada 15 dias, sendo o volume de lixiviação determinado com base no volume de água aplicada neste intervalo de 15 dias.

Os lisímetros foram espaçados a 1,8 x 2,0 m entre plantas e linhas de plantio, respectivamente, ocupando uma área de 216 m². Estes recipientes receberam na base um sistema de drenagem, composto por um dreno com diâmetro de 1/2" (12,7 mm) inserido na extremidade da base, seguido de uma camada de 3,0 cm de brita nº 1 e 2,0 cm de areia lavada. Acima da areia, usou-se 56 L de solo (Neossolo Flúvico eutrófico), cujos atributos físicos e químicos (Tabela 2) foram determinados no Laboratório de Irrigação e Salinidade do Centro de Tecnologia e Recursos Naturas (CTRN) da UFCG (DONAGEMA et al., 2011).

Tabela 2. Atributos físicos e químicos do solo utilizado no experimento, antes da aplicação dos tratamentos, coletado na camada de 0-20 cm do Lote 14, Setor I, do Perímetro Irrigado das Várzeas de Sousa-PB.

Classificação textural	Granulometria				Complexo sortivo								
	Areia	Silte	Argila	Ds	Pt	M.O	N	P assimilável	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	H ⁺ + Al ³⁺
FA	————— (%) —————			(kg dm ³)	————— (%) —————	————— (%) —————	————— (%) —————	(mg dm ⁻³)	————— (cmol _c dm ⁻³) —————				
	73,73	16,16	7,11	1,44	47,63	0,41	0,02	41,00	3,50	1,70	0,14	0,30	0,00
Extrato de saturação													
pHes	CEes	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Us			
	(dS m ⁻¹)	————— (mmol _c L ⁻¹) —————			————— (mmol _c L ⁻¹) —————			————— (mmol _c L ⁻¹) —————		————— (% em massa) —————			
7,11	1,28	1,39	3,23	0,38	5,78	9,00	Ausente	0,00	1,40	20,80			
RAS (mmol L ⁻¹) ^{0,5}		PST (%)		Salinidade/sodicidade				Classe de solo					
3,80		2,48		Não salino/não sódico				Normal					

FA – Franco arenoso; Da - Densidade do solo; Pt - Porosidade total; M.O - Matéria orgânica; pHes - pH do extrato de saturação, CEes - condutividade elétrica do extrato de saturação a 25 °C; Us - umidade de saturação do solo (% em base de massa); RAS- Razão de adsorção de sódio; PST - Percentagem de sódio trocável; P, K⁺ e Na⁺ extraídos com extrator Mehlich-1; Ca²⁺ e Mg²⁺ extraídos com extrator KCl 1,0 M L⁻¹ a pH 7,0; H⁺ + Al³⁺ extraído por 0,5 M CaOAc a pH 7,0; M.O: digestão úmida Walkley-Black.

As mudas foram provenientes de viveiro comercial credenciado no Registro Nacional de Sementes e Mudas, localizado no Distrito de São Gonçalo, Sousa – PB, cultivadas em

sacolas de polietileno com dimensões 10 x 20 cm e capacidade volumétrica de 0,5 L, enxertadas pelo tipo fenda cheia, usando porta-enxerto e enxerto das cultivares Junco e Flor Branca, respectivamente. O transplântio foi realizado quando as mudas atingiram entre 30 a 40 cm de altura, aos 120 dias após a enxertia, no solo submetido ao teor de umidade de capacidade de campo com água de CEa de 0,3 dS m⁻¹. Após o transplântio, as plantas foram tutoradas e usou-se uma camada de 4,0 cm de cobertura morta, composta de restos de gramíneas, de modo a minimizar as perdas de águas por evaporação.

Os efeitos dos tratamentos sobre a fisiologia das plantas foram analisados no segundo ano de cultivo aos 540 DAT, através potencial hídrico no ramo (Ψ_w), conteúdo relativo de água (CRA), déficit de saturação hídrica (DSH) e extravasamento de eletrólitos no limbo foliar (EE), teores de clorofila nas folhas (CLtotal), condutância estomática (gs) e taxa de assimilação de CO₂ (A).

Analisou-se o Ψ_w com auxílio de uma bomba de pressão (SCHOLANDER et al., 1965), na porção terminal do ramo retirado com comprimento aproximado de 15 cm e destacado da planta onde o diâmetro atingia 1,9 mm, na região mediana da copa às 6:30 hs da manhã. O CRA e o DSH foram determinados em 4 folhas totalmente expandida, retiradas do terço intermediário de ramos, localizados na mesma região da copa onde coletou-se os ramos para avaliação do Ψ_w , adotando a metodologia de Weatherley (1950) e Taiz et al. (2017), respectivamente. O extravasamento de eletrólitos na membrana celular foi determinado conforme Bajji et al (2002), em oito discos foliares coletados de quatro folhas localizadas no terço intermediário do ramo, na região mediana da copa.

O teor de clorofila total foi determinado em 6 discos de tecido vegetal extraídos do terço médio do quarto par de folhas de um ramo localizado na região mediana da copa, correspondendo a uma área total de discos de 3,18 cm². Posteriormente, o material foi picotado e imerso em 6 cm³ de acetona a 80%, contida em recipientes de vidro de capacidade de 10 cm³, onde as amostras permaneceram totalmente no escuro por 48 horas em refrigerador a temperatura de 8 °C para extração dos pigmentos do sobrenadante. Em seguida, quantificou-se os teores de clorofila total (CLtotal), através das leituras das clorofilas a e b, procedidos por espectrofotometria com as leituras em absorbância (A), respectivamente nos comprimentos de onda de 663 e 646, respectivamente, utilizando acetona a 80% como branco, através da metodologia de Lichtenthäler (1987), utilizando-se da Eq. 1.

$$CL_{total} = 17,3 A_{646} + 7,18 A_{663} \quad \text{Eq. 1}$$

Os dados foram obtidos em mg L^{-1} e, com base na área do disco foliar ($3,14 \text{ cm}^2$) e na diluição do extrato em acetona a 80% em 6 cm^3 (6 mL), foram transformados em unidades de massa por m^2 (g m^{-2}).

Analisou-se a condutância estomática e a taxa de assimilação de CO_2 entre 6:00 e 9:00 hs da manhã, na mesma região da planta em que foi analisada as demais variáveis fisiológicas citadas anteriormente, utilizando analisador de gás carbônico a infravermelho portátil (IRGA), modelo LCPro + Portable Photosynthesis System® (ADC BioScientific Limited, UK), operando com temperatura ambiente, irradiação de $1200 \mu\text{mol f\acute{o}tons m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ e fluxo de ar de 200 ml min^{-1} , e concentração de CO_2 atmosférico.

A formação dos frutos foi analisada em frutos colhidos com película de coloração vermelha intensa, em intervalos de cinco dias, entre 420 e 550 DAT, através do comprimento (CF), diâmetro (DF), tamanho médio (TMF) e massa média de fruto (MMF). As medições foram feitas em amostra representativa de 15 frutos colhidos por planta, selecionados aleatoriamente. O CF foi medido no sentido da base ao ápice do fruto e o DF na região mediana no sentido da largura, utilizando um paquímetro digital. O TMF foi obtido pela média do CF e DF. Determinou-se a MMF dividindo-se o peso total de frutos pesados em balança de precisão de 0,01 g pelo número de frutos colhidos.

As médias das variáveis foram submetidas à análise de variância pelo teste F em nível de 0,05 e 0,01 de probabilidade, sendo os dados dos níveis de salinidade analisados por estudos de regressão, e as médias das combinações das doses de nitrogênio e potássio comparadas pelo teste de Tukey em nível 0,05 de probabilidade, utilizando do software estatístico SISVAR/UFLA para processamento dos dados (FERREIRA, 2011).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A interação entre as salinidades da água de irrigação e as combinações de doses de NK não foi significativa ($p > 0,05$) sobre as variáveis fisiológicas das plantas de aceroleira no segundo ano de cultivo (Tabela 3). Todavia, houve efeito significativo isolado ($p < 0,05$) das salinidades da água sobre o potencial hídrico no ramo, déficit de saturação hídrica, teor relativo de água na folha, extravasamento de eletrólitos no limbo foliar, clorofila total e taxa de assimilação de CO_2 . Estas variáveis também foram influenciadas de maneira significativa

pelas combinações de doses NK, excetuando-se o déficit de saturação hídrica e o teor relativo de água, enquanto que a condutância estomática não foi afetada por nenhum dos fatores.

O efeito não interativo entre os fatores evidencia que as combinações de doses de N e K não foram eficientes na mitigação o estresse salino sobre as variáveis fisiológicas. Sá et al. (2018b) também observaram que não houve interação significativa entre salinidades da água de irrigação e combinações de adubação com N e P, sobre o conteúdo relativo de água, déficit de saturação hídrica e a percentagem de dano de membrana, em aceroleira BRS Jaburu no primeiro ano de cultivo; bem como, interação não significativa entre salinidades da água e adubação nitrogenada sobre a condutância estomática e taxa de assimilação de CO₂, na cultivar Flor Branca aos 130 dias após o transplantio (LIMA et al., 2019a).

Tabela 3: Resumo do teste F para potencial hídrico no ramo (Ψ_w), conteúdo relativo de água (CRA), déficit de saturação hídrica (DSH) e extravasamento de eletrólitos no limbo foliar (EE), teor de clorofila total na folha (CLtotal), condutância estomática (gs) e taxa de assimilação de CO₂ (A), em plantas de aceroleira irrigada com águas de diferentes salinidades, sob combinações de doses de nitrogênio e potássio, aos 540 dias após o transplantio.

Fonte de variação	Significância do teste F							
	GL	Ψ_w	CRA	DSH	EE	CLtotal	gs	A
Salinidades (S)	4	**	**	**	**	**	ns	*
Combinações NK (C)	3	**	ns	ns	**	**	ns	**
Interação S*C	12	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Bloco	2	ns	**	**	ns	ns	**	**
Erro	38	0,0240	16,657	16,657	17,900	0,0016	0,0003	3,047
CV (%)	-	6,22	5,31	17,60	21,62	23,28	35,66	36,85

^{NS}, * e **, respectivamente não significativo, significativo a $p < 0,05$ e $p < 0,01$; GL= grau de liberdade; CV= coeficiente de variação.

Observa-se (Figuras 2A) que o incremento na salinidade da água de irrigação reduziu o potencial hídrico no ramo das plantas de aceroleira em 2,58%, por aumento unitário na CEa. Ressalta-se que este fenômeno seja resultante da síntese de compostos orgânicos e acúmulo de íons no vacúolo das células para realização do ajustamento osmótico, assim, diminuindo potencial hídrico interno na planta, de modo a garantir a absorção de água para manter a turgescência das células, necessária à manutenção de processos fisiológicos (SILVA et al., 2016). Sá et al. (2019) observaram diminuição do potencial osmótico em folhas de aceroleira

BRS Jaburu submetida ao estresse salino, associando isso a um possível acúmulo de solutos orgânicos como açúcares e aminoácidos, de modo a realizar o ajustamento osmótico, sugerindo uma possível diminuição do potencial hídrico.

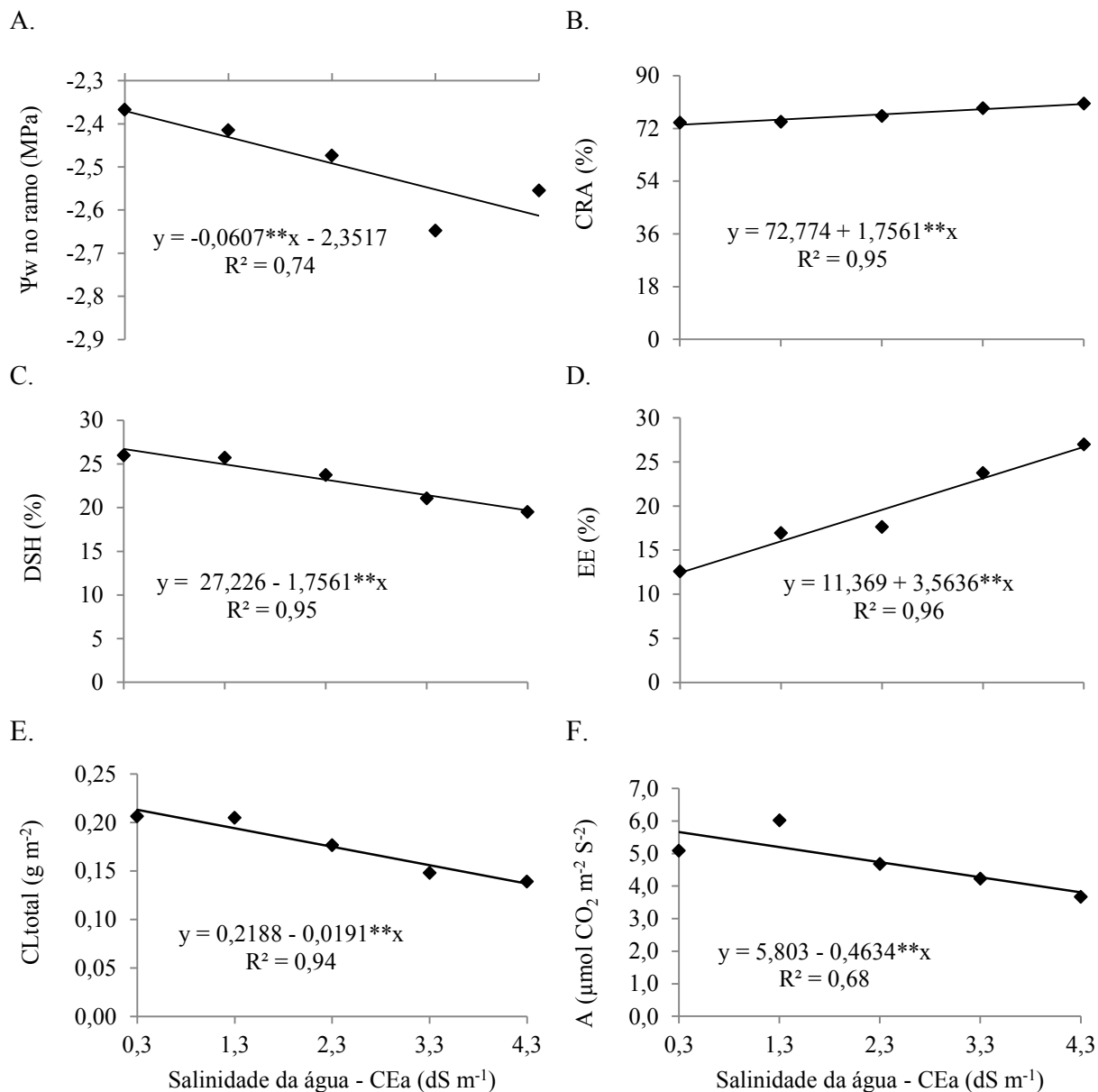


Figura 2. Potencial hídrico no ramo – Ψ_w (A), conteúdo relativo de água – CRA (B) déficit de saturação hídrica – DSH (C) e extravasamento de eletrólitos – EE no limbo foliar (D), teor de clorofila total na folha – CL_{total} (E) e taxa de assimilação de CO₂ (F), em aceroleira irrigada com águas de diferentes salinidades aos 540 dias após o transplântio.

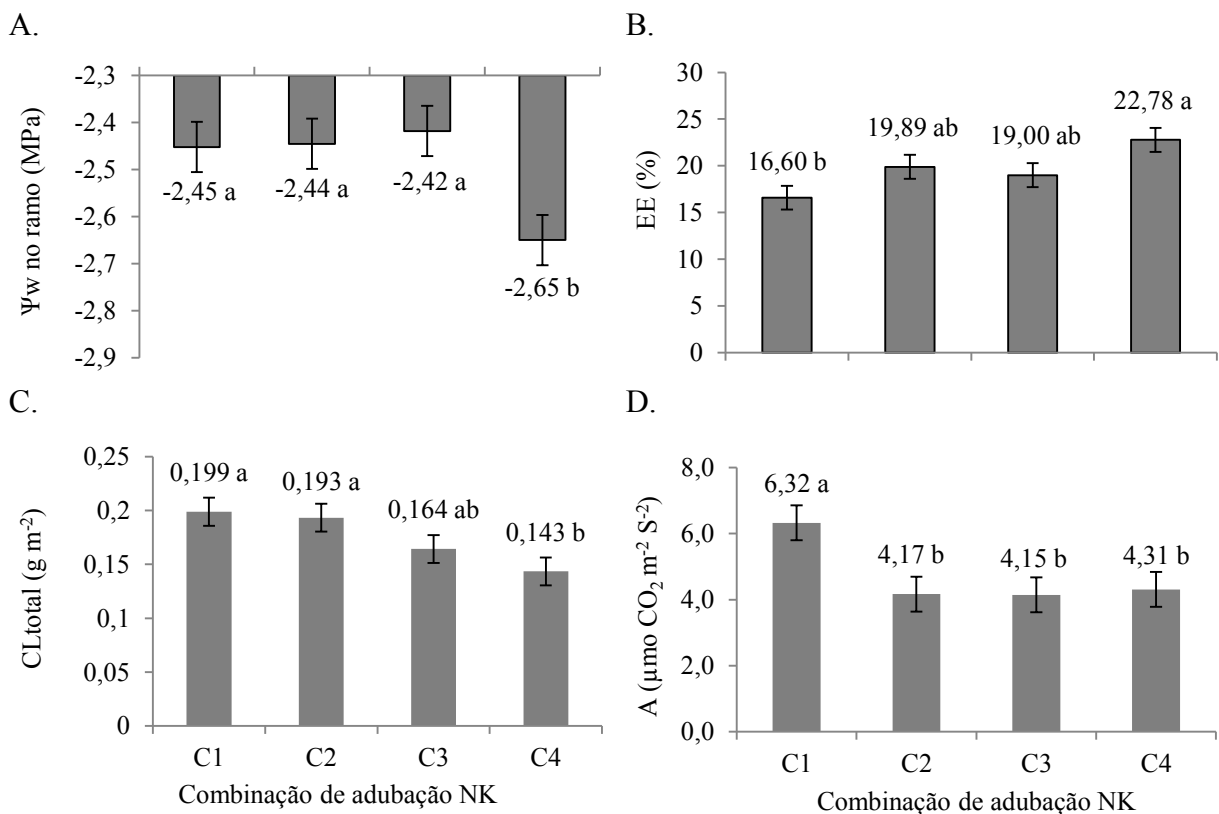
O conteúdo relativo de água na folha foi aumentado em função do incremento no nível de salinidade da água de irrigação, com acréscimo linear de 2,41%, por aumento unitário na CEa (Figura 2B), fato que resultou na diminuição do déficit de saturação hídrica na folha em 6,45% (Figura 2C) por aumento unitário no nível de condutividade elétrica da água, que implica no aumento da turgidez celular. Provavelmente, estes efeitos estão relacionados ao ajustamento osmótico, que induziu a absorção de água pelas plantas, mantendo a maior turgescência das células do tecido foliar; isto também pode ser comprovado no presente trabalho pelo efeito não significativo da salinidade da água sobre a condutância estomática (Tabela 2), em decorrência da manutenção de turgescência das células-guardas dos estômatos, pelo efeito do ajustamento osmótico. O aumento do conteúdo de água nas folhas pelo aumento da salinidade na água de irrigação também foi observado por Carneiro et al. (2002) em plantas de cajueiro, que associaram este fenômeno ao efeito do ajustamento osmótico, pelo acúmulo de íons no vacúolo das células e a síntese de compostos orgânicos.

Na Figura 2D, verifica-se que o aumento na salinidade da água de irrigação intensificou, de forma linear, o extravasamento de eletrólitos nas células do limbo foliar, resultando em acréscimo de 31,44%, por aumento no nível de salinidade da água. O aumento na extrusão de eletrólitos está associado aos efeitos tóxicos dos íons Na^+ e Cl^- acumulado nas folhas, que promovem alterações estruturais de membranas e organelas celulares, induzindo a ruptura da membrana celular e, conseqüentemente, perda do seu conteúdo interno (FERRAZ et al., 2015). No mais, com aumento da salinidade, pode ter ocorrido o estresse oxidativo, resultando na produção de espécies reativas de oxigênio, como o radical superóxido, oxigênio singlete, radical hidroxila e o peróxido de hidrogênio, que causam a peroxidação lipídica e oxidação das proteínas das membranas celulares, resultando na degradação de membranas e organelas (MENDES et al., 2011).

Percebe-se nas Figuras 2E e 2F, que o teor de clorofila total nas folhas e a taxa de assimilação de CO_2 foram reduzidas pelo incremento do estresse salino da água de irrigação, cujo decréscimo linear foi de 8,73 e 7,98%, respectivamente, por aumento unitário na CEa. A diminuição do teor de clorofila nas folhas está associada à degradação dos cloroplastos em virtude da ruptura de suas membranas (SOUSA et al., 2017) e, ao aumento na atividade da enzima clorofilase que degrada as moléculas destes pigmentos fotossintetizantes, sob condições de estresse salino (SÁ et al., 2019a). Para a taxa de assimilação de CO_2 , ressalta-se que o decréscimo pode ter sido resultante da diminuição da eficiência de carboxilação da enzima rubisco, responsável pela fixação de carbono para fotossíntese, que geralmente, é afetada pela elevação de Cl^- nas folhas (SILVA et al., 2018) e, a baixa formação do redutor

NADPH e ATP na fase fotoquímica, que são utilizados como fonte de energia para assimilação do CO₂, conforme relatados em trabalhos com a cultura da aceroleira submetida ao aumento do estresse salino da água de irrigação (ALVARENGA et al., 2019; LIMA et al., 2019a; SÁ et al., 2019).

Observa-se (Figura 3A) que o potencial hídrico no ramo das plantas adubadas com as combinações C1, C2 e C3 não se diferenciou estatisticamente, enquanto que a adubação com a combinação C4, resultou em menor valor desta variável. A aplicação de altas doses de N e K através da C4 pode ter resultado em desbalanço nutricional e acúmulo excessivo de NO₃⁻ e de K⁺ no vacúolo celular de folhas e ramos, causando um gradiente osmótico (ASHRAF et al., 2018; HASANUZZAMAN et al., 2018), tendo como consequência a redução a energia livre da água, com reflexo na diminuição do potencial hídrico interno do ramo.



C1= 70%N + 50%K₂O; C2= 100%N + 75%K₂O; C3= 130%N + 100%K₂O e C4 = 160%N + 125%K₂O; médias seguidas por letras diferentes indicam diferença significativa entre os tratamentos pelo teste Tukey (p < 0,05 de probabilidade). Barras representam o erro padrão da média (n= 3).

Figura 3. Potencial hídrico no ramo – Ψ_w (A), extravasamento de eletrólitos - EE (B), clorofila total – CL_{total} (C) e taxa de assimilação de CO₂ – A (D) em folhas de aceroleira, em função da adubação com diferentes combinações de adubações de adubação nitrogenada e potássica aos 540 dias após o transplantio.

Na Figura 3B, verifica-se que a porcentagem de extravasamento de eletrólitos no limbo foliar, foi menor nas plantas adubadas com a combinação C1, enquanto o teor de clorofila total e a taxa de assimilação de CO₂ (Figuras 3C e 3D) foram maiores com a utilização desta combinação de adubação. O aumento nas doses de NK intensificou o extravasamento de eletrólitos, diminuiu o teor de clorofila total e a taxa de assimilação de CO₂, principalmente nas plantas que receberam a combinação de adubação C4.

A menor extrusão de eletrólitos, o maior teor de clorofila e da taxa de assimilação de CO₂ nas plantas que receberam a combinação C1 pode ter sido resultado do maior balanço nutricional, em virtude da aplicação de doses adequadas de nitrogênio e potássio, haja vista que o N é um componente integral das proteínas que compõe as membranas celulares, melhorando a sua permeabilidade e seletividade (ASHRAF et al., 2018), além de ser um dos principais constituintes de moléculas de clorofila (TAIZ et al., 2017). No mais, o K diminui a produção de espécies reativas de oxigênio, garantindo maior integridade de membranas celulares e dos cloroplastos, com contribuições positivas no equilíbrio catiônico, na osmorregulação e no movimento da água através da membrana celular (HASANUZZAMAN et al., 2018), bem como, estimula a atividade da enzima rubisco, que contribui com aumento da taxa de assimilação de CO₂ (TAIZ et al., 2017).

Por outro lado, salienta-se que as altas doses de N e K₂O aplicadas através da C4 possa ter ocasionado aumento do estresse oxidativo, ocasionando maiores danos às membranas celulares e às moléculas de clorofila; haja vista que pode ocorrer aumento da produção de espécies reativas de oxigênio nas plantas, especificamente de peróxido de hidrogênio, principalmente com aumento de doses de nitrogênio (CORRER, 2015). A diminuição da taxa de assimilação de CO₂ a partir da combinação C2 também está relacionada com quantidade excessiva de N, que pode promover aumento na atividade de oxigenase da enzima rubisco em detrimento da carboxilase, e o K causar diminuição da atividade da enzima fixadora de CO₂ (rubisco), resultando em menor assimilação de CO₂ (MELO et al., 2009).

Verifica-se (Tabela 4) que não houve efeito significativo da interação ($p > 0,05$) entre as salinidades da água de irrigação e as combinações de adubação NK sobre a formação de frutos de aceroleira. Todavia, ocorreu efeito significativo isolado das salinidades da água e das combinações de adubação sobre o comprimento, diâmetro, tamanho médio e massa média de fruto.

Tabela 4: Resumo do teste F para comprimento (CF), diâmetro (DF), tamanho médio (TMF) e massa média de frutos (MMF) de aceroleira irrigada com águas de diferentes salinidades, sob combinações de adubação nitrogenada e potássica, de colheitas realizadas entre 420 e 550 dias após o transplântio.

Fonte de variação	Significância do teste F				
	GL	CF	DF	TMF	MMF
Salinidades (S)	4	**	**	**	**
Combinações NK (C)	3	**	**	**	**
Interação S*C	12	ns	ns	ns	Ns
Bloco	2	ns	*	*	*
Erro	38	0,3009	0,5522	0,4992	0,0839
CV (%)	-	3,87	4,61	4,65	12,70

^{NS}, * e **, respectivamente não significativo, significativo a $p < 0,05$ e $p < 0,01$; GL= grau de liberdade; CV= coeficiente de variação.

O aumento no nível de salinidade da água de irrigação afetou negativamente o comprimento, diâmetro, tamanho médio e massa média de fruto, causando diminuições sobre estas variáveis de 3,12; 2,99; 2,50 e 5,21%, respectivamente, por incremento unitário na CEa (Figuras 4A, 4B, 4C e 4D). Isto deve-se ao maior custo energético para realização do ajustamento osmótico com aumento da salinidade, através da síntese de solutos orgânicos e desvio destes substratos que seriam transferidos e acumulados nos frutos na forma de amido, proteínas e parede celular (TAIZ et al., 2017). Tal fenômeno também está associado à diminuição da taxa de assimilação de CO₂, que reduziu a síntese de assimilados que seriam transferidos e acumulado nos frutos; e a distúrbios fisiológicos causados pelo aumento da geração de espécies reativas de oxigênio que danifica membranas celulares, clorofilas, proteínas, lipídios e ácidos nucleicos (MENDES et al., 2011; SOUSA et al., 2017; ASHRAF et al., 2018).

Semelhantemente, Sá et al. (2019), observaram diminuição do diâmetro longitudinal e da massa de frutos de aceroleira BRS Jaburu irrigada com salinidade da água variando de 0,6 a 3,8 dS m⁻¹ aos 365 dias após o transplântio. Outrossim, Lima et al. (2019b) averiguaram redução da massa média de frutos desta cultivar pela irrigação com salinidade da água de 3,8 dS m⁻¹ aos 515 dias após o transplântio.

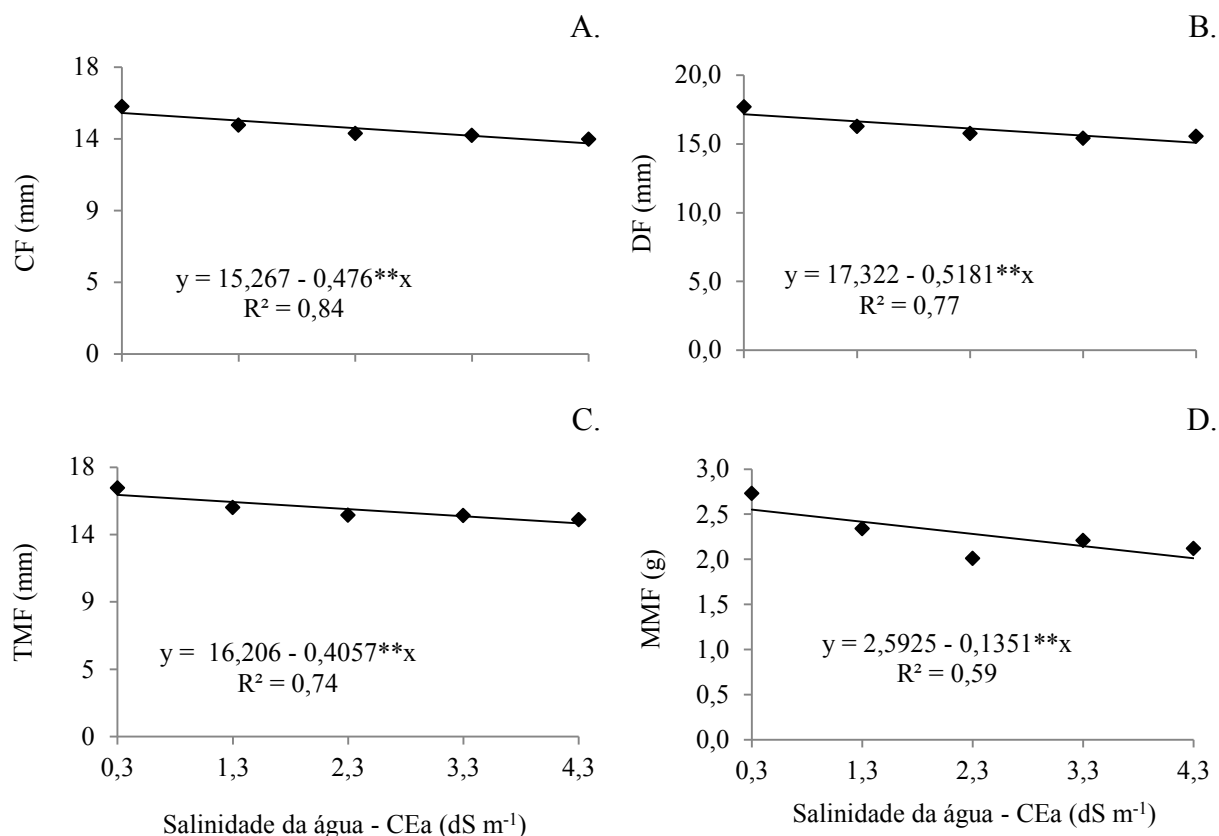
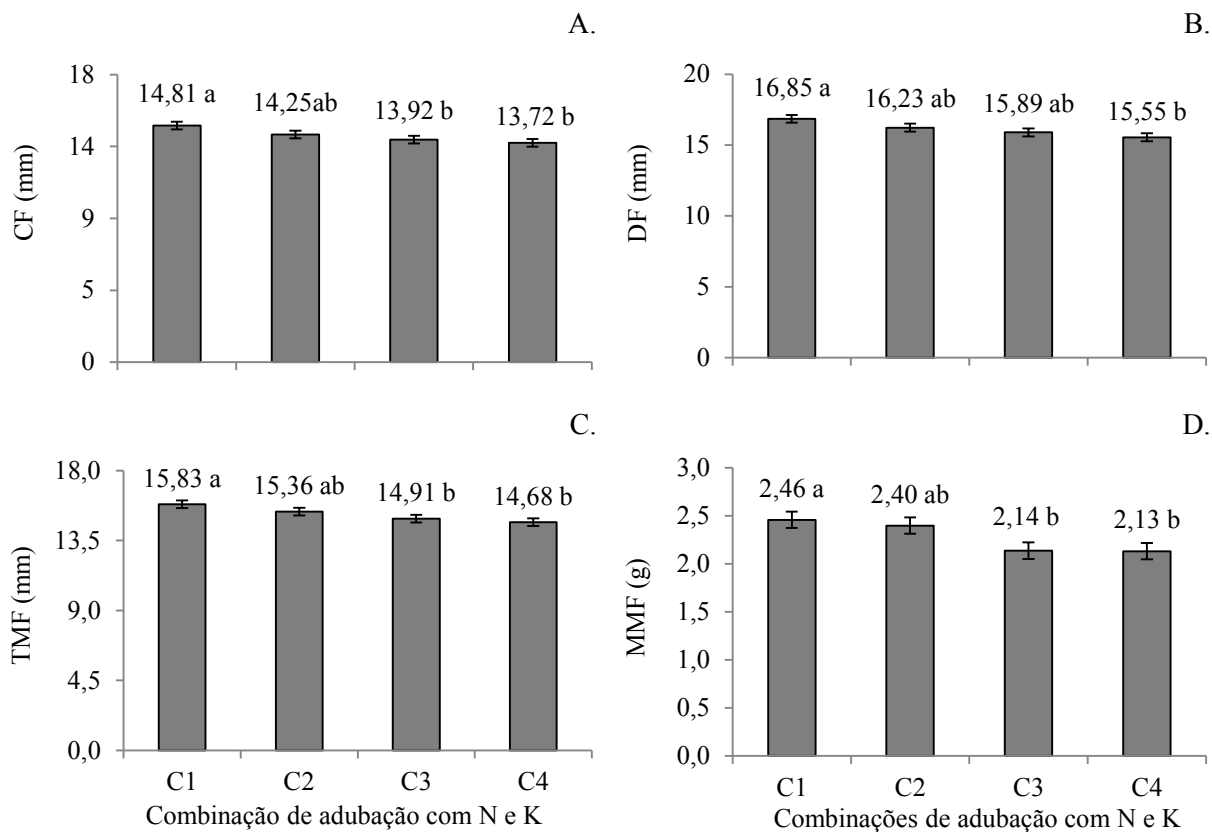


Figura 4. Comprimento – CF (A), diâmetro – DF (B), tamanho médio – TMF (C) e massa média de frutos – MMF (D) de aceroleira, em função da salinidade da água de irrigação – CEa, de colheitas realizadas entre 420 e 550 dias após o transplantio.

Analisando o efeito das combinações de adubação sobre os frutos de aceroleira, averigua-se (Figuras 5A, 5B, 5C e 5D) que o maior comprimento, diâmetro, tamanho médio e massa média de fruto foi obtido nas plantas adubadas com a combinação C1, seguido da combinação C2. Tal efeito pode estar relacionado ao maior balanço nutricional, com resposta positiva sobre processos fisiológicos e bioquímicos pela utilização de doses adequadas de N e K fornecidas através destas combinações. Estes fenômenos foram comprovados no presente estudo pela adubação com a combinação C1, em que as plantas apresentaram menor dano de membrana celular, maior concentração de clorofila total nas folhas e maior taxa de assimilação de CO₂ (Figuras 3B, 3C e 3D). Quanto aos menores valores observados, principalmente, através da combinação C4 (160% de N + 125% de K₂O), é possível afirmar que além do desbalanço nutricional, estas doses tenham incrementado a salinidade no solo em consequência do aumento da quantidade de fertilizantes nitrogenados e potássicos aplicados, exercendo o efeito negativo sobre as atividades fisiológicas e a formação de frutos das plantas de aceroleira; uma vez que a ureia e cloreto de potássios utilizados como fonte de N e K₂O

possuem índices salinos elevados, correspondentes a 75 e 115%, respectivamente (BORGES; SILVA, 2011).



C1= 70%N + 50%K₂O; C2= 100%N + 75%K₂O; C3= 130%N + 100%K₂O e C4 = 160%N + 125%K₂O; médias seguidas por letras diferentes indicam diferença significativa entre os tratamentos pelo teste Tukey (p < 0,05 de probabilidade). Barras representam o erro padrão da média (n= 3).

Figura 5. Comprimento – CF (A), diâmetro – DF (B), tamanho médio – TMF (C) e massa média de frutos – PF (D) de aceroleira, em função de diferentes combinações de adubação nitrogenada e potássica, de colheitas realizadas entre 420 e 550 dias após o transplantio.

4 CONCLUSÕES

O uso das diferentes combinações de doses de nitrogênio e potássio não mitigaram os efeitos nocivos do estresse salino da água de irrigação sobre a fisiologia das plantas e formação de frutos de aceroleira, no segundo ano de cultivo, entre 420 e 550 dias após o transplantio.

O aumento na condutividade elétrica da água de irrigação a partir de $0,3 \text{ dS m}^{-1}$ intensificou os danos às membranas celulares, reduziu o potencial hídrico nas plantas, o teor de clorofila total nas folhas e a taxa de assimilação de CO_2 , diminuindo o diâmetro, comprimento e a massa de frutos.

As plantas adubadas com 70% de N + 50% de K_2O da dose recomendada, obtiveram menores danos às membranas celulares, maior taxa de assimilação de CO_2 , teor de clorofila nas folhas e frutos com maior comprimento, diâmetro e acúmulo de massa.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, D. M.; OLIVEIRA, M. M.; SAIBO, N. J. M. Regulation of Na^+ and K^+ homeostasis in plants: Towards improved salt stress tolerance in crop plants. **Genetics and Molecular Biology**, v.40, n.1, p. 326–345, 2017.
- ALVARENGA, C. F. S.; SILVA, E.M.; NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R.; LIMA, G.S.; SILVA. Morfofisiologia de aceroleira irrigada com águas salinas sob combinações de doses de nitrogênio e potássio. **Revista de Ciências Agrárias**, v.42, n.1, p.194-205, 2019.
- ANDRADE JÚNIOR, W. P.; PEREIRA, F. H. F.; FERNANDES, O. B.; QUEIROGA, R. C. F.; QUEIROGA, F. M. Efeito do nitrato de potássio na redução do estresse salino no meloeiro. **Revista Caatinga**, v.24, n.3, p.110-119, 2011.
- ASHRAF, M.; SHAHZAD, S. M., IMTIAZ, M.; RIZWAN, M. S.; ARIF, M. S.; KAUSAR, R. Nitrogen nutrition and adaptation of glycophytes to saline environment: a review. **Archives of Agronomy and Soil Science**, v.64, n.9, p. 1181-1206, 2018.
- BAJJI, M.; KINET, J. M.; LUTTS, S. The use of the electrolyte leakage method for assessing cell membrane stability as a water stress tolerance test in durum wheat. **Plant Growth Regulation**, v.36, n.1, p. 61-70, 2002.
- BORGES, A. L.; SILVA, D. J. Fertilizantes para fertirrigação. In: SOUSA, V. F. et al. (Eds.). **Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2011. p. 253-264.
- CALGARO, M.; BRAGA, M. B. **A cultura da acerola**. 3. ed. Brasília, DF : Embrapa, 2012. 144 p. (Coleção Plantar; 69).

- CARNEIRO, P. T.; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R.; SOARES, F. A.L. Germinação e crescimento inicial de genótipos de cajueiro anão-precoce em condições de salinidade. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.6, n.2, p.199-206, 2002.
- CAVALCANTI, F. J. A. Recomendações de adubação para o Estado de Pernambuco: 2. aproximação. 3. ed. Recife: IPA, 2008. 212 p.
- CORRER, A. C. D. **Doses e formas de nitrogênio na nutrição, produção e estresse oxidativo do capim Tanzânia**. 2015. 93 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2015.
- DONAGEMA, G. K.; CAMPOS D. V. B.; CALDERANO, S. B.; TEIXEIRA, W. G; VIANA, J. H. M. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230 p.
- ESASHIKA, T.; OLIVEIRA, L. A. DE; MOREIRA, F. W. Resposta da aceroleira a adubação orgânica, química e foliar num Latossolo da Amazônia Central. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 36, n. 4, p. 399-410, 2013.
- FERRAZ, R. L. S.; MAGALHÃES, I. D; . BELTRÃO, N. E. M; MELO, A. S.; BRITO NETO, J. F.; ROCHA, M. S. Photosynthetic pigments, cell extrusion and relative leaf water content of the castor bean under silicon and salinity. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.9, p.841–848, 2015.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: um sistema computacional de análise estatística. **Ciência e Agrotecnologia**, v.35, n.6, p.1039-1042, 2011.
- FLOWERS, T. J.; MUNNS, R.; COLMER, T. D. Sodium chloride toxicity and the cellular basis of salt tolerance in halophytes. **Annals of Botany**, v.115, n.3, p.419-431, 2014.
- GURGEL, M. T.; GHEYI, H. R.; OLIVEIRA, F. H. T. Acúmulo de matéria seca e nutrientes em meloeiro produzido sob estresse salino e doses de potássio. **Revista Ciência Agronômica**, v.41, n.1, p.18-28, 2010.
- HASANUZZAMAN, M.; BHUYAN, M. H. M. B.; NAHAR, K.; HOSSAIN, S. M.; MAHMUD, J. A.; HOSEN, M. S.; MASUD, A. A. C; FUJITA, M. Potassium: a vital regulator of plant responses and tolerance to abiotic stresses. **Agronomy**, v.8, n.3; p.1-29, 2018.
- 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 (Eds.). **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. Fortaleza, INCTSal, 2016. cap.4, p.35-50, 2016.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. **Estações e dados**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesAutomaticas>>.

Acesso em: 30 de Out. 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Produção e área nos estabelecimentos agropecuários com mais de 50 pés existentes**. Rio de Janeiro: IBGE, 2017. Disponível em: https://censos.ibge.gov.br/agro/2017/templates/censo_agro/resultadosagro/agricultura.html?localidade=0&tema=76215. Acesso: 03 de fev, 2020.

LICHTENTHALER, H.K. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. In: PACKER, L.; DOUCE, R. **Methods in Enzimology**. Academic Press, London, UK, v.148, 1987, pp.350-381.

LIMA, G. S.; ANDRADE, E. M. G.; KETOUNOU, T. R.; LIMA, V. L. A.; GHEYI, H. R.; SILVA, S. S.; SOARES, L. A. A. Photosynthesis, photochemical efficiency and growth of west indian cherry cultivated with saline waters and nitrogen fertilization. **Bioscience Journal**, v.35, n.1, p.67-78, 2019a.

LIMA, G. S.; PINHEIRO, F. W. A.; DIAS, A. S.; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A. A.; SILVA, S. S. Growth and production components of West Indian cherry cultivated with saline waters and potassium fertilization. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.23, n.4, p. 250-256, 2019b.

MEDEIROS, J. F. **Qualidade da água de irrigação e evolução da salinidade nas propriedades assistidas pelo "GAT" nos Estado do RN, PB e CE**. 1992. 173 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 1992.

MELO, A.S.; SILVA JÚNIOR, C.D.; FERNANDES, P.D.; SOBRAL, L.F.; BRITO, M.E.B.; DANTAS, J.D.M. Alterações das características fisiológicas da bananeira sob condições de fertirrigação. **Ciência Rural**, v. 39, n. 3, p.733-741, 2009.

MENDES, B. S. S.; WILLADINO, L.; CUNHA, P. C.; OLIVEIRA FILHO, R. A.; CAMARA, T. R. Mecanismo fisiológicos e bioquímicos do abacaxi ornamental sob estresse salino. **Revista Caatinga**, v.24, n.3, p.71-77, 2011.

SÁ, F. V. S.; GHEYI, H. R.; LIMA, G. S.; PAIVA, E. P.; LACERDA, C. F.; FERNANDES, P. D. Saline water, nitrogen and phosphorus on water relations and physiological aspects of West Indian cherry. **Comunicata Scientiae**, v.9, n.3, p.430-437, 2018b.

SÁ, F. V. S.; GHEYI, H. R.; LIMA, G. S.; PAIVA, E. P.; MOREIRA, R. C. L.; SILVA, L. A. Water salinity, nitrogen and phosphorus on photochemical efficiency and growth of

- west indian cherry. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.22, n.3, p.158-163, 2018a.
- SÁ, F. V. S.; GHEYI, H. R.; LIMA, G. S.; PAIVA, E. P.; SILVA, L. A.; MOREIRA, R. C. L.; FERNANDES, P. D.; DIAS, A. S. Ecophysiology of west indian cherry irrigated with saline water under phosphorus and nitrogen doses. **Bioscience Journal**, v.35, n.1, p.211-221. 2019.
- SALES, M. A. L.; MOREIRA, F. J. C.; ELOI, W. M.; RIBEIRO, A. A.; SALES, F. A. L.; MONTEIRO, R. N. F. Germinação e crescimento inicial do coentro em substrato irrigado com água salina. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, v.9, n.3, p.221-227, 2015.
- SCHOLANDER, P. F.; HAMMEL, H. T.; HEMINGSSEN, E. A.; BRADSTREET, E. D. Hydrostatic pressure and osmotic potentials in leaves of mangroves and some other plants. **Proceedings of National Academy Science**, v.52, n.1, p.119-125, 1965.
- SILVA, A. R. A.; BEZERRA, F. M. L.; LACERDA, C. F.; SOUSA, C. H. C.; CHAGAS, K. L. Pigmentos fotossintéticos e potencial hídrico foliar em plantas jovens de coqueiro sob estresses hídrico e salino. **Revista Agro@ambiente On-line**, v.10, n.4, p.317-325, 2016.
- SOUSA, J. R. M.; GHEYI, H. R.; BRITO, M. E. B.; SILVA, F. A. F. D.; LIMA, G. S. Dano na membrana celular e pigmentos clorofilianos de citros sob águas salinas e adubação nitrogenada. **Irriga**, v.22, n.2, p.353-368, 2017.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858 p.
- WEATHERLEY, P. E. Studies in the water relations of the cotton plant. I. The field measurement of water deficits in leaves. **New Phytologist**, v.49, p. 81-97, 1950.

CAPÍTULO VIII

CONSIDERAÇÕES FINAIS

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de água salina na irrigação na região semiárida do Nordeste do Brasil tem se tornado constante e necessário para suprir a demanda hídrica das culturas, devido a estiagens persistentes e o déficit de água de boa qualidade. Com isto, várias pesquisas vem buscando tecnologias para mitigação do estresse salino nas plantas, como a introdução de espécies e cultivares resistentes à salinidade e estratégias de manejo da irrigação e adubação das diferentes culturas.

Com a exposição das plantas à salinidade, o equilíbrio na absorção e transporte de nutrientes minerais essenciais é interrompido pela competitividade com os íons Na^+ e Cl^- , ocasionando o desequilíbrio nutricional pelo efeito indireto, refletindo em distúrbios fisiológicos e bioquímicos, com efeito negativo sobre o crescimento e a produção das culturas. Neste sentido, tem-se buscado estratégias de manejo da adubação com um ou mais nutrientes, no intuito de diminuir ou corrigir as deficiências induzidas pelos íons salinos e estabelecer maior equilíbrio nutricional nas plantas cultivadas sob determinado nível de salinidade.

O nitrogênio e o potássio são os nutrientes mais exigidos pela maioria das culturas e responsáveis pela atuação primordial sobre atividades fisiológicas e bioquímicas nas plantas e incrementos de produtividade. Outrossim, há relatos que estes nutrientes também podem reduzir os efeitos da salinidade nas espécies vegetais em virtude da inibição competitiva com os íons tóxicos Na^+ e Cl^- e manutenção do ajustamento osmótico.

A aceroleira está entre as fruteiras de maior interesse econômico na região Nordeste do Brasil, devido a boa adaptação às condições de solo e clima, precocidade de produção, possibilidade de várias safras ao ano e poucos problemas de pragas e doenças. No mais, seu fruto possui elevado teor de vitamina C e compostos antioxidantes, além de ser ótima fonte de minerais, assim valorizando o produto no mercado e provocando aumento de consumo 'in natura' e de industrializados.

Analisando o efeito de diferentes salinidades da água de irrigação sobre a cultura da aceroleira submetida a diferentes combinações de doses de nitrogênio e potássio, foi observado na presente pesquisa que o efeito do aumento na salinidade da água de irrigação se manifestou a partir dos 230 DAT, causando diminuições sobre o diâmetro de caule abaixo, no ponto e acima da enxertia e diâmetro de ramos primários pela irrigação com CEa acima de $2,32 \text{ dS m}^{-1}$. Em relação às trocas gasosas foi notório a diminuição com aumento da salinidade

da água aos 110 dias após o transplântio, todavia, não observado aos 170 e 230 DAT, o que pode ter predominado algum mecanismo de aclimação da cultura ao estresse salino sobre estas variáveis.

Os efeitos das combinações de adubação se manifestaram a partir dos 170 DAT, em que a combinação de 70% de N + 50% de K₂O favoreceu maior crescimento das plantas em diâmetros de caule e de ramos, bem como maior taxa de assimilação de CO₂, eficiência instantânea de carboxilação, transpiração e condutância estomática. Nestes períodos, não houve interação significativa entre as salinidades da água de irrigação e as combinações de adubação nitrogenada e potássica sobre o crescimento e as trocas gasosas das plantas de aceroleira.

Quanto aos parâmetros morfológicos e de produção entre 260 e 330 dias após o transplântio, foi verificado que o efeito negativo da salinidade da água foi intensificado sobre os diâmetros de caule das plantas de aceroleira e reduziu o tamanho e peso de frutos, todavia não se manifestou sobre o diâmetro de copa, volume de copa, índice de vigor vegetativo, número de frutos e a produção por planta pela irrigação até o nível de CEa de 4,3 dS m⁻¹

Nesta época de produção, a combinação de adubação nitrogenada e potássica com 70% de N + 50% de K₂O da dose recomendada, promoveu maior crescimento das variáveis morfológicas e de produção, além de ter contribuído com maior diâmetro de fruto, quando as plantas foram irrigadas até a CEa de 1,3 dS m⁻¹, sugerindo a mitigação dos efeitos da salinidade neste nível de condutividade elétrica da água.

Em relação à qualidade pós-colheita dos frutos analisados entre 260 e 295 DAT, averiguou-se que o aumento na salinidade da água até a condutividade elétrica de 4,3 dS m⁻¹ diminuiu o tamanho, o peso e o teor de vitamina C dos frutos, porém, assim como as combinações de adubação, não promoveram alterações no formato de frutos e sobre os teores de antocianinas, carotenoides, pH, acidez titulável, sólidos solúveis totais e o sabor dos frutos.

Em análises realizadas no segundo ano de cultivo, entre 420 e 550 DAT, observou-se que o aumento na salinidade da água de irrigação diminuiu os teores de pigmentos fotossintéticos nas folhas, a eficiência fotoquímica, taxa de assimilação de CO₂, eficiência no uso da água, intensificou os danos às membranas celulares e reduziu o potencial hídrico nas plantas, assim comprometendo o número de frutos, diâmetro, comprimento e massa, com reflexo negativo sobre a produção por planta.

Neste período, a combinação de adubação com 70% de N + 50% de K₂O da dose recomendada promoveu maiores teores de pigmentos fotossintéticos nas folhas, aumentos na atividade fotossintética das plantas, menores danos às membranas celulares, maior número de

frutos por planta, frutos com maior comprimento, diâmetro e acúmulo de massa. Além disso, atenuou os efeitos deletérios da salinidade da água de irrigação sobre a produção por planta até a CEa de $2,3 \text{ dS m}^{-1}$, tornando-se a combinação mais adequada para adubação da aceroleira irrigada com água salina entre 420 e 550 dias após o transplantio.

Porém, é preciso salientar que o uso de combinações de adubação nitrogenada e potássica acima da dose recomendada (acima de 100% de N e de K_2O) não mitigaram os efeitos da salinidade da água sobre o crescimento, a fisiologia, componentes de produção e a qualidade pós-colheita de frutos entre o primeiro ano e segundo ano de cultivo, mas intensificaram o estresse salino e o desbalanço nutricional nas plantas.

Estes resultados tornam-se de importância relevante para o fruticultor do semiárido do Nordeste do Brasil produtor de acerola, haja vista que foi evidenciada a época em que os efeitos da salinidade da água se manifestaram sobre as plantas e a melhor dose de nitrogênio e potássio a ser utilizada no primeiro e segundo ano de cultivo, auxiliando o produtor em adoção de estratégias de manejo da irrigação e adubação; bem como foi comprovado que a aplicação de fertilizantes nitrogenado e potássico podem ser reduzidos na adubação da aceroleira em relação à dose recomendada e a produção por planta aumentada, resultando em maior viabilidade econômica e sustentabilidade ambiental nas áreas cultivadas com esta cultura.