



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

EULA PAULA DA SILVA SANTOS

**CRESCIMENTO E FISIOLOGIA DE MUDAS DE MAMOEIRO (*Carica papaya* L.)
SOB ESTRESSE SALINO E DOSES DE N**

AREIA
2023

EULA PAULA DA SILVA SANTOS

**CRESCIMENTO E FISIOLOGIA DE MUDAS DE MAMOEIRO (*Carica papaya* L.)
SOB ESTRESSE SALINO E DOSES DE N**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal da Paraíba, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Walter Esfrain Pereira

**AREIA
2023**

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

S237c Santos, Eula Paula da Silva.

Crescimento e fisiologia de mudas de mamoeiro
(Carica papaya L.) sob estresse salino e doses de N /
Eula Paula da Silva Santos. - Areia:UFPB/CCA, 2023.
61 f. : il.

Orientação: Walter Esfrain Pereira.
Dissertação (Mestrado) - UFPB/CCA.

1. Agronomia. 2. Produção de mudas. 3. Adubação
nitrogenada. 4. Salinidade. I. Pereira, Walter Esfrain.
II. Título.

UFPB/CCA-AREIA

CDU 631/635(043.3)

EULA PAULA DA SILVA SANTOS

TÍTULO: CRESCIMENTO E FISILOGIA DE MUDAS DE MAMOEIRO (*Carica papaya* L.) SOB ESTRESSE SALINO E DOSES DE N

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Agronomia.

Aprovada em: 31/ 08 / 2023.

BANCA EXAMINADORA:

Documento assinado digitalmente
 **WALTER ESFRAIN PEREIRA**
Data: 04/11/2023 21:10:37-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Walter Esfrain Pereira - UFPB
(Orientador)

Documento assinado digitalmente
 **FRANCISCO THIAGO COELHO BEZERRA**
Data: 06/11/2023 14:56:49-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Francisco Thiago Coelho Bezerra - UFPB
(Examinador)

Documento assinado digitalmente
 **FABIO RODRIGO ARAUJO PEREIRA**
Data: 08/11/2023 14:25:22-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Fábio Rodrigo Araújo Pereira - IFPE
(Examinador)

Dedico

*Á Jeová Jireh, a minha mãe Maria do Carmo (in memorian), meu Pai Francisco Joquim.
Minha mãe Euriteia . Meu irmão Eurivan. Minha esposa Milene, meu porto seguro, e a
minha cunhada Mikelly.*

AGRADECIMENTOS

Toda honra e glória seja dada a Deus, Jeová Jireh, que sempre proveu em minha vida. Que permanece fiel mesmo quando somos infieis, que me trouxe a paz que excede o entendimento humano, renovou-me as forças como a da águia e me faz andar sobre as águas cuidando de mim em todo tempo.

Aos meu pais, Maria do Carmo (*in memoriam*) e Francisco Joaquim, meus exemplos de perseverança e caráter, meus verdadeiros agrônomos, minha inspiração de vida.

A minha mãe Maria Euriteia, que sempre me deu força para estudar, conquistar meus objetivos, além de estar em oração ao meu favor todo tempo.

A minha esposa Milene, que sempre exigiu de mim o melhor desde a graduação, sempre perfeccionista nos estudos, mas ao mesmo tempo meu ombro para chorar, juntas entramos e sairemos para o futuro que Deus nos reserva.

A meu irmão Eurivan, que torce por mim todo tempo, és um exemplo para mim. Brinco dizendo que você é mais agrônomo que professor de português “rsrs”.

A meus irmão Ruth e Pedro, por estarem torcendo para eu ficar rica “rsrs”, mas a verdade é que eles que serão “rsrs”.

A minha cunhada Mikelly, que teve desde a montagem do experimento, a estatística, apoio emocional, obrigada por ter doado seu tempo e estudar para me ajudar mesmo cansada após seu trabalho.

Aos meus sogros José Eudes que dizia assim todo tempo vão estudar (comer livro “rsrs”) e Maria Nilva que até trabalhou no experimento, além do apoio emocional.

A minha tia Graça que sempre torce e ora por mim.

A minha tia que ganhei Neuzenir sempre me aconselha a não desistir e concluir.

A meu filho Pet (Tomoe) me trouxe leveza, e sempre ao meu lado no computador.

Aos meus pais que Areia me deu, dona Dora e Severino, e irmãos Daniela, Geo e Netinho que cuidaram de mim desde que cheguei, jamais esquecerei dessa família.

A Robson e a Gabriela, amigos mais chegados que irmão, que me ajudaram desde a montagem do experimento, a coisas cotidianas da vida e de fé.

A outra família que ganhei Dona Iza, Rita, Elielson e Nelson que nos ajudaram no dia a dia e com palavras de incentivos.

A meu amigo Jardel que doou seu tempo em tirar minhas dúvidas durante todo experimento, mesmo de longe. Continue com esse coração enorme.

A minha amiga/irmã Bruna 220V, oh mulher arretada, queria tanto ter feito você de escrava no experimento “rsrs”, mas a vida te deu algo melhor que você merece “rsrs”.

Aos meus amigos Régis e Maria, que ajudaram desde o início do experimento, com ações e palavras de encorajamento.

Ao amigo André, sempre calmo e claro em suas explicações, doando seu tempo para me ajudar.

Ao amigo Hinkley, que também contribuiu para execução do experimento, como também passou em conjunto as aflições.

Aos amigos que a UFPB me deu: Erika, Tayane, Bruno, Aíla e Jussara, que diretamente ou indiretamente contribuíram para dias mais leves.

Ao professor Francisco Thiago, que mesmo no finalzinho, doou seu tempo tirando dúvidas, me orientando.

A meu orientador Walter Esfrain Pereira, que sempre esteve disponível, não importando o dia e nem hora, sempre atencioso, paciente e empático.

Ao Curso de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal da Paraíba, pela oportunidade de realização do curso de Mestrado.

À Capes, pela concessão da bolsa de estudos.

A todos, o meu sincero agradecimento.

*“Nos braços do Pai eu vou repousar
e crer nas promessas de Deus para mim
E com oração eu irei plantar sementes da fé.
E o meu louvor será como adubo
fará com que os frutos comecem crescer
E as minhas lágrimas serão para regar
sementes da fé.”
Elaine Araújo*

SANTOS, Eula Paula da Silva. **Crescimento e fisiologia de mudas de mamoeiro (*Carica papaya* L.) sob estresse salino e doses de N.** 2023. 61f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Centro de Ciências Agrárias - Universidade Federal da Paraíba.

RESUMO GERAL

Nas áreas semiáridas, a água utilizada na irrigação quase sempre apresenta altas concentrações de sais que podem comprometer o solo e, principalmente, o crescimento das culturas, causando distúrbios fisiológicos e nutricionais, assim a aplicação de nitrogênio visando melhorar as condições nutricionais da plantas pode ser uma alternativa viável para minimizar o efeitos negativos do estresse salino. Diante do exposto, este experimento foi desenvolvido com o objetivo de avaliar os efeitos da utilização de doses de nitrogênio combinadas com a condutividade elétrica da água de irrigação na produção de mudas de mamoeiro. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com quatro repetições, e os tratamentos foram obtidos da combinados entre cinco valores de condutividade elétrica da água de irrigação (0,5; 1,0; 2,25; 3,5 e 4,0 dS m⁻¹) e cinco doses de nitrogênio (0,0; 1,3; 1,8; 3,1 e 3,6 g dm⁻³). Avaliou-se a altura, o diâmetro do caule, a área foliar, a taxa de crescimento relativo das respectivas variáveis, as massas da matéria seca do caule, das folhas, das raízes, e total, o índice de qualidade de Dickson, as trocas gasosas e o conteúdo relativo de nitrogênio. Os dados foram submetidos à análise de variância e regressão. A dose de 1,8 g dm⁻³ de N proporcionou melhores resultados para as variáveis altura, diâmetro do caule e índice de qualidade de Dickson. A maior área foliar foi obtida com dose de 2,1 g dm⁻³ de N. O aumento das doses de N contribuiu para aumento linear da taxa relativa de crescimento em altura. Doses acima de 2 g dm⁻³ de N limitaram massa da matéria seca da folha, da raiz e total. Houve efeito significativo de interação (CEai x N) para massa da matéria seca do caule e a dose de 1,8 g dm⁻³ de N atenuou o efeito da salinidade até 2,1 dS m⁻¹. Com relação às trocas gasosas, doses crescentes de 3,6 g dm⁻³ N em níveis de 4 dS m⁻¹ de CEai resultaram em maiores valores para as variáveis concentração de carbono intracelular (*C_i*), relação carbono interno/externo (*C_i/C_{ref}*) transpiração (*E*) e condutância estomática (*g_s*). Maior eficiência foi observada nas taxas de fluorescência e fotossíntese sob adubação nitrogenada. Os maiores teores foliares de N foram obtidos na dose de 3,2 g dm⁻³ de N e 4 dS m⁻¹ de condutividade elétrica da água de irrigação.

Palavras-chave: produção de mudas; adubação nitrogenada; salinidade.

SANTOS, Eula Paula da Silva. **Growth and physiology of papaya seedlings (*Carica papaya* L.) under saline stress and N doses.** 2023. 61f. Dissertation (Masters in Agronomy). Postgraduate Program in Agronomy. Center for Agricultural Sciences - Federal University of Paraíba.

ABSTRACT

In semi-arid areas, the water used in irrigation almost always has high concentrations of salts that can compromise the soil and, mainly, the growth of crops, causing physiological and nutritional disorders, so the application of nitrogen to improve the nutritional conditions of plants can be a viable alternative to minimize the negative effects of salt stress. In view of the above, this experiment was developed with the objective of evaluating the effects of using doses of nitrogen combined with the electrical conductivity of irrigation water on the production of papaya seedlings. The experimental design was in randomized blocks, combined according to the Central Composite Box experimental matrix, referring to five values of electrical conductivity (0.5; 1.0; 2.25; 3.5 and 4.0 dS m⁻¹) and five doses of nitrogen (0.0; 1.3; 1.8; 3.1 and 3.6 g dm⁻³), with four repetitions. For the growth variables, plant height, stem diameter, leaf area, relative growth rate of the respective variables, dry mass of the stem, leaves, roots were evaluated, obtaining the total dry mass and the Dickson's quality index. For the physiology, the gas exchanges, the relative nitrogen content were evaluated. Data were subjected to analysis of variance and regression. The dose of 1.8 g dm⁻³ of N provided better results for the variables height, stem diameter and Dickson's quality index. The largest leaf area was obtained with a dose of 2.1 g dm⁻³ of N. The increase in N doses contributed to a linear increase in the relative height growth rate. Doses above 2 g dm⁻³ of N limited leaf, root and total dry matter mass. There was a significant interaction effect (CEai x N) for stem dry matter mass and the dose of 1.8 g dm⁻³ of N attenuated the effect of salinity up to 2.1 dS m⁻¹. Regarding gas exchange, increasing doses of 3.6 g dm⁻³ N at levels of 4 dS m⁻¹ of ECai resulted in higher values for the variables intracellular carbon concentration (*C_i*), internal/external carbon ratio (*C_i/C_{ref}*) transpiration (*E*) and stomatal conductance (*g_s*). Greater efficiency was observed in the fluorescence and photosynthesis rates under N fertilization. Higher foliar levels of N were found under doses of 3.2 g dm⁻³ of N and 4 dS m⁻¹ of electrical conductivity of irrigation water.

Keywords: seedling production; nitrogen fertilization; salinity.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I	26
Figura 1 - Temperatura do ar (A) e umidade do ar (B) no interior da casa-de-vegetação durante o período experimental.....	29
Figura 2 - Altura de plantas (A), diâmetro do caule (B) e área foliar (C) em função de doses de nitrogênio (N) em mudas de mamoeiro.....	33
Figura 3 – Taxa relativa de crescimento em altura de plantas de mamoeiro em função de doses de nitrogênio (N).....	34
Figura 4 - Massa da matéria seca das folhas (A), da raiz (B) e total (C) em função de doses de nitrogênio (N), e massa da matéria seca do caule (D) em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEai) e de doses de nitrogênio (N) em mudas de mamoeiro Formosa.....	36
Figura 5 – Índice de qualidade de Dickson (IQD) de mudas de mamoeiro Formosa em função de doses de nitrogênio (N).....	37
CAPÍTULO II	41
Figura 1 - Temperatura do ar (A) e umidade do ar (B) no interior da casa-de-vegetação durante o período experimental.....	44
Figura 2 - Fotossíntese líquida (A), concentração intracelular de carbono (C_i) (B), transpiração (E) (C) e condutância estomática (g_s) (D) de mudas de mamoeiro Formosa em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEai) e de doses de nitrogênio (N).....	50
Figura 3 - Eficiência intrínseca do uso da água ($EIUA$) (A), eficiência instantânea do uso da água (EUA) (B) e relação carbo interno/externo(C_i/C_{ref}) (C) de mudas de mamão Formosa em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEai) e doses de nitrogênio (N).....	52
Figura 4 - Índices foliares de clorofila a (A) e b (B) em função de doses de nitrogênio (N) em mudas de mamoeiro Formosa.....	53
Figura 5 - Fluorescência variável (F_v) (A), eficiência quântica do fotossistema II (F_v/F_m) (B) e relação entre processos fotoquímicos e não fotoquímicos (F_v/F_0) (C) em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEai) e doses de nitrogênio (N) em mudas de mamoeiro Formosa.....	55
Figura 6 - Teor de nitrogênio em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEai) e doses de nitrogênio (N) em mudas de mamoeiro Formosa.....	56

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I	26
Tabela 1 - Tratamentos gerados pela matriz Composta Central de Box.....	28
Tabela 2 - Atributos químicos e físicos do substrato.....	29
Tabela 3 – Atributos químicos da água do poço Chã da Pia/Areia-PB.....	30
CAPÍTULO II	41
Tabela 1 - Tratamentos gerados pela matriz Composta Central de Box.....	44
Tabela 2 – Atributos químicos e físicos do substrato.....	45
Tabela 3 – Atributos químicos da água do poço Chã da Pia/Areia-PB.....	46
Tabela 4 - Análise de variância para as variáveis fotossíntese líquida (<i>A</i>), transpiração (<i>E</i>), condutância estomática (<i>g_s</i>), concentração intracelular de carbono (<i>C_i</i>), eficiência intrínseca do uso da água (<i>EIUA</i>), eficiência instantânea do uso da água (<i>EUA</i>), relação carbono interno/externo (<i>C_i/C_{ref}</i>), clorofila <i>a</i> , clorofila <i>b</i> , fluorescência variável (<i>F_v</i>), eficiência quântica do fotossistema II (<i>F_v/F_m</i>), relação entre processos fotoquímicos e não fotoquímicos (<i>F_v/F₀</i>) e teor de nitrogênio.....	47

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL	14
2 REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1 Aspectos gerais e importância econômica	13
2.2 Produção de mudas	15
2.3 Salinidade da água de irrigação	16
2.4 Estresse salino e seus efeitos sobre as plantas	17
2.5 Nitrogênio como atenuante do estresse salino	18
REFERÊNCIAS	20
CAPÍTULO I - CRESCIMENTO DE MUDAS DE MAMOEIRO (<i>Carica papaya</i> L.) SOB ESTRESSE SALINO E DOSES DE N	26
RESUMO.....	26
ABSTRACT	26
1 INTRODUÇÃO	27
2 MATERIAL E MÉTODOS	28
2.1 Local do experimento.....	28
2.2 Tratamentos e delineamento experimental.....	28
2.3 Condução do experimento	28
2.4 Variáveis analisadas	31
2.5 Análise estatística	32
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
4 CONCLUSÕES.....	37
REFERÊNCIAS	38
CAPÍTULO II – FISIOLOGIA E TEORES DE NITROGÊNIO EM MUDAS DE MAMOEIRO (<i>Carica papaya</i> L.) SOB ESTRESSE SALINO E DOSES DE N	41
RESUMO.....	41
ABSTRACT	41
1 INTRODUÇÃO	42
2 MATERIAL E MÉTODOS	43
2.1 Área experimental.....	43
2.2 Tratamentos e delineamento experimental.....	43
2.3 Condução do experimento	44
2.4 Variáveis analisadas	46
2.5 Análise estatística	47
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	47
4 CONCLUSÕES.....	56
REFERÊNCIAS	57

1 INTRODUÇÃO GERAL

O mamoeiro (*Carica papaya* L.) é uma planta herbácea considerada a principal espécie da família Caricaceae que se adaptou aos climas tropical e subtropical e ganha importância econômica mundial (MACHADO et al., 2021). O mamão, de forma geral, é comercializado como fruta fresca, para industrialização ou extração da papaína e pectina (EASMIN et al., 2020). A fruta possui alto teor de carotenoides, açúcares e vitaminas e apresenta sabor aromático agradável (GOMES et al., 2018). Apresentando mais destaque para o mercado interno o grupo Formosa (NOMURA et al., 2019).

O Brasil é o segundo maior produtor de mamão do mundo (FAOSTAT, 2021). A região Nordeste é a maior produtora, principalmente nos estados da Bahia, Espírito Santo e Rio Grande do Norte. O Estado da Paraíba é o 6º maior produtor nacional, com contribuição principalmente dos municípios de Mamanguape e Santa Rita (IBGE, 2023).

No Brasil, especificamente nessas áreas semiáridas, as águas utilizadas nas irrigações, quase sempre, possuem elevadas concentrações de sais que podem comprometer o solo e principalmente o desenvolvimento das culturas, sendo mais intenso na fase inicial da grande maioria das fruteiras (DA SILVA SÁ et al., 2013; SILVA et al., 2017). Por isso, alguns cuidados devem ser tomados, principalmente, na fase de produção das mudas quanto à qualidade da água usada na irrigação (MESQUITA et al., 2012; DA SILVA SÁ et al., 2013).

Embora plantas de *C. papaya* L. sejam moderadamente sensíveis ao estresse salino, Sá et al. (2013a, b), ao avaliar o crescimento inicial de duas cultivares de *C. papaya* L. irrigadas com água salina, pode comprovar que águas com salinidade acima de $2,0 \text{ dS m}^{-1}$ não são adequadas para irrigação de *C. papaya* L. na fase de muda limitando drasticamente o seu crescimento.

Quando os sais contidos na água de irrigação se acumulam na zona do sistema radicular das culturas, causando efeitos osmóticos e iônicos impostos pelo estresse salino afetam diretamente o desenvolvimento das plantas, principalmente na absorção de água e toxicidade por íons específicos, como o sódio e cloreto (MACHADO e SERRALHEIRO, 2017). Assim, o acúmulo excessivo de sais causa efeitos complexos nas interações fisiológicas, nutricionais e hormonais das plantas (TAIZ et al., 2017).

Sabe-se que a disponibilização, adequada de água no período de formação das mudas é de extrema importância, tanto no que diz respeito ao desenvolvimento das plantas, tendo em vista que esta pode afetar o desempenho das mesmas quando feita de forma excessiva ou insuficiente, quanto do ponto de vista econômico, devido onerar a atividade agrícola pela utilização de energia, e/ou mão-de-obra (CARVALHO et al., 2013).

Em virtude da demanda crescente por produtos agrícolas a utilização de águas de menor

qualidade como águas salinas se faz necessária (SÁ et al., 2015), pesquisas que busquem níveis de concentrações de salinidade que não afetem os aspectos de crescimento e bioquímicos das mudas de mamoeiro que possivelmente, possa contribuir com a maior eficiência do uso da água no cultivo e na viabilidade dessa cultura no ambiente de semiárido. De modo que se acredita que a irrigação possa ser expandida, com a utilização de água de baixa qualidade, isto quando se alia o manejo adequado do sistema solo/água/planta (CRISÓSTOMO et al., 2018).

Desse modo, uso de águas salinas na agricultura fica condicionado à tolerância das culturas à salinidade e ao manejo de práticas como irrigação e adubação. Pesquisas apontam o aumento no fornecimento de nitrogênio como estratégia de gestão capaz de minimizar os efeitos da salinidade nas plantas (OLIVEIRA et al., 2014). Dentre as principais tecnologias usadas para aumentar a produtividade e a rentabilidade dos cultivos, destaca-se o suprimento nutricional com nitrogênio (MARINHO et al., 2010), em razão de participar na formação de proteínas, aminoácidos, clorofila dentre outras moléculas importantes no metabolismo das plantas (TAIZ, 2017).

Além disso, o acúmulo deste nutriente nos tecidos vegetais é fator importante na regulação do fluxo de carbono em direção à síntese mais intensa de proteínas (alto teor de N) ou de carboidratos (baixo teor de N). Diante do exposto, o trabalho foi desenvolvido para avaliar os efeitos da utilização de diferentes doses de nitrogênio combinadas com irrigação de águas de distintos níveis salinos na produção de mudas de mamoeiro em condições de semiárido nordestino.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Aspectos gerais e importância econômica

O mamoeiro é uma planta frutífera originária da América Tropical, pertence à família Caricaceae e ao gênero *Carica*. Das 22 espécies do gênero, a mais cultivada comercialmente nas mais variadas regiões tropicais do mundo é a *Carica papaya* L. (NOMURA et al., 2019). O que pode ter contribuído para a ampla distribuição geográfica para regiões tropicais e subtropicais do mundo foi o grande número de sementes e sua fácil adaptação edafoclimática (RAMONA et al., 2017).

A produção mundial de mamão tem crescido significativamente nos últimos anos devido ao seu alto valor nutricional, excelente sabor e seus diversos usos na indústria alimentícia (CHAN-LEÓN et al., 2017; ESTRELLA-MALDONADO et al., 2021). O interesse sobre a produção nacional e mundial de mamão tem se destacado para além do setor agroindustrial alimentício, devido às possibilidades científicas de aplicações farmacológicas e medicinais de compostos fitoquímicos obtidos a partir da planta mamoeiro e do fruto mamão (CARVALHO

et al., 2020; SANDOVAL PAIXÃO et al., 2023).

O Brasil é o segundo maior produtor e terceiro maior exportador de mamão do mundo (FAO, 2022). A produção de mamão no país em 2021 foi de 1.256.703 toneladas em cerca de 28.495 hectares colhidos. Os estados do Espírito Santo e da Bahia são os maiores produtores de mamão, com produção de 439.550 e 400.438 toneladas em 2021, respectivamente, correspondendo a mais de 60% da produção nacional total. Neste mesmo ano o estado da Paraíba atingiu uma produção 27.244 toneladas, sendo o 6 maior produtor no país (IBGE, 2023).

A produção brasileira de mamão atual é baseada em uma estreita diversidade genética e limitada a poucas cultivares híbridas (SERAFINI et al., 2021). As principais variedades e cultivares híbridas são dos grupos Solo e Formosa, onde as cultivares do grupo Formosa são aptas para comercialização no mercado interno, enquanto as cultivares do grupo Solo são comercializadas no mercado interno e externo (MARCOLIN et al., 2021).

O grupo solo apresenta frutos pequenos, com peso de 350 a 600 g com polpa avermelhada, enquanto o Formosa tem frutos de tamanho médio, com peso de 800 a 1.100 g e de polpa laranja-avermelhada (REIS et al., 2015). O fruto do mamoeiro é rico em vitaminas A, B e C, tem também como constituintes carboidratos, proteínas, alcaloides (carpaína e pseudocarpaína), enzimas proteolíticas (papaína e quimiopapaína) (BARROSO et al., 2016).

O fruto é carnudo, grande, indeiscente, com polpa macia, densa, aromática e de cores variadas que variam do amarelo ao vermelho. A casca é lisa e fina, verde quando colhida e torna-se gradualmente amarela ou laranja durante o amadurecimento. A cavidade interna do fruto contém numerosas sementes pretas, comestíveis, de sabor picante, revestidas por uma substância mucilaginosa (BARROSO et al., 2016).

As plantas de mamoeiro apresentam altura média de 5 a 10 m e um tronco com uma única haste simples, o caule semi-herbáceo, oco, cilíndrico de 10 a 30 cm de diâmetro, fistuloso, ereto, de coloração verde-clara no ápice e verde-grisácea à acinzentada na base, possuindo um sistema radicular pivotante (SERAFINI et al., 2021).

As folhas são dispostas em espiral, agrupadas perto do ápice do tronco; pecíolo até 1 m de comprimento, oco, esverdeado ou verde-arroxeadado; lâmina orbicular, 25 a 75 cm de diâmetro, palmada, profundamente com sete lóbulos, glabra, com veias proeminentes; lóbulos profundamente e amplamente dentados (WADEKAR et al., 2021).

As flores são relativamente pequenas, afuniladas e com coloração que varia de branca a creme, podem ser encontradas solitárias ou formando inflorescências, estaminadas, pistiladas ou hermafroditas (RAMONA et al., 2017). O mamão é uma espécie polígama apresentando três tipos sexuais primários, como macho (estaminado), hermafrodita (bissexual) e feminino

(pistilo). Algumas plantas podem produzir, ao mesmo tempo, mais de um tipo de flor e sua expressão sexual mudam de acordo com condições ambientais, como seca e temperaturas (WADEKAR et al., 2021).

Possui boa adaptação em regiões de transição entre os climas tropical e subtropical, entretanto, áreas de cultivo que diferem das condições climáticas ideais para o seu desenvolvimento podem afetar as fases fenológicas das plantas, resultando em distúrbios das flores hermafroditas, principalmente devido a extremos de temperatura, condições do solo e umidade relativa (DA SILVA, et al., 2022).

Apesar de sua origem tropical, o mamão é bastante exigente quanto as condições climáticas. Se desenvolvendo melhor em regiões com regime pluviométrico de 1800 e 2000 mm anuais bem distribuídos, com umidade de 72 a 80% por isso o cultivo protegido é indicado (BURNS et al., 2022), e uma a faixa de temperatura de 21 a 33°C, sendo o valor ideal de 25°C (SALINAS et al., 2021).

2.2 Produção de mudas

No manejo da cultura do mamoeiro faz-se necessário a constante renovação dos pomares, pois seu período produtivo é considerado curto, sendo o período de permanência da planta no campo de 3 a 4 anos. Por isso ter um bom padrão de muda com qualidade genética e fitossanitária, uniformidade no estande, rápida formação de plantas pode influenciar diretamente na produtividade (DIETRICH et al., 2021).

O custo inicial dos plantios é elevado, pois nessa etapa é feita a aquisição de muitos insumos necessários para a produção agrícola, como adubos e as mudas, para estes são gastos cerca de 40,5% e 3,43%, respectivamente do valor investido em insumos (FEITOSA et al., 2018). Para minimizar os altos custos iniciais de implementação, o produtor implanta seu próprio viveiro e produz suas mudas, seguindo técnicas adequadas de produção (OLIVEIRA et al., 2020).

O mercado disponibiliza uma série de tipos de recipientes, bandejas de isopor, tubetes e os sacos plásticos destinados a produção de mudas frutíferas, de modo geral a escolha é feita com base na disponibilidade e custo (FRANCISCO et al., 2010). Segundo De Moraes et al. (2020) sacolas de polietileno proporcionam melhor desenvolvimento das mudas de mamoeiro. Outro fator a ser considerado é alto custo de substratos comerciais, por isso têm-se buscando soluções que proporcionem uma melhor relação custo-benefício.

Para produção de mudas, os substratos devem apresentar características uniforme, baixa densidade, alta capacidade de troca catiônica, de retenção de água, boa aeração e drenagem. Apresentar pH adequado, boa textura e estrutura, ausência de agentes patogênicos, podendo ser

de fácil aquisição e transporte e riqueza de nutrientes (MATIAS et al.,2019).

É preciso ter atenção para as mudas em fase de viveiro, uma vez que, a nutrição mineral das mudas de mamoeiro garante qualidade do material vegetal e vigor, conseqüentemente gera plantas em pleno desenvolvimento para serem levadas para campo. Visto isso, as plantas de mamoeiro têm alta exigência por potássio (K) e nitrogênio (N), seguida por Ca, Mg, S e P. Os micronutrientes em maior exigência são pelo Fe, seguida pelo Mn, Zn e B, menor por Cu e Mo (OLIVEIRA et al., 2020).

No estabelecimento de pomares de mamoeiro, a etapa de propagação pode influenciar diretamente na produtividade, a multiplicação ocorre de forma assexuada ou sexualmente (DA SILVA ALMEIDA et al., 2020). Tradicionalmente utiliza-se sementes por serem abundantes e apresentarem boa germinação, inicialmente seleciona-se as melhores, a semeadura pode ser direta, quando são colocadas nos recipientes definitivos até a transferência para o campo, ou indireta, quando são semeadas em sementeiras, e logo após a germinação são transferidas para o recipiente definitivo. Este último caso, é uma técnica aplicada geralmente em cultivares que possuem dificuldades para germinação (OLIVEIRA et al., 2016).

Geralmente a germinação das sementes ocorre entre 10 a 20 dias após a emergência (DAE) e com 3 a 5 cm de altura, realiza-se o desbaste permanecendo apenas uma planta por saco. De 20 a 30 DAE são selecionadas as mudas que irão para campo, tendo como padrão de seleção aquelas ausentes de doenças e pragas, com altura de 15 a 20 cm (OLIVEIRA et al., 2020).

2.3 Salinidade da água de irrigação

No Brasil, a salinidade dos solos irrigados tornou-se um dos problemas atuais mais importantes para a agricultura, principalmente na região semiárida do Nordeste Brasileiro, onde a maioria das fontes hídricas utilizadas na irrigação apresentam altas concentrações de sais (MUNNS e GILLIHAM, 2015; BEZERRA et al., 2019).

A região Nordeste é caracterizada por apresentar baixa pluviosidade e elevadas perdas de água por evaporação, além de apresentar mais de 60% de áreas de climas áridos (MEDEIROS et al., 2012), o que origina elevadas concentrações de sais nos lençóis freáticos, bem como em poços artesianos e açudes, comprometendo a qualidade da água de irrigação (DINIZ et al., 2018). A ausência de água de boa qualidade para uso na irrigação, força os produtores rurais a recorrerem as fontes hídricas contendo água de qualidade inferior, com elevados níveis salinos (SÁ et al.,2018).

A caracterização da qualidade da água para fins agrícola, baseia-se em três fatores: salinidade, avaliada por meio da condutividade elétrica da água: sodicidade, caracterizada pela

relação de adsorção de sódio (RAS) e pelo grau de toxicidade, determinado por meio da avaliação da concentração de íons que causem toxidez nas plantas, com destaque para o sódio, o cloro e o boro (HOLANDA et al., 2016).

A partir dessas características divide-se as águas em quatro classes de salinidade de acordo com as concentrações de sais solúveis, C1 - risco baixo, C2 - médio, C3 - alto, e C4 - muito alto, que possuem respectivamente valores de CE (dS m^{-1}) $< 0,75$, nenhuma salinidade, ligeira e moderada $0,75 > 2,25$ e severa $2,25 > \text{dS m}^{-1}$. Com relação sodicidade, divide-se em quatro grupos denominados de S1, S2, S3 e S4, definidas a partir dos valores da RAS (RICHARDS et al., 1954).

Diante desse contexto, ao escolher a fonte hídrica para irrigação deve-se levar em consideração a qualidade e a quantidade de água disponível (NASCIMENTO, 2020), onde a qualidade depende das propriedades físicas e químicas do solo, o tipo de sistema de irrigação, do manejo e da diversidade de culturas. Não existe um modelo de índice único que possa avaliar a qualidade da água com precisão. Além disso, o potencial de efeitos adversos dos componentes da água varia com a variedade da cultura e a condição do solo (ISLAM e MOSTAFA et al., 2022).

Teoricamente, a possibilidade de usar água de baixa qualidade para irrigação depende de suas características intrínsecas e das condições de uso, como, por exemplo, tipo de cultura, condições de solo e clima e método de irrigação. Com isto a irrigação consiste na melhor forma de garantir a produção agrícola com segurança; entretanto, o uso de água salina aliado à elevada evapotranspiração e precipitações insuficientes para lixiviar os sais, tem contribuído para o acúmulo de sais no solo, causando a salinização das áreas irrigadas (LIMA et al., 2014).

2.4 Estresse salino e seus efeitos sobre as plantas

O efeito da salinidade sobre o crescimento das plantas é um assunto discutido em vários países, principalmente, nos que apresentam regiões áridas e semiáridas (RIBEIRO et al., 2009). A utilização de água de baixa qualidade para a irrigação torna-se um fator limitante para a produção vegetal, uma vez que a salinidade inibe o crescimento das plantas, em função dos efeitos osmóticos e tóxicos dos íons (MUNNS, 2002).

Um dos efeitos iniciais do estresse salino é a redução da taxa de crescimento. O sal na água do solo inibe o crescimento das plantas por duas razões. Primeiro, reduz a capacidade da planta de absorver água e isso leva a um crescimento mais lento. Este é o efeito osmótico ou de déficit de água da salinidade. Em segundo lugar, pode entrar no fluxo de transpiração e eventualmente danificar as células nas folhas que transpiram, reduzindo ainda mais o crescimento (PARIHAR et al., 2015). Assim, a salinidade provoca alterações nos processos

fisiológicos das culturas, com conseqüente redução no seu crescimento e na produtividade (COELHO et al., 2015).

Em geral, a intensidade com que o estresse salino pode afetar o crescimento e a produção das culturas depende de outros fatores, tais como a ocorrência de altas temperaturas, baixa umidade atmosférica, intensa radiação, espécie e cultivar, tipos de sais, intensidade e duração do estresse, manejo de culturas e irrigação, condições edafoclimáticas e fertilização nutricional (MEHDI-TOUNSI et al., 2017).

Os íons Na^+ e Cl^- são os principais íons que produzem muitos distúrbios fisiológicos e efeitos prejudiciais nas plantas. No entanto, Na^+ é o íon primário, pois interfere na absorção do íon potássio (K^+) e perturba a regulação estomática que acaba causando perda de água, enquanto o íon Cl^- perturba a produção de clorofila e causa toxicidade clorótica. Mas, Cl^- é mais perigoso que Na^+ (PARIHAR et al., 2015).

Há casos extremos, onde a concentração de sais na solução do solo é tão alta, que pode ocorrer a plasmólise celular, pois o potencial osmótico da solução do solo é menor do que o potencial osmótico do citosol, a célula acaba perdendo água para a matriz do solo (DIAS et al., 2016). Todavia, a salinidade da água exerce efeitos variáveis entre espécies e dentro da própria espécie, ao decorrer do desenvolvimento da planta, sendo que em algumas ocasiões ocorrem variações com o genótipo (AYERS e WESTCOT, 1999; DA SILVA SÁ et al., 2013).

O uso de águas salinas na agricultura fica condicionado à tolerância das culturas à salinidade e ao manejo de práticas como irrigação e adubação (PINHEIRO et al., 2017). Além de práticas de manejo de água e solo, faz-se imprescindível a busca por variedades resistentes já que o aumento da concentração de sais, principalmente os sais de sódio, exercem efeitos complexos sobre as interações iônicas, osmótica, nutricionais e hormonais das plantas (DA SILVA SÁ et al., 2013).

2.5 Nitrogênio como atenuante do estresse salino

O Nitrogênio (N) é considerado um elemento essencial e constituinte de muitos compostos importantes nas plantas. Dentre as principais tecnologias usadas para aumentar a produtividade e a rentabilidade dos cultivos, destaca-se o suprimento nutricional com nitrogênio (MARINHO et al., 2010). No entanto, a relação entre a salinidade e o metabolismo do N é uma rede muito complexa, dependendo do grau e duração do estresse salino, das espécies vegetais, do estágio de crescimento das plantas, quantidade, tipo e forma de N na rizosfera (TEH et al., 2016).

O nutriente que mais limita o crescimento e a produtividade das plantas é o N. As plantas adquirem N de seu ambiente em várias formas, como amônio (NH_4^+) e nitrato (NO_3^-), podendo

ser convertido em aminoácidos através de uma série de processos de assimilação, frequentemente afetados pelo estresse salino (HUANG et al., 2018). O processo de mobilidade do N no solo é alto, de modo a gerar perdas, principalmente por lixiviação. A aplicação via água de irrigação permite o parcelamento desse nutriente de acordo com a demanda da cultura, reduzindo as perdas e o custo de produção (SOUZA et al., 2007).

O nitrogênio se destaca como um dos nutrientes mais importante para as plantas podendo minimizar os efeitos deletérios da salinidade sobre as plantas, por desempenhar função estrutural e fazer parte de diversos compostos orgânicos vitais para o vegetal, como aminoácidos, proteínas e prolina, entre outros, elevando a capacidade de ajustamento osmótico das plantas à salinidade (LIMA et al., 2018). Além disto, o acúmulo deste nutriente nos tecidos vegetais é fator importante na regulação do fluxo de carbono em direção à síntese mais intensa de proteínas (alto teor de N) ou de carboidratos (baixo teor de N) (PINHEIRO et al., 2017).

O manejo da adubação mineral é uma das técnicas agronômicas mais importantes aplicadas na cultura do mamoeiro, que geralmente extrai grandes quantidades de nutrientes do solo, principalmente o nitrogênio, que é o nutriente requerido em maior quantidade ao longo do ciclo da cultura (JÚNIOR et al., 2016). Tradicionalmente, são utilizadas diferentes fontes de N para a adubação nitrogenada do mamoeiro, como o nitrato de amônio, o sulfato de amônio e, mais comumente, a uréia (SANTOS et al., 2016).

REFERÊNCIAS

- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. A qualidade da água na agricultura. Campina Grande: Universidade Federal da Paraíba. **FAO Irrig. Drain. Pap**, n. 29, p. 1-218, 1999.
- BARROSO, P. T.; DE CARVALHO, P. P.; ROCHA, T. B.; PESSOA, F. L.; AZEVEDO, D. A.; MENDES, M. F. Evaluation of the composition of *Carica papaya* L. seed oil extracted with supercritical CO₂. **Biotechnology Reports**, v. 11, p. 110-116, 2016.
- BEZERRA, M. A. F.; PEREIRA, W. E.; BEZERRA, F. T. C.; CAVALCANTE, L. F.; e DA SILVA MEDEIROS, S. A. Nitrogen as a mitigator of salt stress in yellow passion fruit seedlings. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 40, n. 2, p. 611-622, 2019.
- BURNS, P.; SAENGMANEE, P.; DOUNG-NGERN, U. Papaya: The Versatile Tropical Fruit. In: **Tropical Plant Species and Technological Interventions for Improvement**. IntechOpen, 2022.
- CARVALHO, R. P.; CRUZ, M. C. M.; MARTINS, L. M. Frequência de irrigação utilizando polímero hidroabsorvente na produção de mudas de maracujazeiro-amarelo. **Rev. Bras. Frutic**, v. 35, n. 2, p. 518-526, 2013.
- CARVALHO, E. D. M. L.; REIS, R. C.; BORGES, V. P.; DA SILVA LEDO, C. A.; DA SILVA ARAÚJO, E.; DANTAS, J. L. L. Physicochemical and sensory properties of papaya fruits of elite lines and hybrids. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 41, n. 1, p. 121-130, 2020.
- CHAN-LEÓN, A. C.; ESTRELLA-MALDONADO, H.; DUBÉ, P.; ORTIZ, G. F.; ESPADAS-GIL, F.; MAY, C. T.; SANTAMARÍA, J. M. The high content of β -carotene present in orange-pulp fruits of *Carica papaya* L. is not correlated with a high expression of the CpLCY- β 2 gene. **Food Research International**, v. 100, p. 45-56, 2017.
- COELHO, D. C.; SILVA, E. C. B.; DA SILVA, F. M.; SOUSA, E. M. L.; NOBRE, R. G. Growth of papaya under irrigation with saline water. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 10, n. 1, 2015.
- CRISÓSTOMO, L. A.; WEBER, O. B.; DE MIRANDA, F. R.; DE ARAGAO, F. A. S.; MOSCA, J. Reuso da Água Produzida na Irrigação do Abacaxizeiro Ornamental. **Embrapa Agroindústria Tropical**, 27p. 2018.
- DA SILVA ALMEIDA, A.; DO AMARAL AIRES, T.; SILVA, J. B., DOS SANTOS OLIVEIRA, B. A.; DE ÁVILA NUNES, C.; SARAIVA, C.; e DE TUNES, L. V. M. Resposta da temperatura e substrato na emergência de sementes e desenvolvimento inicial de mamão. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 6, p. 41131-41140, 2020.
- DA SILVA SÁ, F. V.; DE MESQUITA, E. F.; BERTINO, A. M. P.; DA SILVA, G. A.; DA COSTA, J. D. Biofertilizantes na produção hidropônica de mudas de mamoeiro. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, 8: 109-116, 2013.
- DA SILVA SÁ, F. V.; PEREIRA, F. H. F.; LACERDA, F. H. D.; DA SILVA, A. B. Initial growth and dry matter accumulation of papaya cultivars subjected to water salinity in hydroponic system. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias (Agrária)**, v. 8, n. 3, p. 435-

440, 2013.

DA SILVA, N. D. S.; DA PAIXÃO MOURA, H. C.; DA CONCEIÇÃO SILVA, T. M.; CORTES, D. F. M.; LUQUINE, L. S.; DOS SANTOS, M. L. M.; LEDO, C. A. S. Florescimento do mamoeiro como subsídio para o melhoramento genético da cultura—revisão de literatura. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 14, p. e174111436642-e174111436642, 2022.

DE MORAES ALVES, M.; DOS REIS VENTUROSO, L.; VENTUROSO, L. A. C.; CIPRIANI, L. P.; BRAÚNA, H. N.; FRULAN, L. B. Produção de mudas de mamoeiro em função de diferentes substratos e recipientes. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 3, n. 3, p. 2761-2774, 2020.

DIAS, N. S.; BLANCO, F. F.; SOUZA, E. R.; FERREIRA, J. F. S.; NETO, O. N. S.; QUEIROZ, Í. Efeitos dos sais na planta e tolerância das culturas à salinidade. **INCTSal**, p. 151-162, 2016.

DIETRICH, O. H. S.; DOS SANTOS, M. A. C.; FERREIRA, V. R.; DA SILVA BERILLI, S.; HENRIQUE, E. P.; ROZAES, L. B.; BERILLI, A. P. C. G. Mudas de mamão cv. Sunrise solo bs 2000 produzidas com lodo de curtume em mistura com substrato comercial. **Revista Ifes Ciência**, v. 7, n. 1, pág. 01-14, 2021.

DINIZ, G. L.; SALES, G. N.; SOUSA, V. D. O.; DE ANDRADE, F. H. A.; DA SILVA, S. S.; NOBRE, R. G. Production of papaya seedlings under water salinity irrigation and phosphate fertilization. **Revista de Ciências Agrárias (Portugal)**, v. 41, n. 1, p. 218-228, 2018.

EASMIN, S.; HOQUE, M. A.; SAIKAT, M. M. H.; KAYESH, E. Influence of organic and inorganic fertilizers on growth, yield and physio-chemical properties of papaya. **Annals of Bangladesh Agriculture**, v. 24, n. 2, p. 69-83, 2020.

ESTRELLA-MALDONADO, H.; RAMÍREZ, A. G.; ORTIZ, G. F.; PERAZA-ECHEVERRIA, S.; MARTINEZ-DE LA VEGA, O.; GONGORA-CASTILLO, E.; SANTAMARIA, J. M. Transcriptomic analysis reveals key transcription factors associated to drought tolerance in a wild papaya (*Carica papaya*) genotype. **Plos one**, v. 16, n. 1, p. e0245855, 2021.

FAO — Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação, Roma. Análise do mercado das principais frutas tropicais - resultados preliminares de 2022. Roma. 2023. Disponível em: <https://www.fao.org/documents/card/ar/c/CC3939EN>. Acesso em 12 de abril de 2023.

FEITOSA, E. O.; ARAÚJO, A. F. B.; LOPES, F. B.; ANDRADE, E. M.; BEZERRA, F. M. L. Análise de custos e rentabilidade na produção de mamão irrigado no Semiárido. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 12, n.1, Fortaleza, p. 2293 - 2304, 2018.

FRANCISCO, M. G. S.; MARUYAMA, W. I.; MENDONÇA, V.; DA SILVA, E. A.; DOS REIS, L. L.; LEAL, S. T. Substratos e recipientes na produção de mudas de mamoeiro ‘Sunrise Solo’. **Agrarian**, v. 3, n. 10, p. 267-274, 2010.

GOMES, W. F.; FRANÇA, F. R. M.; DENADAI, M.; ANDRADE, J. K. S.; DA SILVA OLIVEIRA, E. M.; DE BRITO, E. S.; NARAIN, N. Effect of freeze-and spray-drying on physico-chemical characteristics, phenolic compounds and antioxidant activity of papaya pulp. **Journal of food science and technology**, v. 55, p. 2095-2102, 2018.

HOLANDA, J. S. D.; AMORIM, J. R. A. D; FERREIRA NETO, M.; HOLANDA, A. C. D.; SÁ, F. V. D. Qualidade da água para irrigação. In: GHEY; H. R. et al. Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados. 2. ed. Fortaleza: **INCTSal**, p 35-50, 2016.

HUANG, L.; L. I, M.; SHAO, Y.; SUN, T.; L. I, C.; M. A, F. Ammonium uptake increases in response to PEG-induced drought stress in *Malus hupehensis* Rehd. **Environmental and Experimental Botany**, v. 151, p. 32-42, 2018.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção Agrícola Municipal—PAM. Sistema IBGE de Recuperação Automática de dados—SIDRA IBGE-PAM. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457>. Acesso em 12 de Abril de 2023.

ISLAM, M. S.; MOSTAFA, M. G. Development of an integrated irrigation water quality index (IIWQIndex) model. **Water Supply**, v. 22, n. 2, p. 2322-2337, 2022.

JÚNIOR, G. B. D. S.; CAVALCANTE, Í. H. L.; SANTOS, E. M.; ALBANO, F. G.; SILVA, A. M. Growth, physiology and yield of formosa ‘papaya’ cultivated under different doses of coated and conventional urea. **Revista Caatinga**, v. 29, n. 3, p. 559-568, 2016.

LIMA, G. S. D., NOBRE, R. G., GHEYI, H. R., SOARES, L. A. D. A., & SILVA, A. O. D. Crescimento e componentes de produção da mamoneira sob estresse salino e adubação nitrogenada. **Engenharia Agrícola**, v. 34, p. 854-866, 2014.

LIMA, G. S. D.; DIAS, A. S.; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A. D. A.; ANDRADE, E.; GONÇALVES, M. Saline water irrigation and nitrogen fertilization on the cultivation of colored fiber cotton. **Revista Caatinga**, v.31, n.1, p.151-160, 2018.

MACHADO, E. O.; DE LOURDES BALLARIS, A.; DA SILVA, M. R. R. Avaliação de diferentes doses de fertilizante organomineral no desenvolvimento de mudas de mamão. **Unifunec Científica Multidisciplinar**, v. 10, n. 12, p. 1-9, 2021.

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, p. 30, 2017.

MARCOLIN, M.; MASSAROTO, J. A.; SOUZA, R. N.; ROCHA, R. R. Production of papaya seedlings and initial growth produced in different polyethylene recipients. **Scientific Electronic Archives**, V. 14, N. 8, 2021.

MARINHO, A. B.; MOREIRA, L. G.; VIANA, T. V. A.; ALBUQUERQUE, A. H. P.; OLIVEIRA, C. W.; AZEVEDO, B. M. DE. Influência da fertirrigação da nitrogenada na produtividade da cultura da mamoneira. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.4, p.31- 42, 2010.

MATIAS, S. S. R.; COSTA JUNIOR, E. D. S.; DE MORAIS, D. B.; SILVA, R. L.; SOUSA, S. D. C. Substratos orgânicos na produção de mudas de hawai. **Magistra**, v. 30, pág. 179-188, 2019.

MEDEIROS, S. D. S.; PINTO, T. F.; HERNAN SALCEDO, I.; CAVALCANTE, A. D. M. B.; PEREZ MARIN, A. M.; TINÔCO, L. B. D. M. **Sinopse do censo demográfico para o semiárido brasileiro**. Instituto Nacional de Seminário (INSA), 2012.

MEHDI-TOUNSI, H.; CHELLI-CHAABOUNI, A.; MAHJOUB-BOUJNAH, D.; BOUKHRIS, M. Long-term field response of pistachio to irrigation water salinity. **Agricultural Water Management**, v. 185, p. 1-12, 2017.

MESQUITA, F. O.; RODRIGUES, R. M; MEDEIROS, R. F.; CAVALCANTE, L. F.; BATISTA, R. O. Crescimento inicial de Carica papaya sob irrigação com águas salinas em solo com biofertilizante bovino. Semina: **Ciências Agrárias**, v. 33, p. 2689-2704, 2012.

MUNNS, R.; GILLIHAM, M. Salinity tolerance of crops—what is the cost?. **New phytologist**, v. 208, n. 3, p. 668-673, 2015.

MUNNS, R.; HUSAIN, S.; RIVELLI, A. R.; JAMES, R. A.; CONDON, A. T.; LINDSAY, M. P.; HARE, R. A. Avenues for increasing salt tolerance of crops, and the role of physiologically based selection traits. **Plant and Soil**, v. 247, p. 93-105, 2002.

NASCIMENTO, D. M. A importância da qualidade da água para seu uso na irrigação. **Boletim do Tempo Presente-ISSN**, v. 1981, p. 3384, 2020.

NOMURA, M.; PEREIRA FILHO, J. M.; COSTA, E. M., PEREIRA, L. S.; VENTURA, M. V. A. Avaliação de diferentes quantidades de hidrogel na produção de mudas de mamão papaya. **Ipê Agronomic Journal**, v. 3, n. 1, p. 19-25, 2019.

OLIVEIRA, D. S. J.; COSTA, D. Y. K. S.; RIBEIRO, N. M.; BIDÓIA, V. S.; SILVA, D. B. C.; FERNANDES, T. F. S.; CARVALHO, L. B. Produção de mudas de mamoeiro. **Revista Agronomia Brasileira**, v. 4, 2020.

OLIVEIRA, F. D. A. D.; MEDEIROS, J. F. D.; ALVES, R. D. C.; LINHARES, P. S.; MEDEIROS, A.; DE OLIVEIRA, M. K. Interação entre salinidade da água de irrigação e adubação nitrogenada na cultura da berinjela. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, p. 480-486, 2014.

OLIVEIRA, M. C. D.; OGATA, R. S.; DE ANDRADE, G. A.; SANTOS, D. D. S.; SOUZA, R. M.; GUIMARÃES, T. G.; RIBEIRO, J. F. **Manual de viveiro e produção de mudas: espécies arbóreas nativas do Cerrado**. 2016.

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, p. 4056-4075, 2015.

PINHEIRO, F. W. A.; NOBRE, R. G.; SOUZA, L. D. P.; DE OLIVEIRA, S. G.; ARAÚJO, J. E. S.; VELOSO, L. D. S. Irrigação com água salina e nitrogênio na produção de mudas de mamão "Formosa". **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 12,

n. 1, pág. 17-22, 2017.

RAMONA, C.; ANA, B.; MIHAI, C.; STĂNICĂ, F. Cultivated in greenhouse conditions. **J. Hortic. Sci. Biotechnol.**, v. 21, p. 130-136, 2017.

REIS, R. C.; VIANA, E. D. S.; JESUS, J. L. D.; DANTAS, J. L. L.; LUCENA, R. S. Caracterização físico-química de frutos de novos híbridos e linhagens de mamoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, p. 210-217, 2015.

RIBEIRO, M. R.; BARROS, M. D. C.; FREIRE, M. B. G. S. Química dos solos salinos e sódicos. **Química e mineralogia do solo. Parte II–Aplicações. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, p. 449-484, 2009.

RICHARDS, L. A. (Ed.). **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils.** US Government Printing Office, 1954.

SÁ, F. D. S.; BRITO, M. E. B.; MOREIRA, R. C. L.; SILVA, L. D. A.; SOARES FILHO, W. D. S.; DE FIGUEIREDO, L. C.; FERNANDES, P. D. Growth and physiology of citrus rootstocks under salt stress. **Bioscience Journal**, v. 34, n. 4, p. 907-916, 2018.

SÁ, F. V. S.; BRITO, M. E. B. FERREIRA, I. B.; ANTÔNIO NETO, P.; SILVA, L. A.; COSTA, F. B. Balanço de sais e crescimento inicial de mudas de pinheira (*Annona squamosa* L.) sob substratos irrigados com água salina. *Irr.*, **Botucatu**, v. 20, n. 3, p. 544-556, 2015.

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

SÁ, F. V. S.; PEREIRA, F. H. F.; LACERDA, F. H. D.; SILVA, A. B. Crescimento inicial e acúmulo de massa seca de cultivares de mamoeiro submetidas à salinidade da água em cultivo hidropônico. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.8, p.435-440, 2013b.

SALINAS, I.; HUESO, J. J.; CUEVAS, J. Active control of greenhouse climate enhances papaya growth and yield at an affordable cost. **Agronomy**, v. 11, n. 2, p. 378, 2021.

SANDOVAL PAIXÃO, M. V.; DAMASCENA FRANÇA, A.; MIRANDA CREMONINI, G.; COSTA NETO, B.; RESENDE FERNANDES, A. Fertilizante orgânico na emergência e desenvolvimento de plântulas de mamoeiro cv. Golden. **Revista Foco (Interdisciplinary Studies Journal)**, v. 16, n. 2, 2023.

SANTOS, E. L. L.; SILVA, A. K.; CURI, T. M. R. C.; COSTA, E.; JORGE, M. H. A. Production of 'Formosa' papaya seedlings in different protected environments and organic substrates. **Revista de Agricultura Neotropical, Cassilândia**, v. 3, n. 2, p. 16-24, abr./jun. 2016.

SERAFINI, S., SOARES, J. G.; PICOLI, F.; DINON, A. Z.; DA SILVA ROBAZZA, W.; PAULINO, A. T. Aspectos e peculiaridades da produção comercial de mamão (*Carica papaya* Linnaeus) no Brasil: estratégias para o futuro da cultura. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 12, p. e544101220551-e544101220551, 2021.

SOUZA, T. V.; PAZ, V. D. S.; COELHO, E. F.; PEREIRA, F. D. C.; LEDO, C. D. S. Crescimento e produtividade do mamoeiro fertirrigado com diferentes combinações de fontes nitrogenadas. 2007.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Artmed Editora, 2017.

TEH, C. Y.; SHAHARUDDIN, N. A.; HO, C. L.; MAHMOOD, M. Exogenous proline significantly affects the plant growth and nitrogen assimilation enzymes activities in rice (*Oryza sativa*). **Acta Physiologiae Plantarum**, v.38, n.6, p.151. 2016.

WADEKAR, A. B.; NIMBALWAR, M. G.; PANCHALE, W. A.; GUDALWAR, B. R.; MANWAR, J. V.; BAKAL, R. L. Morphology, phytochemistry and pharmacological aspects of *Carica papaya*, an review. **GSC Biological and Pharmaceutical Sciences**, v. 14, n. 3, p. 234-248, 2021.

CAPÍTULO I - CRESCIMENTO DE MUDAS DE MAMOEIRO (*Carica papaya* L.) SOB ESTRESSE SALINO E DOSES DE N

RESUMO

O cultivo irrigado na região semiárida brasileira apresenta riscos devido, sobretudo, ao aumento da concentração de sais nos mananciais que podem comprometer o solo e o crescimento das culturas. Diante do exposto, este experimento foi desenvolvido para avaliar os efeitos da utilização de doses de nitrogênio combinadas com condutividade elétrica da água de irrigação na produção de mudas de mamoeiro. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, combinados segundo a matriz experimental Composto Central de Box, referente a cinco valores de condutividade elétrica (0,5; 1,0; 2,3; 3,5 e 4,0 dS m⁻¹) e cinco doses de nitrogênio (0,0; 1,3; 1,8; 3,1 e 3,6 g dm⁻³), com quatro repetições. Foram avaliados o crescimento, a área foliar, taxa relativa de crescimento em altura (TCRA), massa da matéria seca da folha (MMSF), do caule (MMSC), da raiz (MMSR), total (MMST), e índice de qualidade de Dickson. Os dados foram submetidos à análise de variância e de regressão. A dose de 1,8 g dm⁻³ de N proporcionou melhores resultados para as variáveis altura e diâmetro do caule. A maior área foliar foi obtida com a dose de 2,1 g dm⁻³ de N. As doses de N aumentaram linearmente a TCRA. Doses acima de 2 g dm⁻³ de N limitaram a MMSF, MMSR, MMST e índice de qualidade de Dickson. Houve efeito significativo da interação (CEai x N) para MMSC, sendo que a dose de 1,8 g dm⁻³ de N atenuou o efeito da salinidade até 2,1 dS m⁻¹.

Palavras-chave: nitrogênio; condutividade elétrica; irrigação.

ABSTRACT

Irrigated cultivation in the Brazilian semi-arid region presents risks due, above all, to the increased concentration of salts in water sources that can compromise the soil and the growth of crops. Given the above, this experiment was developed to evaluate the effects of using nitrogen doses combined with electrical conductivity of irrigation water on the production of papaya seedlings. The experimental design was in randomized blocks, combined according to the Central Composite Box experimental matrix, referring to five values of electrical conductivity (0.5; 1.0; 2.3; 3.5 and 4.0 dS m⁻¹) and five doses of nitrogen (0.0; 1.3; 1.8; 3.1 and 3.6 g dm⁻³), with four replications. Growth, leaf area, relative height growth rate (TCRA), leaf dry matter (MMSF), stem (MMSC), root (MMSR), total dry matter (MMST) and quality index were evaluated. by Dickson. Data were subjected to analysis of variance and regression. The dose of 1.8 g dm⁻³ of N provided better results for the variables height and stem diameter. The largest leaf area was obtained with the dose of 2.1 g dm⁻³ of N. The doses of N linearly increased the TCRA. Doses above 2 g dm⁻³ of N limited MMSF, MMSR, MMST and Dickson's quality index. There was a significant interaction effect (ECai x N) for MMSC, and the dose of 1.8 g dm⁻³ of N attenuated the effect of salinity up to 2.1 dS m⁻¹.

Keywords: nitrogen; electric conductivity; irrigation.

1 INTRODUÇÃO

O Brasil abriga uma considerável diversidade de espécies frutíferas tropicais de alto valor comercial, dentre eles, o mamoeiro (*Carica papaya* L.) (DE FRANÇA CARDOSO e NETO, 2021). A cultura contribui significativamente nos aspectos econômicos e sociais, gerando empregos e renda (PAIXÃO et al., 2023), inclusive pela necessidade de renovação dos plantios, que ocorre em média a cada três anos (NOMURA et al., 2019).

O cultivo irrigado na região semiárida brasileira apresenta riscos devido, sobretudo, ao aumento da concentração de sais nos mananciais durante o período de secas, trazendo prejuízos ao desenvolvimento das plantas, através da inibição da germinação de sementes (AYERS e WESTCOT, 1999), do crescimento em altura, diâmetro do caule, área foliar e acúmulo de biomassa e de produção das frutíferas em geral (CAVALCANTE et al., 2006).

O uso de águas salinas na agricultura fica condicionado à tolerância das culturas, à salinidade e ao manejo de práticas como, por exemplo, irrigação e adubação. A cultura do mamoeiro é considerada moderadamente tolerante à salinidade, podendo tolerar níveis de salinidade do extrato de saturação do solo entre 3 a 6 dS m⁻¹ sem comprometer o crescimento e desenvolvimento, todavia a tolerância varia entre materiais da mesma espécie, e fase de desenvolvimento (FIGUEIREDO et al., 2018).

No cultivo do mamão o excesso de sais prejudica a formação das mudas (CAVALCANTE et al., 2010), a produtividade e a qualidade dos frutos, sendo então fundamental o uso de mudas de qualidade para a formação de um pomar (NETO et al., 2020). As mudas ideais devem ter características morfológicas e (fenotípicas), como variação de altura entre 15 e 20 cm após 30 dias de germinação, e bons aspectos fisiológicos e nutricionais (MATIAS et al., 2019).

As elevadas concentrações de sais dissolvidos na solução do solo, causa o efeito osmótico afetando 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 (MACHADO e SERRALHEIRO, 2017). Dentre as principais tecnologias usadas para aumentar a produtividade e a rentabilidade dos cultivos, destaca-se o suprimento nutricional com nitrogênio (MARINHO et al., 2010), como estratégia de gestão capaz de minimizar os efeitos da salinidade no crescimento e no rendimento nas plantas (OLIVEIRA et al., 2014).

O nitrogênio (N) participa da síntese de compostos vitais para as plantas, como proteínas e enzimas envolvidas na fotossíntese, também contribui para a defesa antioxidante e osmótica da planta, processos que participam da compartimentação de sais, manutenção do turgor e inibição de radicais livres (WANDERLEY et al., 2020).

Diante do exposto, sabendo da carência de estudos da utilização de nitrogênio como

atenuante na região Nordeste, se faz necessário estudo do comportamento vegetativo das mudas de mamão Formosa em condições de estresse salino sob adubação nitrogenada.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local do experimento

O experimento foi desenvolvido em ambiente protegido (estufa com cobertura plástica e telada lateralmente), 6° 57' 56,5" de latitude S e 35° 42' 55,8" de longitude W do Departamento de Fitotecnia e Ciências Ambientais (DFCA), do Centro de Ciências Agrárias (CCA), Campus II, da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), município de Areia-PB.

Durante o período experimental a temperatura e a umidade do ar no interior da estufa variou de 22°C a 40°C e 48 a 95%, respectivamente. O material do solo utilizado com substrato foi classificado como Latossolo Amarelo Distrófico (DOS SANTOS et al., 2018).

2.2 Tratamentos e delineamento experimental

Os tratamentos foram obtidos da combinação entre cinco condutividades elétricas da água de irrigação (0,5; 1,0; 2,3; 3,5 e 4,0) e cinco doses de nitrogênio (0,0; 1,3; 1,8; 3,1 e 3,6), utilizando a matriz Composto Central de Box (MONTGOMERY, 2013), conforme o esquema $2^2 + 2 \times 2 + 1$, mais um tratamento adicional - testemunha (sem nitrogênio com menor condutividade elétrica) para definir os níveis e combinações desses fatores (Tabela 1). Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições, e a unidade experimental constituída por quatro mudas.

Tabela 1 - Tratamentos gerados pela matriz Composta Central de Box.

Tratamento ¹	Níveis		Valores	
	CE	N	CE (dS m ⁻¹)	N (g dm ⁻³)
1	-1	-1	1,0	1,3
2	-1	1	1,0	3,1
3	1	-1	3,5	1,3
4	1	1	3,5	3,1
5	-1,4 (- α)	0	0,5	1,8
6	1,4 (α)	0	4,0	1,8
7	0	-1,4 (- α)	2,3	0,0
8	0	1,4 (α)	2,3	3,6
9	0	0	2,3	1,8
10	-1,4	-1,41	0,5	0,0

¹Número de tratamentos = $2^k + 2k + 1$ (k = n° de fatores) $\therefore 2^2 + 2 \times 2 + 1 = 9$; níveis de condutividade elétrica combinados com doses de nitrogênio; $\alpha = \sqrt{2}$; Tratamento adicional para testemunha sem N e menor CE.

2.3 Condução do experimento

O experimento foi conduzido de novembro de 2022 a março de 2023. Durante a condução foram registradas a cada cinco minutos a temperatura e a umidade do ar com Data Logger (HT-810) da Instrutherm[®], (Figura 1).

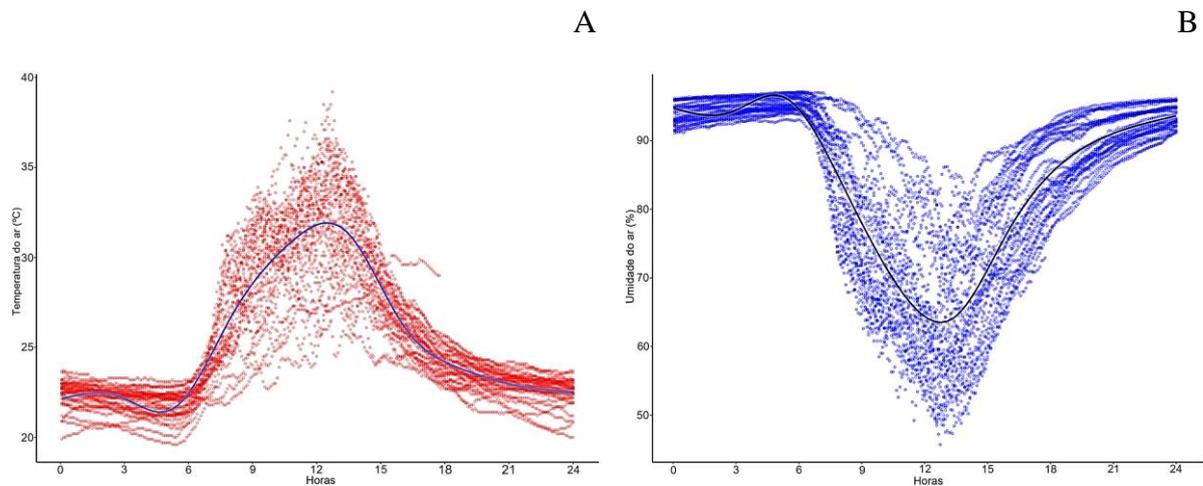


Figura 1 - Temperatura do ar (A) e umidade do ar (B) no interior da casa-de-vegetação durante o período experimental.

O solo utilizado consistiu do material coletado na camada de 0-20 cm de profundidade na Estação Experimental “Chã de Jardim” do CCA/UFPB, localizada no município de Areia-PB. Após a coleta, utilizando-se de um trado holandês, o material foi destorroado, homogeneizado, colocado para secar ao ar e à sombra e passado na peneira de malha de 2 mm, em seguida foi analisado quanto aos atributos químicos e físicos (Tabela 2), conforme metodologias contidas em Embrapa (2011).

Tabela 2. Atributos químico e físicos do substrato.

Atributos químicos										
pH em H ₂ O (1:2,5)	P	K ⁺	Na ⁺	H ⁺ +Al ³⁺	Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	SB	CTC	M.O.
	mg/dm ³		cmol _c /dm ³						- g/kg -	
6,90	33,04	96,74	0,05	1,60	0,00	2,52	1,18	4,00	5,60	21,36
Atributo físicos										
Areia	Silte		Argila		CLASSE TEXTURAL					
2 - 0,05	0,05 – 0,002		<0,002							
mm	mm		mm							
		g/kg								
876		99		25		Areia				

P, K, Na: Extrator Mehlich 1; H + Al: Extrator Acetato de Cálcio 0,5 M, pH 7,0; Al, Ca, Mg: Extrator KCl 1 M; SB: Soma de Bases Trocáveis; CTC: Capacidade de Troca Catiônica; M.O.: Matéria Orgânica – Walkley-Black.

A adubação básica foi formulada após obtenção dos teores dos nutrientes, observados na amostra do substrato. Com base nos valores obtidos, foi efetuado cálculos a fim de se elevar os teores de fósforo (P₂O₅) e potássio (K₂O) a aproximadamente 300 e 200 mg dm⁻³, respectivamente (Novais et al., 1991).

Foram utilizados no experimento sacos de polietileno com capacidade de 2,57 L, furados no fundo para melhorar a drenagem, e preenchidos com 2 L de solo. Em cada recipiente foram colocadas quatro sementes comercial (ISLA[®]) do grupo Formosa, semeadas na profundidade

de dois centímetros. O início da emergência das plântulas ocorreu aos 15 dias após a semeadura (DAS), alcançando a estabilidade após 25 dias, onde foi feito o desbaste com auxílio de uma tesoura, permanecendo em cada recipiente a plântula mais vigorosa.

Como fonte de adubo nitrogenado foi utilizada ureia (45% de N), que foi diluída em água e parcelada em quatro aplicações sendo a primeira realizada 30 DAS e as demais com intervalos de 15 dias. Esse procedimento de diluir o adubo foi realizado com o objetivo de melhor uniformidade de aplicação, devido à pequena quantidade de adubo que cada recipiente recebeu.

O manejo da irrigação foi aferido, com base do balanço hídrico, obtido por lisimetria de drenagem (DA SILVA ALVES et al., 2017), adicionando-se uma fração de lixiviação (FL) de 10%. O volume a ser aplicado (Va) por sacola foi obtido pela diferença entre o volume total aplicado na noite anterior (Vta) e o volume drenado (Vd) na manhã do dia seguinte, dividindo-se o resultado pelo número de recipientes (n) e aplicando-se a fração de lixiviação, como indicado na expressão (1) para cada tratamento:

$$Va = \frac{Vta - Vd}{n * (1 - FL)} \quad \text{Exp. 1}$$

Para realização da coleta da água drenada, 16 sacos foram envolvidos por recipientes que permitiram a coleta da água, mensurando assim o volume drenado.

A água de irrigação com menor condutividade elétrica (0,5 dS m⁻¹), foi proveniente do sistema de abastecimento. Para formar as demais condutividades, utilizou-se água de abastecimento local para diluir a água fortemente salina obtida através da coleta no poço localizado no sítio Chã da Pia (6° 54' 53"S, 35° 47' 33"W), município de Areia, onde os atributos físico-químicos estão caracterizados na Tabela 3.

Tabela 3. Atributos químicos da água do poço Chã da Pia/Areia-PB.

pH	CE -- dS m ⁻¹ --	Salinidade								
		SO ₄	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	K ⁺	CO ₃ ⁻²	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	RAS
7,8	16,5	513,5	777,0	995,4	1613,8	16,2	0,0	338,0	6070,5	54,0

pH (potencial hidrogeniônico); CE (condutividade elétrica); SO₄ (sulfato); Ca⁺² (cálcio); Mg⁺² (magnésio); Na⁺ (sódio); K⁺ (potássio); CO₃⁻² (carbonato); HCO₃⁻ (bicarbonato); Cl⁻ (cloreto); RAS (razão de adsorção de sódio) = Na⁺/[0,5(Ca²⁺+Mg²⁺)]0,5.

Para aferição das condutividades utilizou-se um condutivímetro da marca Hanna®, modelo Medidor Portátil pH/EC/TDS/Temperatura. Após a preparação, as águas foram armazenadas em vasos de 100 L, cada um com determinada condutividade elétrica, devidamente tampados e identificados.

A irrigação foi realizada com água de abastecimento até que as plantas desenvolvessem de duas folhas verdadeiras. A partir disso, iniciou-se os tratamentos referentes às condutividades elétricas aos 45 DAS, sendo realizada a irrigação diariamente, repondo ao final do dia a água perdida por evapotranspiração (FIGUEIREDO et al., 2018).

2.4 Variáveis analisadas

✓ Variáveis de crescimento

As avaliações foram aos 7, 14, 21, 28, 35, 42, 49 e 56 dias após aplicação das condutividades quando mensurou-se: o diâmetro do caule ao nível do solo (DNS), medido com paquímetro digital na base da muda; a altura (H) das mudas, medida com auxílio de uma fita métrica, compreendendo a distância entre a base e o ápice caulinar; e as taxas de crescimento relativo (TRC), foram medidas conforme Benincasa (2003) e descritas na expressão 2:

$$TRC = \frac{\ln W_2 - \ln W_1}{(T_2 - T_1)} \quad \text{Exp. 2}$$

Sendo:

TRC = taxa de crescimento relativo em diâmetro e em altura – mm mm⁻¹ dia⁻¹ e cm cm⁻¹ dia⁻¹, respectivamente;

(T₂ - T₁) = período decorrido entre duas amostragens sucessivas – dias.

(lnW₂ - lnW₁) = diferença do logaritmo neperiano de duas amostras sucessivas das medidas de diâmetro e da altura – mm e cm, respectivamente.

✓ Área foliar

A área foliar foi avaliada aos 100 DAS com o software ImageJ®, mediante fotos de todas as folhas de cada unidade experimental (MARTIN et al., 2013).

✓ Massa da matéria seca

O acúmulo da massa da matéria seca das mudas foi determinado aos 100 DAS, sendo particionada em caule, folhas e raiz, acondicionadas em sacos de papel e postas para secar em estufa a 65°C por 72 horas, obtendo-se, dessa forma, a massa da matéria seca das folhas (MMSF), do caule (MMSC) e da raiz (MMSR), medidos com uso de balança analítica.

Para estimar a qualidade das mudas foi calculado o índice de qualidade de Dickson (IQD) como proposto por Dickson et al. (1960), na expressão 3:

$$IQD = \frac{MMST}{\frac{H}{D} - \frac{MMSPA}{MMSR}} \quad \text{Exp. 3}$$

IQD = índice de qualidade de Dickson;

MMST = massa da matéria seca total – g;

MMSPA = massa da matéria seca da parte aérea – g;

MMSR = massa da matéria seca da raiz – g;

H = altura – cm e;

D = diâmetro do caule – mm.

2.5 Análise estatística

Os dados foram submetido a análise de variância, seguida de análise de regressão polinomial, utilizando-se o programa estatístico R Core Team (2022).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verificou-se que houve efeito significativo ($p \leq 0,05$) na interação entre doses de nitrogênio e condutividade elétrica da água de irrigação (CEai) apenas para a variável MMSC. No entanto, houve efeito da aplicação de doses de N para todas as variáveis até 1% de probabilidade ($p \leq 0,01$).

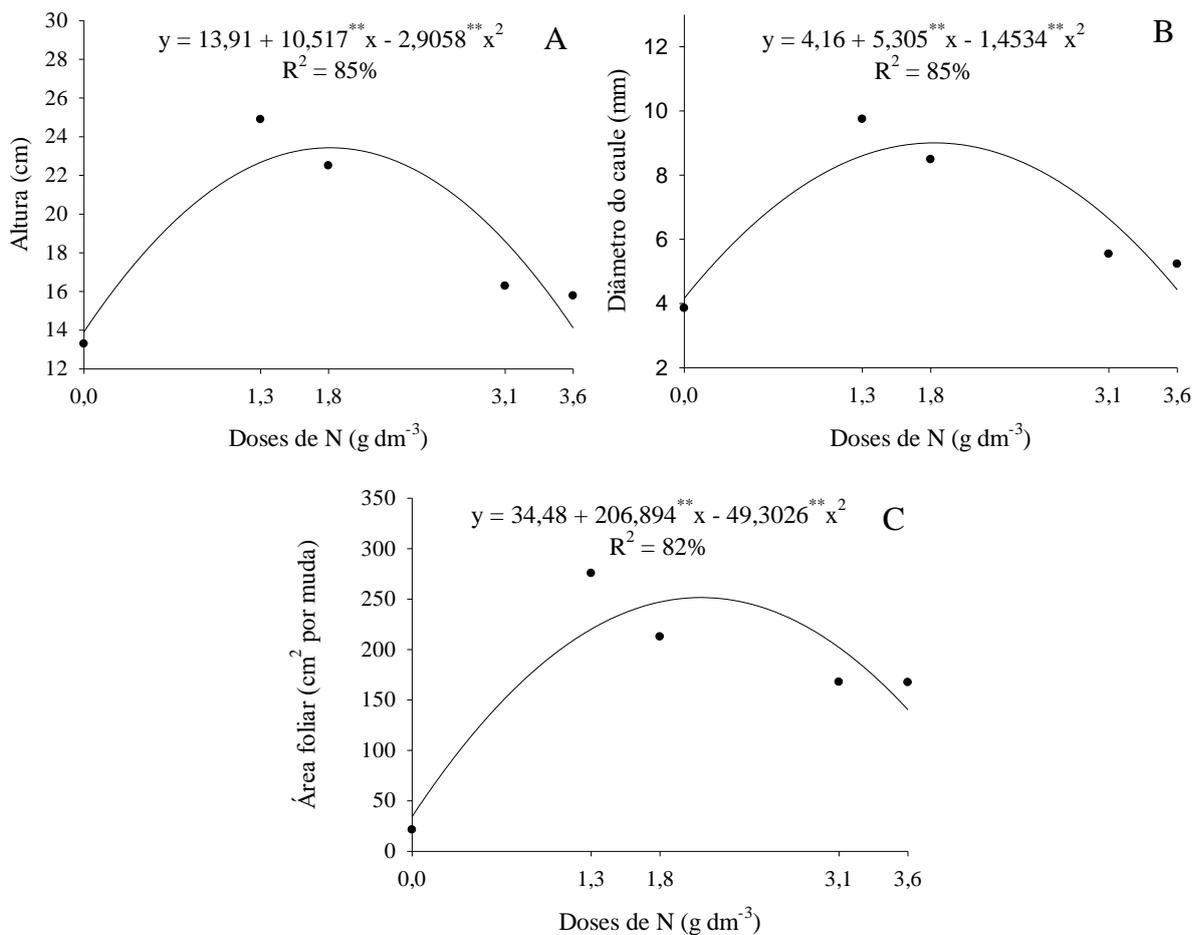
Para as variáveis altura (Figura 2A) e diâmetro do caule (Figura 2B) observaram-se os valores máximos de 23,43 cm e 9 mm de diâmetro de caule, obtidos com as doses de 1,8 g N dm^{-3} , havendo um decréscimo a partir dessas doses. Tal comportamento foi observado por Nóbrega et al. (2021) que constataram redução no crescimento de mudas de maracujazeiro com aumento das doses de N.

O fornecimento de quantidades adequadas de N proporciona ganhos no crescimento das plantas de mudas de mamoeiro, assim, fertilização de N possibilita que a planta consiga apresentar maiores taxas fotossintéticas (YANG et al., 2016), conseqüentemente, aumenta a produção de fotoassimilados e o crescimento da planta. Doses superestimadas de N proporcionam quedas no crescimento em altura e diâmetro do caule, causando desordens nutricionais em plantas de mamoeiro (FRANÇA et al., 2017).

Observa-se na Figura 2C um aumento quadrático de área foliar pelo incremento do nitrogênio até a dose estimada de 2,1 g N dm^{-3} , correspondente à uma área de 251,53 cm^2 . No entanto, ao se elevar a dose de composto ocorre redução na área foliar, indicando que níveis de nutrientes acima do desejável podem limitar o crescimento do mamoeiro.

O crescimento ocorreu devido o nitrogênio auxiliar no crescimento da parte aérea (TAIZ

et al., 2015), no entanto o decréscimo ocorreu em função de doses superiores de N que podem ter promovido desequilíbrio nutricional e/ou efeito salino do adubo em excesso (ABRANTES et al., 2017). Resultados semelhantes foram encontrados por WANDERLEY et al. (2020) em seu estudo com mudas de maracujazeiro amarelo sob salinidade da água e adubação nitrogenada, o mesmo concluiu que o incremento na dose de nitrogênio aumenta a área foliar específica, mas não oferece condições para reduzir os efeitos iônicos da salinidade da água em plantas de maracujazeiro.



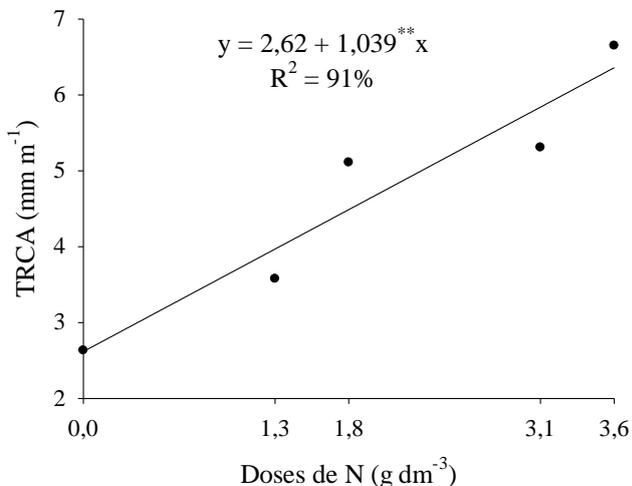
****:** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Figura 2 - Altura de plantas (A), diâmetro do caule (B) e área foliar (C) em função de doses de nitrogênio (N) em mudas de mamoeiro.

Não foi ajustada a equação de regressão da altura, diâmetro do caule e área foliar em função da CE com médias de 19,63 cm; 7,02 mm; e 180,05 cm², respectivamente. Assim, os resultados alcançados neste estudo indicam que não são dependentes dos fatores estudados. .

A taxa relativa de crescimento em altura da planta (TCRA), conforme mostra a Figura 3, apresentou resposta linear crescente, sendo o maior valor estimado com a dose de 3,6 g dm⁻³ de nitrogênio com uma média de 6,36 mm m⁻¹ a cada sete dias. A TCRA é conceituada como um índice de eficiência, já que representa a capacidade da planta em produzir material novo (FEY

et al., 2010). Assim, se constata conforme resultados, que o mamoeiro foi eficiente em produzir material novo por unidade de material pré-existente, refletindo-se em uso das doses de N para benefício da TCRA. A fertilização nitrogenada tem importância fundamental na promoção do crescimento das plantas, além de reduzir o efeito da salinidade sobre os vegetais (NOBRE et al., 2014), desde que seja aplicada em quantidades adequadas e no momento oportuno. De modo contrário, Souza et al. (2017) em seu trabalho com mudas de goiaba notou valores acima da dose $1,2 \text{ g N dm}^{-3}$ resultou em decréscimo na TCRA.



** : Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Figura 3 – Taxa relativa de crescimento em altura de plantas de mamoeiro em função de doses de nitrogênio (N).

A massa da matéria seca da folha (MMSF) (figura 4A), obteve maior eficiência quando se utilizou $2,0 \text{ g dm}^{-3}$ de N, resultando uma média de 1 g, apresentando um efeito quadrático. A utilização de doses superiores resultou em decréscimo da MMSF. Essa maior eficiência deve-se ao aumento na disponibilidade de N que estimulou a taxa fotossintética, resultando em maior assimilação por meio das folhas, que são drenos de assimilados, resultando em maior acúmulo de biomassa exercendo um efeito positivo no crescimento e na qualidade de suas mudas (FREITAS et al., 2012). Porém, a redução é consequência de mecanismos de ajustamento às condições de estresse salino a qual a cultura esta submetida, incluindo modificações no balanço iônico e nutrição mineral (PINHEIRO et al., 2017).

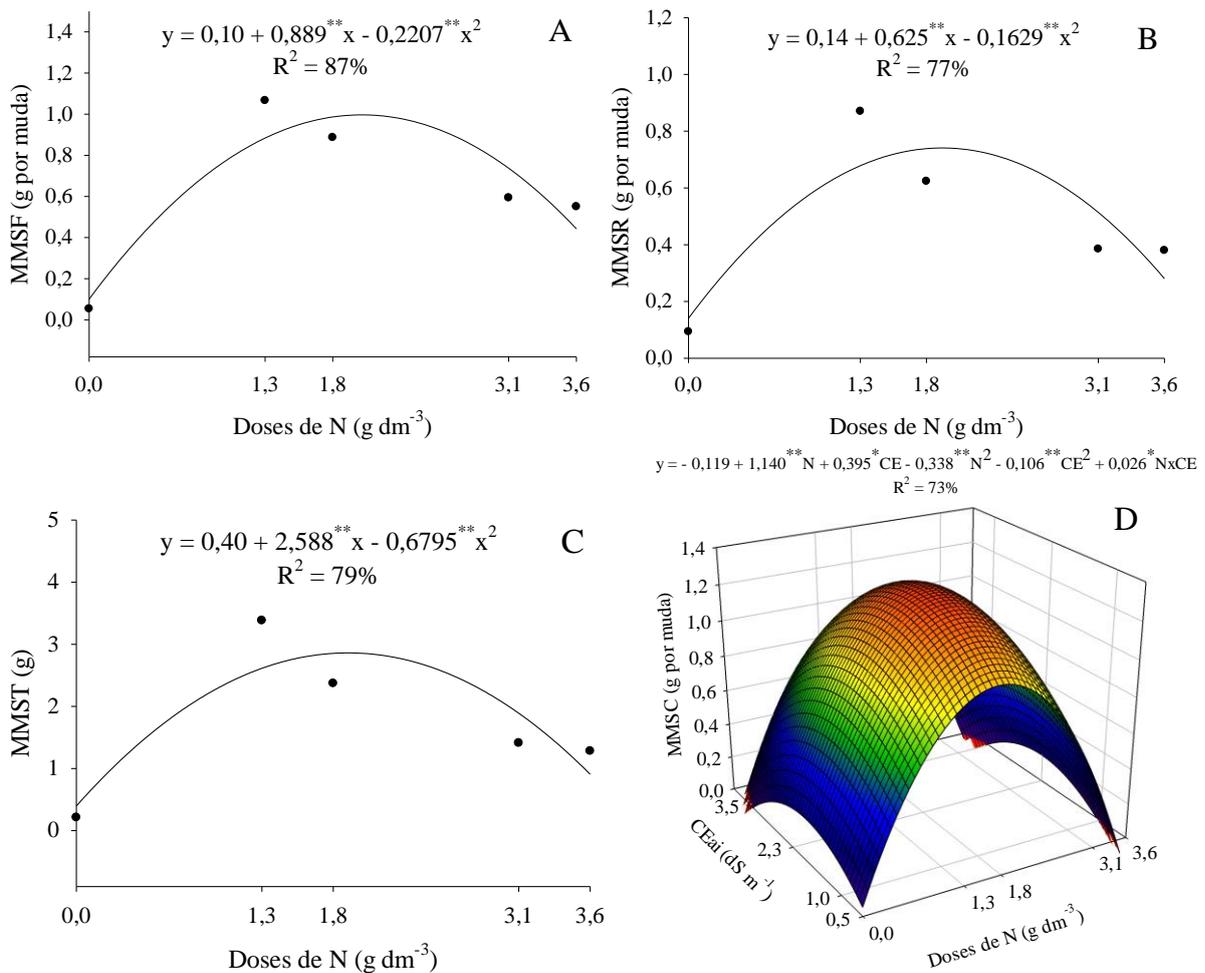
Para a massa da matéria seca da raiz (MMSR) de acordo com a equação de regressão (Figura 4B), vê-se que o modelo ao qual os dados melhor se ajustaram foi o quadrático, constatando-se o acréscimo na fitomassa de (0,74 g) até a dose de $1,9 \text{ g dm}^{-3}$ de N. Similarmente ao encontrado no estudo de Pinheiro et al. (2017) que para obter uma produção (MMSR) de

0,55 g em mudas de mamão formosa, utilizou uma dose de $0,210 \text{ g dm}^{-3}$ de N.

Nesse contexto, a adubação N foi uma importante estratégia, capaz de favorecer a aquisição de nutrientes pelas plantas em condições salinas (DIAS et al., 2020). Mas, o decréscimo pode ter ocorrido devido à acidez liberada durante o processo de nitrificação da amônia pela ureia, juntamente com a salinidade presente na água de irrigação, resultando em efeito negativo em função do aumento da adubação com N (SOUZA et al., 2017).

De acordo com a equação de regressão (Figura 4C), nota-se que, a massa da matéria seca total (MMST) obteve maior valor com a dose de $1,9 \text{ g dm}^{-3}$ de N, com uma média de 2,86 g MMST. Tais dados assemelham-se aos encontrados por Menegazzo et al. (2011), que verificou efeito positivo nos parâmetros de crescimento, massa da matéria seca da raiz e total, em mudas de mamoeiro, utilizando uma dose de $1,86 \text{ g dm}^{-3}$ de N. A adubação com N contribuiu para aumento MMST, devido nitrogênio fazer parte de diversos processos vitais para planta, aumentando a capacidade de ajuste osmótico das plantas à salinidade e conseqüentemente a tolerância da cultura ao estresse salino (MASOULEH et al., 2020). No entanto doses elevadas de N podem ter aumentado a salinidade do solo, resultando em efeito osmóticos, tóxicos e/ou efeito nutricional, que conseqüentemente, pode ter afetado o desenvolvimento e produção (SOUZA et al., 2017).

Com relação a massa da matéria seca do caule (MMSC) (Figura 4D) foi observado interação da salinidade x adubação nitrogenada, sendo o valor máximo (1,3 g) encontrado na dose de $1,8 \text{ g dm}^{-3}$ de N quando aplicado o nível salino de $2,1 \text{ dS m}^{-1}$. Possivelmente o uso da adubação nitrogenada, atenuou o efeito do estresse salino nas plantas de mamão, até um nível moderado de condutividade da água de irrigação (BEZERRA et al., 2014). Assim, infere-se que o aumento das doses de N aplicado não foi suficiente para suprimir os efeitos da salinidade elevada para MMSC, porém na ausência de adubação nitrogenada o aumento da condutividade até certo limite favoreceu o acúmulo de biomassa no caule. Segundo WANDERLEY et al. (2020) os efeitos osmóticos e iônicos da salinidade, reduzem a divisão celular e o alongamento do caule em plantas submetidas à salinidades elevadas. Diferentemente, Pinheiro et al. (2017) constataram que a partir de $0,3 \text{ dS m}^{-1}$ MMSC de mudas de mamão formosa foram afetadas negativamente, com aumento da CEai da água de irrigação.

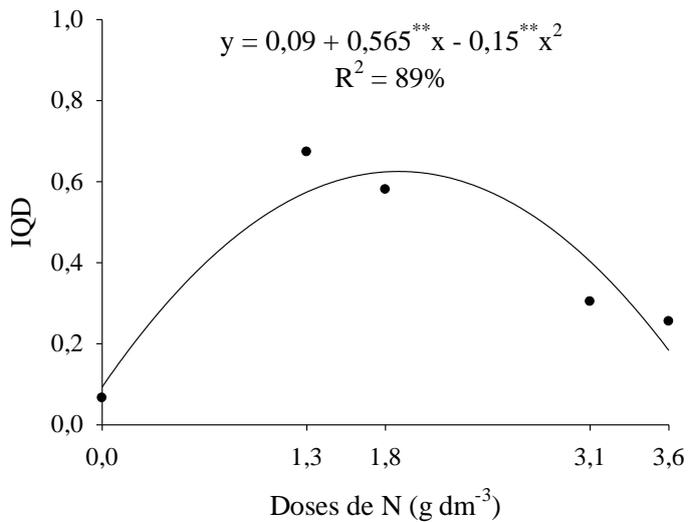


*, **: Significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Figura 4 - Massa da matéria seca das folhas (A), da raiz (B) e total (C) em função de doses de nitrogênio (N), e massa da matéria seca do caule (D) em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEai) e de doses de nitrogênio (N) em mudas de mamoeiro Formosa.

Porém, não houve ajuste na equação de regressão da MMSF, MMSR e MMST e relação raiz parte aérea (RRPA) em função da CEai com médias de 0,67 g; 0,51 g; 1,87 g; e RRPA 0,44 g, respectivamente.

A dose estimada 1,9 g dm⁻³ nitrogênio promoveu maior valor de IQD (0,6) sendo superior à média, potencializando assim, a qualidade e tolerância das mudas ao estresse salino (Figura 5), porém doses superiores de N casou redução, o que também foi observado por Bezerra et al. (2019), avaliando o N como mitigador do estresse salino em mudas de maracujazeiro amarelo. Segundo De Oliveira et al. (2013), considera-se uma muda de qualidade e apta para o campo, aquela com IQD igual ou superior a 0,2.



** : Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Figura 5 – Índice de qualidade de Dickson (IQD) de mudas de mamoeiro Formosa em função de doses de nitrogênio (N).

Neste contexto, salienta-se que o uso da adubação nitrogenada contribui para o restabelecimento do equilíbrio nutricional das plantas, deixando-as mais tolerantes à salinidade, do que aquelas submetidas à deficiência de nutrientes, por isso torna-se necessária a adoção de manejo adequado de adubação mineral para favorecer a adaptação das plantas aos sais (BEZERRA et al., 2019).

4 CONCLUSÕES

As variáveis altura, diâmetro do caule, apresentaram maiores valores até a dose de 1,8 g dm⁻³ de N. A dose de 2,1 g N dm⁻³ resultou em maior área foliar.

O aumento das doses de N aumentou linearmente a taxa de crescimento relativo da altura.

Os valores máximos obtidos para índice de qualidade de Dickson, massa da matéria seca da folha, da raiz e total, foram proporcionados por doses menores a 2,0 g dm⁻³ de N. Houve efeito significativo da interação (CEai x N) para massa da matéria seca do caule, sendo que a dose de 1,8 g dm⁻³ de N atenuou o efeito da salinidade até 2,1 dS m⁻¹.

REFERÊNCIAS

- ABRANTES, D. S.; NOBRE, R. G.; SOUZA, L.; GOMES, E. M., SOUZA, A.; SOUSA, F. . Produção de mudas enxertadas de goiabeira irrigadas com águas salinizadas sob adubação nitrogenada. **Revista Espacios**, v. 38, n. 31, p. 6, 2017.
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. A qualidade da água na agricultura. Campina Grande: Universidade Federal da Paraíba. **FAO Irrig. Drain. Pap**, n. 29, p. 1-218, 1999.
- BENINCASA, M. M. P. Análise de crescimento de plantas (noções básicas). 2. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 41 p.
- BEZERRA, I. L.; GHEYI, H. R.; NOBRE, R. G.; DE LIMA, G. S.; DE LACERDA, C. F.; LIMA, B. G. F.; BONIFÁCIO, B. F. Water salinity and nitrogen fertilization in the production and quality of guava fruits. **Bioscience Journal**, v. 35, n. 3, p. 837-848, 2019.
- BEZERRA, M. A. F.; PEREIRA, W. E.; BEZERRA, F. T. C.; CAVALCANTE, L. F.; MEDEIROS, S. D. S. Água salina e nitrogênio na emergência e biomassa de mudas de maracujazeiro amarelo. **Revista Agropecuária Técnica**, v. 35, n. 1, p. 150-160, 2014.
- CAVALCANTE, L. F.; CORDEIRO, J. C.; NASCIMENTO, J. A. M.; CAVALCANTE, Í. H. L.; DIAS, T. J. Fontes e níveis da salinidade da água na formação de mudas de mamoeiro cv. Sunrise solo. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 31, n. 4Sup1, p. 1281-1290, 2010.
- CAVALCANTE, L.; CORDEIRO, J.; MESQUITA, E.; ARAÚJO, F.; DANTAS, T.; RAPOSO, R. Mamoeiro e a salinidade. **Algumas frutíferas tropicais e a salinidade**. Jaboticabal: Funep, 2006.
- DA SILVA ALVES, E.; LIMA, D. F.; BARRETO, J. A. S.; DOS SANTOS, D. P.; DOS SANTOS, M. A. L. Determinação do coeficiente de cultivo para a cultura do rabanete através de lisimetria de drenagem. **Irriga**, v. 22, n. 1, p. 194-203, 2017.
- DE OLIVEIRA, Francisco T. et al. Fontes orgânicas e volumes de recipiente no crescimento inicial de porta-enxertos de goiabeira. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 8, n. 2, p. 15, 2013.
- DIAS, T. J.; DA SILVA LEAL, M. P.; DO NASCIMENTO, E. S., VÉRAS, M. L. M.; DA SILVA, T. I.; e LOPES, A. S.. Morphological and physiological changes in papaya seedlings irrigated with saline water and application of humic substances. **Comunicata Scientiae**, v. 11, p. e3290-e3290, 2020.
- DICKSON, A.; LEAF, A. L.; HOSNER, J. F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **The Forestry Chronicle**, v. 36, n. 1, p. 10-13, 1960.
- DOS SANTOS, H. D.; JACOMINE, P. T.; DOS ANJOS, L. H. C.; DE OLIVEIRA, V. Á.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R., CUNHA, T. J. F. **Brazilian Soil Classification System**. 2018.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análise de solos**. 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011.

FEY, R.; ZOZ, T.; STEINER, F.; CASTAGNARA, D. D.; FERREIRA, G.. Crescimento inicial de mudas de maracujazeiro amarelo em função de doses crescentes de superfosfato simples. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 5, n. 3, p. 347-353, 2010.

FIGUEIREDO, L. F.; JÚNIOR, S. D. O. M.; FERRAZ, R. L. D. S.; DUTRA, A. F.; BEZERRA, J. D.; MELO, A. S. D. Crescimento e partição de massa seca em mudas de mamoeiro sob estresse salino. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 12, n. 6, p. 2984-2990, 2018.

FRANÇA, S. C., DE OLIVEIRA, A. C.; FARIAS, G. A.; JÚNIOR, L. F. C.; DA SILVA, V. L. Doses de nitrogênio no crescimento de porta-enxerto de goiabeira Paluma amarela. **Scientia Agraria**, v. 18, n. 2, p. 54-65, 2017.

FREITAS, J. P. X. D.; OLIVEIRA, E. J. D.; JESUS, O. N. D.; CRUZ NETO, A. J. D.; SANTOS, L. R. D. Formação de população base para seleção recorrente em maracujazeiro-amarelo com uso de índices de seleção. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, p. 393-401, 2012.

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, p. 30, 2017.

MARINHO, A. B.; MOREIRA, L. G.; VIANA, T. V. A.; ALBUQUERQUE, A. H. P.; OLIVEIRA, C. W.; AZEVEDO, B. M. DE. Influência da fertirrigação da nitrogenada na produtividade da cultura da mamoneira. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.4, p.31- 42, 2010.

MARTIN, Thomas Newton et al. Uso do software ImageJ na estimativa de área foliar para a cultura do feijão. **Interciencia**, v. 38, n. 12, p. 843-848, 2013.

MASOULEH, S. S. S.; ALDINE, N. J.; SASSINE, Y. N. The role of organic solutes in the osmotic adjustment of chilling-stressed plants (vegetable, ornamental and crop plants). **Ornamental Horticulture**, v. 25, p. 434-442, 2020.

MATIAS, S. S. R.; COSTA JUNIOR, E. D. S.; DE MORAIS, D. B.; SILVA, R. L.; SOUSA, S. D. C. Substratos orgânicos na produção de mudas de hawai. **Magistra**, v. 30, pág. 179-188, 2019.

MENEGAZZO, M. L.; DE OLIVEIRA, A. C.; DA SILVA, E. A. Nitrogen fertilization in the production of papaya seedling. **Revista Agrarian**, v. 4, n. 13, p. 189-196, 2011.

MONTGOMERY, D. G. **Design and analysis of experiments**. 8th ed. Nova Jersey: John Wiley & Sons, 724p, 2013.

NETO, E. C. N.; BEZERRA, F. T. C.; BEZERRA, M. A. F.; PEREIRA, W. E.; CAVALCANTE, L. F.; e DE OLIVEIRA, F. F. Allometry and morphophysiology of papaya seedlings in a substrate with polymer under irrigation with saline water. **Comunicata Scientiae**, v. 11, p. e3339-e3339, 2020.

NOBRE, R. G.; DE LIMA, G. S.; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A. D. A.; DA SILVA, A. O. Crescimento, consumo e eficiência do uso da água pela mamoneira sob estresse salino e nitrogênio. **Revista Caatinga**, v. 27, n. 2, p. 148-158, 2014.

NÓBREGA, J. S.; DE QUEIROZ LOPES, M. D. F.; DE FÁTIMA, R. T.; FERREIRA, J. T. A.; FIGUEIREDO, F. R. A.; PEREIRA, M. B.; PEREIRA, W. E. Crescimento e Eficiência Fotoquímica em Mudanças de Maracujazeiro Submetidas em Níveis de Salinidade e Adubação Foliar. **Ensaios e Ciência C Biológicas Agrárias e da Saúde**, v. 25, n. 5-esp., p. 570-577, 2021.

NOMURA, M.; PEREIRA FILHO, J. M.; COSTA, E. M., PEREIRA, L. S.; e VENTURA, M. V. A. Avaliação de diferentes quantidades de hidrogel na produção de mudas de mamão papaya. **Ipê Agronomic Journal**, v. 3, n. 1, p. 19-25, 2019.

NOVAIS, R. F.; NEVES J. C. L.; BARROS N. F. **Ensaio em ambiente controlado**. In: OLIVEIRA A. J. (ed) Métodos de pesquisa em fertilidade do solo. Brasília: Embrapa- SEA. p. 189-253, 1991.

OLIVEIRA, F. D. A. D.; MEDEIROS, J. F. D.; ALVES, R. D. C.; LINHARES, P. S.; MEDEIROS, A.; DE OLIVEIRA, M. K. Interação entre salinidade da água de irrigação e adubação nitrogenada na cultura da berinjela. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, p. 480-486, 2014.

PAIXÃO, M. V. S.; FRANÇA, A. D.; CREMONINI, G. M.; NETO, B. C.; FERNANDES, A. R. Fertilizante orgânico na emergência e desenvolvimento de plântulas de mamoeiro cv. Golden. **Revista Foco**, v. 16, n. 02, p. e1208-e1208, 2023.

PINHEIRO, F. W. A., NOBRE, R. G., SOUZA, L. D. P., DE OLIVEIRA, S. G., ARAÚJO, J. E. S., VELOSO, L. D. S. Irrigation with saline water and nitrogen in seedlings papaya production" Formosa". **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 12, n. 1, p. 17-22, 2017.

R CORE TEAM (2022). **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

SOUZA, L. D. P.; NOBRE, R. G.; SILVA, E. M.; GHEYI, H. R.; SOARES, L. D. A. Production of guava rootstock grown with water of different salinities and doses of nitrogen. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 48, n. 4, p. 596-604, 2017.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. Plant physiology and development. 6.ed. **New York: Sinauer Associates**, 761p. 2015.

WANDERLEY, J. A. C.; BRITO, M. E. B.; AZEVEDO, C. A. V. D.; SILVA, F. D. C.; FERREIRA, F. N.; LIMA, R. F. D. Cell damage and biomass of yellow passion fruit under water salinity and nitrogen fertilization. **Revista Caatinga**, v. 33, p. 757-765, 2020.

YANG, X.; GENG, J.; LI, C., ZHANG, M.; TIAN, X. Cumulative release characteristics of controlled-release nitrogen and potassium fertilizers and their effects on soil fertility, and cotton growth. **Scientific Reports**, v. 6, n. 1, p. 39030, 2016.

CAPÍTULO II – FISILOGIA E TEORES DE NITROGÊNIO EM MUDAS DE MAMOEIRO (*Carica papaya* L.) SOB ESTRESSE SALINO E DOSES DE N

RESUMO

Nas áreas semiáridas as águas utilizadas nas irrigações, quase sempre, possuem elevadas concentrações de sais que podem comprometer o solo e principalmente causar distúrbios fisiológicos e nutricionais influenciando no desenvolvimento das culturas. Diante do exposto, este experimento foi desenvolvido para avaliar os efeitos da utilização de doses de nitrogênio combinadas com irrigação de águas de distintos níveis salinos na produção de mudas de mamoeiro. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, combinados segundo a matriz experimental Composto Central de Box, referente a cinco valores de condutividade elétrica (0,5; 1,0; 2,3; 3,5 e 4,0 dS m⁻¹) e cinco doses de nitrogênio (0,0; 1,3; 1,8; 3,1 e 3,6 g dm⁻³), com quatro repetições. Foram avaliadas as trocas gasosas e os teores foliares de nitrogênio aos 90 e 105 dias após o plantio, respectivamente. Os dados foram submetidos à análise de variância e de regressão. Na ausência de adubação nitrogenada as trocas gasosas como concentração intracelular de carbono (*C_i*), relação carbono interno/externo (*C_i/C_{ref}*), transpiração (*E*) e condutância estomática (*g_s*) foram reduzidas, em contrapartida, o incremento de doses de 3,6 g dm⁻³ N sob níveis de 4 dS m⁻¹, resultou em respostas positivas para essas variáveis. O aparato fotossintético não foi danificado em meio salino sob adubação nitrogenada. Sem adubação a fotossíntese aumentou até a CEai de 1 dS m⁻¹, mas com aplicação de 2,9 g dm⁻³ de N o limite da CEai se eleva para 3,1 dS m⁻¹. Maiores teores foliares de N foram encontrados sob dose de 3,2 g dm⁻³ de N e 4 dS m⁻¹ de condutividade elétrica da água de irrigação.

Palavras-chave: produção de mudas; salinidade; adubação nitrogenada.

ABSTRACT

In semi-arid areas, the water used in irrigation almost always has high concentrations of salts that can compromise the soil and mainly cause physiological and nutritional disorders, influencing the development of crops. Given the above, this experiment was developed to evaluate the effects of using nitrogen doses combined with irrigation of water with different saline levels on the production of papaya seedlings. The experimental design was in randomized blocks, combined according to the Central Composite Box experimental matrix, referring to five values of electrical conductivity (0.5; 1.0; 2.25; 3.5 and 4.0 dS m⁻¹) and five doses of nitrogen (0.0; 1.3; 1.8; 3.1 and 3.6 g dm⁻³), with four replications. Gas exchanges and foliar nitrogen contents were evaluated at 90 and 105 days after planting, respectively. Data were subjected to analysis of variance and regression. In the absence of nitrogen fertilization, gas exchanges such as intracellular carbon concentration (*C_i*), internal/external carbon ratio (*C_i/C_{ref}*), transpiration (*E*) and stomatal conductance (*g_s*) were reduced, on the other hand, the increment of doses of 3.6 g dm⁻³ N under levels of 4 dS m⁻¹, resulted in positive responses for these variables. The photosynthetic apparatus was not damaged in a saline environment under nitrogen fertilization. Without fertilization, photosynthesis increased to an ECai of 1 dS m⁻¹, but with the application of 2.9 g dm⁻³ of N the ECai limit rises to 3.1 dS m⁻¹. Higher foliar N contents were found under a dose of 3.2 g dm⁻³ of N and 4 dS m⁻¹ of electrical conductivity of irrigation water.

Keywords: seedling production; salinity; nitrogen fertilization.

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, o mamoeiro é uma das culturas mais importantes da fruticultura comercial. Economicamente, o país destaca-se como um dos principais produtores e exportadores mundiais do fruto (FAOSTAT, 2021). A cultura do mamoeiro tem grande importância na geração de empregos, uma vez que a cultura necessita de renovação dos pomares e há produção o ano inteiro, fazendo com que ocorra demanda de mão-de-obra durante todo o ano (PAIXÃO et al., 2023).

O mamão é classificado como a terceira fruta tropical mais consumida e sua expansão se dá em países tropicais e subtropicais porque pode ser cultivado em ambientes altamente diversos (ESTRELLA-MALDONADO et al., 2021). Contudo, especificamente nessas áreas semiáridas do Brasil, as águas utilizadas nas irrigações, quase sempre, possuem elevadas concentrações de sais que podem comprometer o solo e principalmente o desenvolvimento das culturas, sendo mais intenso na fase inicial da grande maioria das fruteiras (FIGUEIREDO et al., 2018).

A formação de mudas é uma das etapas mais importantes do ciclo da cultura, dependendo da obtenção de sementes, tratamentos culturais e nutrição, influenciando diretamente no desempenho final da planta, produtividade e a qualidade dos frutos (DE FRANÇA CARDOZO et al., 2021). A salinidade afeta a germinação e o crescimento das mudas de mamão, comprometendo os pomares no futuro (DE LIMA-NETO et al., 2016). Isso é resultado da restrição de absorção de água (efeito osmótico) e alterações no metabolismo, absorção de nutrientes e equilíbrio iônico (efeito iônico) (TARGINO et al., 2023), que promovem a geração de espécies reativas de oxigênio, danificando os componentes celulares e pigmentos fotossintéticos (DIAS et al., 2020).

O excesso de sais na água de irrigação pode causar alterações na permeabilidade das membranas celulares e nas funções fisiológicas e bioquímicas das plantas, levando ao estresse osmótico, que resulta em distúrbios nas relações hídricas, alterações na absorção e utilização de nutrientes essenciais, bem como o acúmulo de íons tóxicos (Na^+ e/ou Cl^-) nos cloroplastos, independentemente da natureza dos sais (DE LIMA et al., 2015).

A fisiologia, o crescimento e o desenvolvimento da planta estão intimamente associados às condições ambientais e ao suprimento de nutrientes (SIGNORE et al., 2016). A otimização da aplicação de nutrientes às plantas é fundamental para melhorar a produção das culturas. Uma das alternativas que visam minimizar os efeitos deletérios do estresse salino é a utilização da adubação nitrogenada, com correlações positivas entre a capacidade fotossintética das folhas e seu conteúdo de N, utilizado na síntese de componentes de aparato fotossintético e síntese de

enzimas relacionadas à fotossíntese; podendo também reduzir os danos da salinidade (IBRAHIM et al., 2018).

O N é um elemento essencial ao desenvolvimento vegetal, atuando como componente estrutural, constituinte de proteínas, ácidos nucleicos, de compostos orgânicos e de enzimas e coenzimas envolvidas no ajustamento osmótico da planta a condições de estresse (CERQUEIRA et al., 2019). Alguns estudos com diferentes culturas foram realizados utilizando o nitrogênio como mitigador dos efeitos do estresse salino em maracujazeiro (FIGUEIREDO et al., 2020), melanciaira (DA SILVA et al., 2020), Goiabeira (BEZERRA., 2019) em mamoeiro do grupo formosa (PINHEIRO et al., 2017).

Sabendo-se dos efeitos como atenuante do estresse salino e os efeitos benéficos em diversos processos fotossintéticos nas plantas, objetivou-se estudar as trocas gasosas em mudas de mamão Formosa sob cinco doses de nitrogênio e condutividade elétrica da água de irrigação.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área experimental

O experimento foi desenvolvido em ambiente protegido (estufa com cobertura plástica e telada lateralmente), 6° 57' 56,5" de latitude S e 35° 42' 55,8" de longitude W do Departamento de Fitotecnia e Ciências Ambientais (DFCA), do Centro de Ciências Agrárias (CCA), Campus II, da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), município de Areia-PB.

Durante o período experimental a temperatura e a umidade do ar no interior da estufa variaram de 22°C a 40°C e 48 a 95%, respectivamente. O material do solo utilizado com substrato foi classificado como Latossolo Amarelo Distrófico (DOS SANTOS et al., 2018).

2.2 Tratamentos e delineamento experimental

Os tratamentos foram obtidos da combinação entre cinco condutividades elétricas da água de irrigação (0,5; 1,0; 2,3; 3,5 e 4,0) e cinco doses de nitrogênio (0,0; 1,3; 1,8; 3,1 e 3,6), utilizando a matriz Composto Central de Box (MONTGOMERY, 2013), conforme o esquema $2^2 + 2 \times 2 + 1$, mais um tratamento adicional - testemunha (sem nitrogênio com menor condutividade elétrica) para definir os níveis e combinações desses fatores (Tabela 1). Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições, e a unidade experimental constituída por quatro mudas.

Tabela 2 -Tratamentos gerados pela matriz Composta Central de Box.

Tratamento ¹	Níveis		Valores	
	CE	N	CE (dS m ⁻¹)	N (g dm ⁻³)
1	-1	-1	1,0	1,3
2	-1	1	1,0	3,1
3	1	-1	3,5	1,3
4	1	1	3,5	3,1
5	-1,4 (- α)	0	0,5	1,8
6	1,4 (α)	0	4,0	1,8
7	0	-1,4 (- α)	2,3	0,0
8	0	1,4 (α)	2,3	3,6
9	0	0	2,3	1,8
10	-1,4	-1,41	0,5	0,0

¹Número de tratamentos = $2^k + 2k + 1$ (k = n° de fatores) $\therefore 2^2 + 2 \times 2 + 1 = 9$; níveis de condutividade elétrica combinados com doses de nitrogênio; $\alpha = \sqrt{2}$; Tratamento adicional para testemunha sem N e menor CE.

2.3 Condução do experimento

O experimento foi conduzido de novembro de 2022 a março de 2023. Durante a condução foram registradas a cada cinco minutos a temperatura e a umidade do ar com Data Logger (HT-810) da Instrutherm[®], (Figura 1).

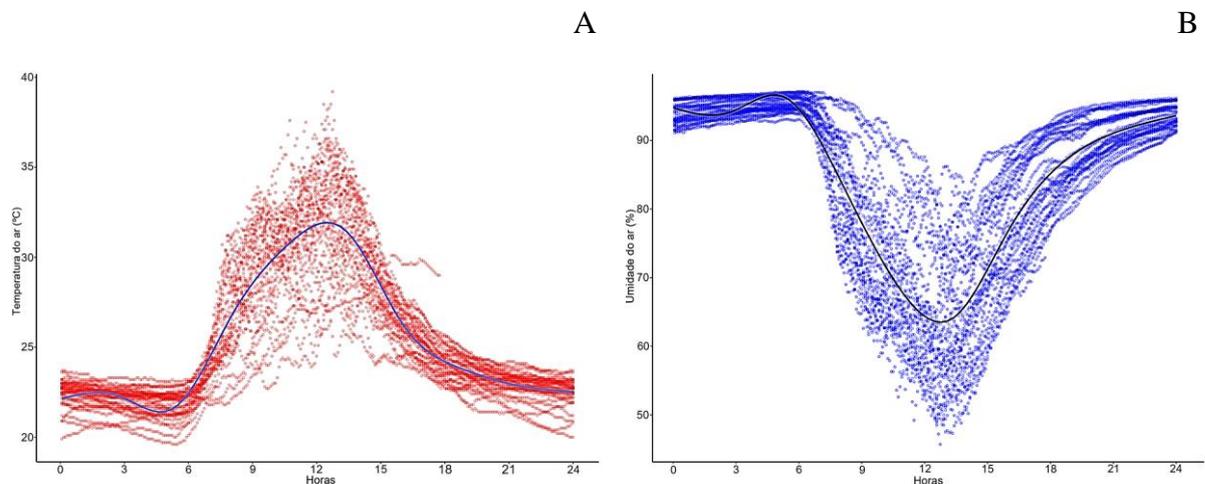


Figura 1 - Temperatura do ar (A) e umidade do ar (B) no interior da casa-de-vegetação durante o período experimental.

O solo utilizado consistiu do material coletado na camada de 0-20 cm de profundidade na Estação Experimental “Chã de Jardim” do CCA/UFPB, localizada no município de Areia-PB. Após a coleta, utilizando-se de um trado holandês, o material foi destorroado, homogeneizado, colocado para secar ao ar e à sombra e passado na peneira de malha de 2 mm, em seguida foi analisado quanto aos atributos químicos e físicos (Tabela 2), conforme metodologias contidas em Embrapa (2011).

Tabela 2. Atributos químicos e físicos do substrato.

Atributos químicos										
pH em H ₂ O (1:2,5)	P	K ⁺	Na ⁺	H ⁺ +Al ³⁺	Al ³⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	SB	CTC	M.O.
mg/dm ³			cmol _e /dm ³				- g/kg -			
6,90	33,04	96,74	0,05	1,60	0,00	2,52	1,18	4,00	5,60	21,36
Atributo físicos										
Areia		Silte		Argila		CLASSE TEXTURAL				
2 - 0,05		0,05 – 0,002		<0,002						
mm		mm		mm						
-----		g/kg		-----						
876		99		25		Areia				

P, K, Na: Extrator Mehlich 1; H + Al: Extrator Acetato de Cálcio 0,5 M, pH 7,0; Al, Ca, Mg: Extrator KCl 1 M; SB: Soma de Bases Trocáveis; CTC: Capacidade de Troca Catiônica; M.O.: Matéria Orgânica – Walkley-Black.

A adubação básica foi formulada após obtenção dos teores dos nutrientes, observados na amostra do substrato. Com base nos valores obtidos, foi efetuado cálculos a fim de se elevar os teores de fósforo (P₂O₅) e potássio (K₂O) a aproximadamente 300 e 200 mg dm⁻³, respectivamente (Novais et al., 1991).

Foram utilizados no experimento sacos de polietileno com capacidade de 2,57 L, furados no fundo para melhorar a drenagem, e preenchidos com 2 L de solo. Em cada recipiente foram colocadas quatro sementes comercial (ISLA[®]) do grupo Formosa, semeadas na profundidade de dois centímetros. O início da emergência das plântulas ocorreu aos 15 dias após a semeadura (DAS), alcançando a estabilidade após 25 dias, onde foi feito o desbaste com auxílio de uma tesoura, permanecendo em cada recipiente a plântula mais vigorosa.

Como fonte de adubo nitrogenado foi utilizada ureia (45% de N), que foi diluída em água e parcelada em quatro aplicações sendo a primeira realizada 30 DAS e as demais com intervalos de 15 dias. Esse procedimento de diluir o adubo foi realizado com o objetivo de melhor uniformidade de aplicação, devido à pequena quantidade de adubo que cada recipiente recebeu.

O manejo da irrigação foi aferido, com base do balanço hídrico, obtido por lisimetria de drenagem (DA SILVA ALVES et al., 2017), adicionando-se uma fração de lixiviação (FL) de 10%. O volume a ser aplicado (Va) por sacola foi obtido pela diferença entre o volume total aplicado na noite anterior (Vta) e o volume drenado (Vd) na manhã do dia seguinte, dividindo-se o resultado pelo número de recipientes (n) e aplicando-se a fração de lixiviação, como indicado na expressão (1) para cada tratamento:

$$Va = \frac{Vta - Vd}{n * (1 - FL)} \quad \text{Exp. 1}$$

Para realização da coleta da água drenada, 16 sacos foram envolvidos por recipientes que

permitiram a coleta da água, mensurando assim o volume drenado.

A água de irrigação com menor condutividade elétrica ($0,5 \text{ dS m}^{-1}$), foi proveniente do sistema de abastecimento. Para formar as demais condutividades, utilizou-se água de abastecimento local para diluir a água fortemente salina obtida através da coleta no poço localizado no sítio Chã da Pia ($6^\circ 54' 53''\text{S}$, $35^\circ 47' 33''\text{W}$), município de Areia, onde os atributos físico-químicos estão caracterizados na Tabela 3.

Tabela 3. Atributos químicos da água do poço Chã da Pia/Areia-PB.

pH	CE -- dS m^{-1} --	Salinidade								
		SO_4	Ca^{+2}	Mg^{+2}	Na^+	K^+	CO_3^{-2}	HCO_3^-	Cl^-	RAS
7,8	16,5	513,5	777,0	995,4	1613,8	16,2	0,0	338,0	6070,5	54,0

pH (potencial hidrogeniônico); CE (condutividade elétrica); SO_4 (sulfato); Ca^{+2} (cálcio); Mg^{+2} (magnésio); Na^+ (sódio); K^+ (potássio); CO_3^{-2} (carbonato); HCO_3^- (bicarbonato); Cl^- (cloreto); RAS (razão de adsorção de sódio) = $\text{Na}^+ / [0,5(\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2})] 0,5$.

Para aferição das condutividades utilizou-se um condutímetro da marca Hanna®, modelo Medidor Portátil pH/EC/TDS/Temperatura. Após a preparação, as águas foram armazenadas em vasos de 100 L, cada um com determinada condutividade elétrica, devidamente tampados e identificados.

A irrigação foi realizada com água de abastecimento até que as plantas desenvolvessem de duas folhas verdadeiras. A partir disso, iniciou-se os tratamentos referentes às condutividades elétricas aos 45 DAS, sendo realizada a irrigação diariamente, repondo ao final do dia a água perdida por evapotranspiração (FIGUEIREDO et al., 2018).

2.4 Variáveis analisadas

✓ Trocas gasosas

Foram determinadas as trocas gasosas das plantas aos 90 DAS, com um analisador de gás no infravermelho (IRGA) (LCpro+) com luz constante de $1.200 \mu\text{mol de fótons m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, obtendo-se as seguintes variáveis: Taxa de assimilação líquida de CO_2 (A) ($\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), transpiração (E) ($\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), condutância estomática (g_s) ($\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) e concentração interna de CO_2 (C_i) ($\mu\text{mol de CO}_2 \text{ mol}^{-1}$) na terceira folha contada a partir do ápice. De posse desses dados, foram quantificadas a eficiência instantânea no uso da água (EUA) ($\mu\text{mol CO}_2 / \text{mmol H}_2\text{O}$), eficiência intrínseca no uso da água ($EiUA$) ($\mu\text{mol CO}_2 / \text{mol H}_2\text{O}$) (RIBEIRO, 2006) e relação carbono interno/externo (C_i/C_{ref}).

Foram realizadas leituras, pelo método não destrutivo, utilizando o equipamento clorofiLOG®, obtendo-se os índices foliares de clorofila a, b e total. As leituras foram realizadas em três folhas de cada planta, considerando folhas de pontos distintos das mudas de

mamoeiro, aos 90 DAS, das 9:00 às 11:00 h.

✓ **Fluorescência da clorofila**

Para avaliações das variáveis de fluorescência aos 90 DAS utilizou-se um fluorômetro da Opti- Sciences®, modelo OS-30p, foram colocadas pinças foliares nas folhas selecionadas para as leituras, após 30 min de adaptação ao escuro (KONRAD et al., 2005). Obtendo-se assim a fluorescência inicial (F_0), variável (F_v) e máxima (F_m), eficiência quântica do fotossistema II (F_v/F_m) e relação entre processos fotoquímicos e não fotoquímicos (F_v/F_0).

✓ **Teores de nitrogênio e sódio na parte aérea das mudas**

As folhas e os caules das mudas foram acondicionados em sacos de papel e postos para secar em estufa de circulação forçada de ar a 65°C por 72 horas, e as massas das matérias secas das folhas e do caule foram homogeneizadas aos 105 DAS para se analisar o teor de nitrogênio e sódio na parte aérea das mudas no Laboratório de Fruticultura da Universidade Federal da Paraíba, *Campus II*, Areia-PB conforme metodologia descrita por Tedesco et al. 1995.

2.5 Análise estatística

Os dados foram submetidos a análise de variância, seguida de análise de regressão polinomial, utilizando-se o programa estatístico R Core Team (2018).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verificou-se um efeito significativo ($P \leq 0,05$) da interação entre o nitrogênio e a condutividade elétrica da água de irrigação (CE_{ai}) nas variáveis de fotossíntese líquida (A) e relação entre processos fotoquímicos e não fotoquímicos (F_v/F_0). O efeito significativo ($P \leq 0,01$) na interação também foi observado para as demais variáveis como carbono interno (C_i), transpiração (E), condutância estomática (g_s), eficiência intrínseca do uso da água ($EIUA$), eficiência instantânea do uso da água (EUA), relação carbono interno/externo (C_i/C_{ref}), fluorescência variável (F_v), eficiência quântica do fotossistema II (F_v/F_m) e teor de nitrogênio. As doses de nitrogênio apresentaram efeito significativo ($P \leq 0,01$) apenas para as variáveis de clorofilas a e b (Tabela 4).

Tabela 4. Análise de variância para as variáveis fotossíntese líquida (A), transpiração (E), condutância estomática (g_s), concentração intracelular de carbono (C_i), eficiência intrínseca do uso da água ($EIUA$), eficiência instantânea do uso da água (EUA), relação carbono interno/externo (C_i/C_{ref}), clorofila a , clorofila b , fluorescência variável (F_v), eficiência quântica do fotossistema II (F_v/F_m), relação entre processos fotoquímicos e não fotoquímicos (F_v/F_0) e teor de nitrogênio.

FV	Bloco	Tratamento	Resíduo	N-L	N-Q	CEai-L	CEai-Q	CEai-LxN-L	CV%
GL	3	9	27	1	1	1	1	1	
Valores de F									
<i>A</i>	4,96**	8,15**	27	22,65**	14,06**	0,11 ^{ns}	14,06**	6,57*	14,4
<i>E</i>	3,16*	4,14**	27	11,03**	5,64*	1,05 ^{ns}	5,64*	9,17**	21,2
<i>gs</i>	2,30 ^{ns}	4,33**	27	8,98**	3,90 ^{ns}	1,51 ^{ns}	3,90 ^{ns}	8,59**	26,1
<i>Ci</i>	4,48*	4,49**	27	2,01 ^{ns}	2,12 ^{ns}	4,98*	2,12 ^{ns}	8,99**	10,1
<i>EIUA</i>	4,19*	5,14**	27	3,94 ^{ns}	3,52 ^{ns}	5,49*	3,52 ^{ns}	7,78**	19,5
<i>EUA</i>	3,86*	6,22**	27	1,55 ^{ns}	1,92 ^{ns}	6,45*	1,92 ^{ns}	11,47**	14,1
<i>Ci/Cref</i>	0,21 ^{ns}	9,18**	27	20,42**	9,40**	5,52*	9,40**	29,72**	19,2
Clorofila a	2,90 ^{ns}	21,14**	27	78,93**	32,60**	15,65**	32,60**	3,97 ^{ns}	6,6
Clorofila b	3,05*	16,90**	27	44,78**	31,05**	14,44**	31,05**	0,31 ^{ns}	15,7
<i>FV</i>	2,03 ^{ns}	2,31*	27	17,24**	5,10*	1,98 ^{ns}	5,10*	14,73**	6,6
<i>Fv/F0</i>	2,02 ^{ns}	2,27 ^{ns}	27	10,39**	2,31 ^{ns}	0,05 ^{ns}	2,31 ^{ns}	5,67*	13,4
<i>Fv/Fm</i>	1,64 ^{ns}	2,02 ^{ns}	27	10,36**	2,49 ^{ns}	0,44 ^{ns}	2,49 ^{ns}	7,07**	3,8
Teor de N	0,91 ^{ns}	11,19**	27	26,28**	19,04**	4,59*	19,04**	26,64**	8,5

*, **: Significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F; ns: Não significativo pelo teste F.

O aumento na atividade da fotossíntese líquida (*A*) (Figura 2A) está associado ao aumento nas doses de N que atenuou o estresse salino nas mudas para o maior nível de CEai, na ausência de adubação com N a (*A*) aumentou em função da CEai até 1 dS m⁻¹. No entanto, doses superiores de N reduziram a fotossíntese quando se utilizou água de menor CEai. Assim, a combinação que obteve maior valor de (*A*) (14,05 μmol de CO₂ m⁻² s⁻¹) foi a de 2,9 g dm⁻³ de N e 3,1 dS m⁻¹ de CEai.

Apesar do curto período de aplicação de N, nota-se uma rápida absorção desse elemento pela planta aumentando sua eficiência fotossintética. O mesmo comportamento foi constatado por De Fatima et al. (2022) com aplicações foliares de N em mudas de pinha irrigadas com água salina. Tal comportamento é em virtude do N participar de composição de enzimas e proteínas envolvidas na fotossíntese, incluindo ATP sintase e Rubisco, essenciais para a fixação eficiente de carbono na planta (WANDERLEY et al., 2020). Porém a redução da *A* deve-se ao ajustamento osmótico exercido pela planta para continuar seus processos metabólicos que com a intensidade do estresse salino, mecanismos bioquímicos são desencadeados (BRAZ et al., 2019).

Com relação a (*Ci*) (Figura 2B), sem adubação nitrogenada em função do aumento da CEai pode-se notar uma redução, em contrapartida a dose máxima de N e nível máximo de CEai resultou no aumento da (*Ci*), indicando interação positiva entre os fatores, ou seja o nitrogênio amenizou os efeitos deletérios causado pela salinidade, resultando em maior

tolerância da cultura. A concentração intracelular de CO₂ (*C_i*) foi maior (321 μmol m⁻² s⁻¹) correspondendo a combinação de 3,6 g dm⁻³ de N e 4 dS m⁻¹ de CEai.

Em resposta ao aumento nas doses de N e CEai os valores de *C_i* aumentaram, o que pode está associado ao acúmulo de CO₂ nas folhas e provável redução no uso desse gás para síntese de açúcares (TAIZ et al., 2017). Que em resposta a alta salinização, reduziu a eficiência de carboxilação da RuBisCO, enzima responsável pela fixação de C para a fase bioquímica da fotossíntese geralmente, desencadeado por algum fator não estomático (FREIRE et al., 2014), mas também ao acúmulo de sais nas folhas (HUSSAIN et al., 2012). Além disso, a fotorrespiração pode ocasionar uma diminuição na assimilação líquida de carbono de 20 a 50% nas plantas C3 (PAULILO et al, 2010).

Desta forma, o aumento da oferta de nitrogênio promove maior acúmulo de compostos orgânicos e desempenha um papel importante no equilíbrio osmótico (FIGUEIREDO et al., 2020). O mesmo, observou aumento na (*C_i*) e na (*E*) sob adubação com N e K atenuando efeitos deletérios da salinidade em maracujá. Os resultados observados para (*C_i*) e transpiração (*E*) (Figura 2C) mostraram que, nessas condições, o mecanismo de abertura e fechamento dos estômatos não restringiu a absorção de CO₂ e a taxa de transpiração.

Para a taxa de transpiração (*E*) (Figura 2C) e condutância estomática (*g_s*) (Figura 2D), na ausência de adubação nitrogenada percebe-se um decréscimo nessas variáveis, porém na maior dose de N em níveis altos de CEai, há um aumento expressivo, mostrando que o N pode ter influenciado para o aumento dessas variáveis. Os valores máximos obtidos para (*E*) (3 mmol de H₂O m⁻² s⁻¹) e (*g_s*) (0,27 mol de H₂O m⁻² s⁻¹) correspondem às combinações de 3,6 g dm⁻³ de N e 4 dS m⁻¹ de CEai, respectivamente.

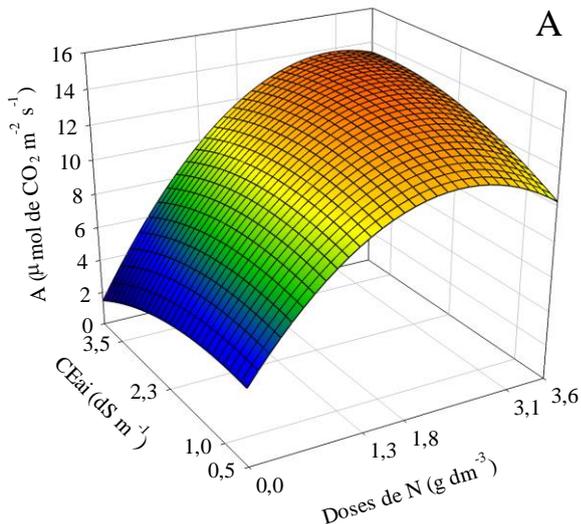
Possivelmente, o que pode ter contribuído para maiores aberturas estomáticas e transpirações, foram temperaturas máximas de 40°C e umidades de 95% registradas no interior da casa de vegetação durante o experimento (Figura 1A e B), que são consideradas desfavoráveis para desenvolvimento da cultura do mamoeiro, podendo causar distúrbios fisiológicos na planta. No entanto, reposições de água por meio das irrigações podem ter contribuído para maior fluxo de água no sistema solo-planta-atmosfera, favorecendo a absorção de N por fluxo de massa, em decorrência da alta transpiração (TAIZ et al., 2017).

Ressalta-se que menor transpiração e diminuição da abertura estomática em função do aumento da salinidade ocorreu na ausência de adubação nitrogenada. Esse comportamento de fechamento estomático e conseqüente diminuição da transpiração, se dá em resposta ao estresse osmótico causado pela salinidade, conhecido como mecanismo de aclimatação (SOUSA et al., 2016). Por outro lado com fornecimento adequado de N, a planta pode acabar sintetizando

compostos que ajudam a planta a se ajustar osmoticamente e superar esse estresse, como a produção de prolina e glicina-betaína, causando redução na resistência estomática gerada pelo estresse (TAIZ et al., 2017).

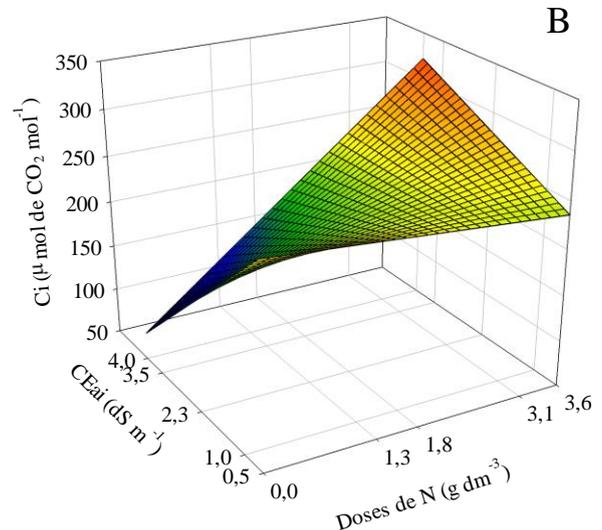
$$y = 4,120 + 6,190^{**}N + 0,670CE - 1,336^{**}N^2 - 0,333^{**}CE^2 + 0,482^{*}NxCE$$

$$R^2 = 97\%$$



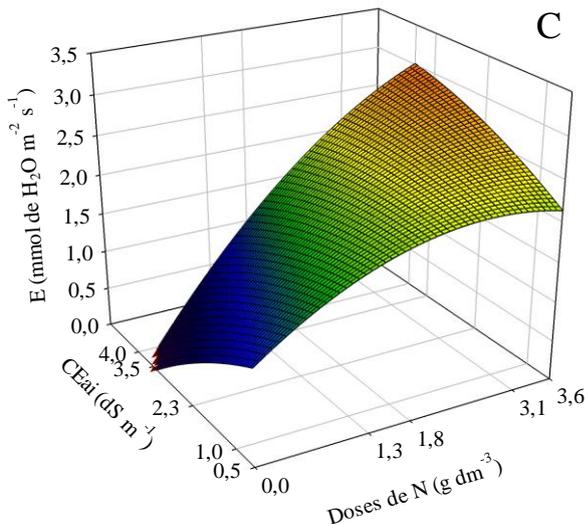
$$y = 290,447 - 18,645^{*}N - 52,757^{*}CE + 21,523^{**}NxCE$$

$$R^2 = 77\%$$



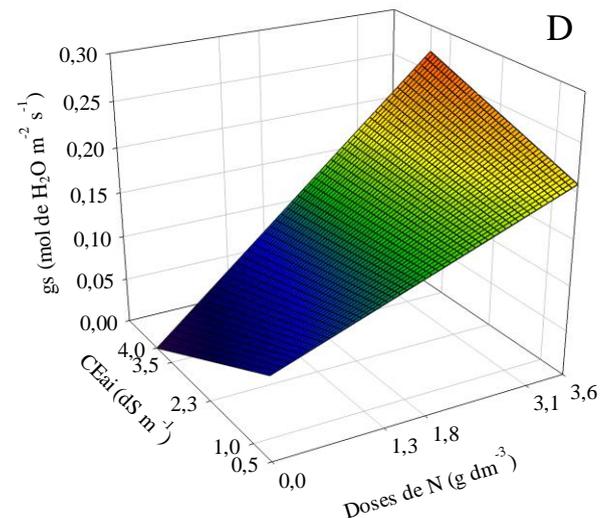
$$y = 1,340 + 0,675^{**}N - 0,266CE - 0,142^{*}N^2 - 0,038^{*}CE^2 + 0,192^{**}NxCE$$

$$R^2 = 90\%$$



$$y = 0,104 + 0,026^{**}N - 0,026CE + 0,012^{**}NxCE$$

$$R^2 = 88\%$$



*, **: Significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Figura 2 - Fotossíntese líquida (A) (A), concentração intracelular de carbono (Ci) (B), transpiração (E) (C) e condutância estomática (gs) (D) de mudas de mamoeiro Formosa em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEai) e de doses de nitrogênio (N).

Como observado as EIUA e a EUA decresceram em função do aumento das doses de N e salinidade, comportamento verificado por Bezerra et al. (2018) em goiabeira que ao elevar as doses de N e salinidade provocou aumento EIUA. Vale salientar que o excesso de nitrogênio pode ter causado uma interação negativa, não apresentando ajustes estomáticos que minimizassem a perda de água em mudas de mamão. Tais reduções podem ser atribuídas aos

efeitos osmóticos causados pelas concentrações de sais no substrato, oriundos das águas salinas e de derivados de compostos nitrogenado resultando em desequilíbrio nutricional, alterando a atividade fotossintética (WANDERLEY et al., 2022).

A estabilidade ou aumento dos valores EIUA e a EUA estão relacionados com a tolerância das plantas ao estresse salino (BRITO et al., 2016). No presente estudo, maior abertura estomática e entrada de CO₂ resultaram em alta transpiração que ocorreram devido ao condicionamento osmótico imposto pelos níveis crescentes de salinidade e doses de N. Corroborando com Ferraz et al. (2012) que maior absorção de CO₂ do meio externo promove alta transpiração e, por conseguinte, maior perda de água.

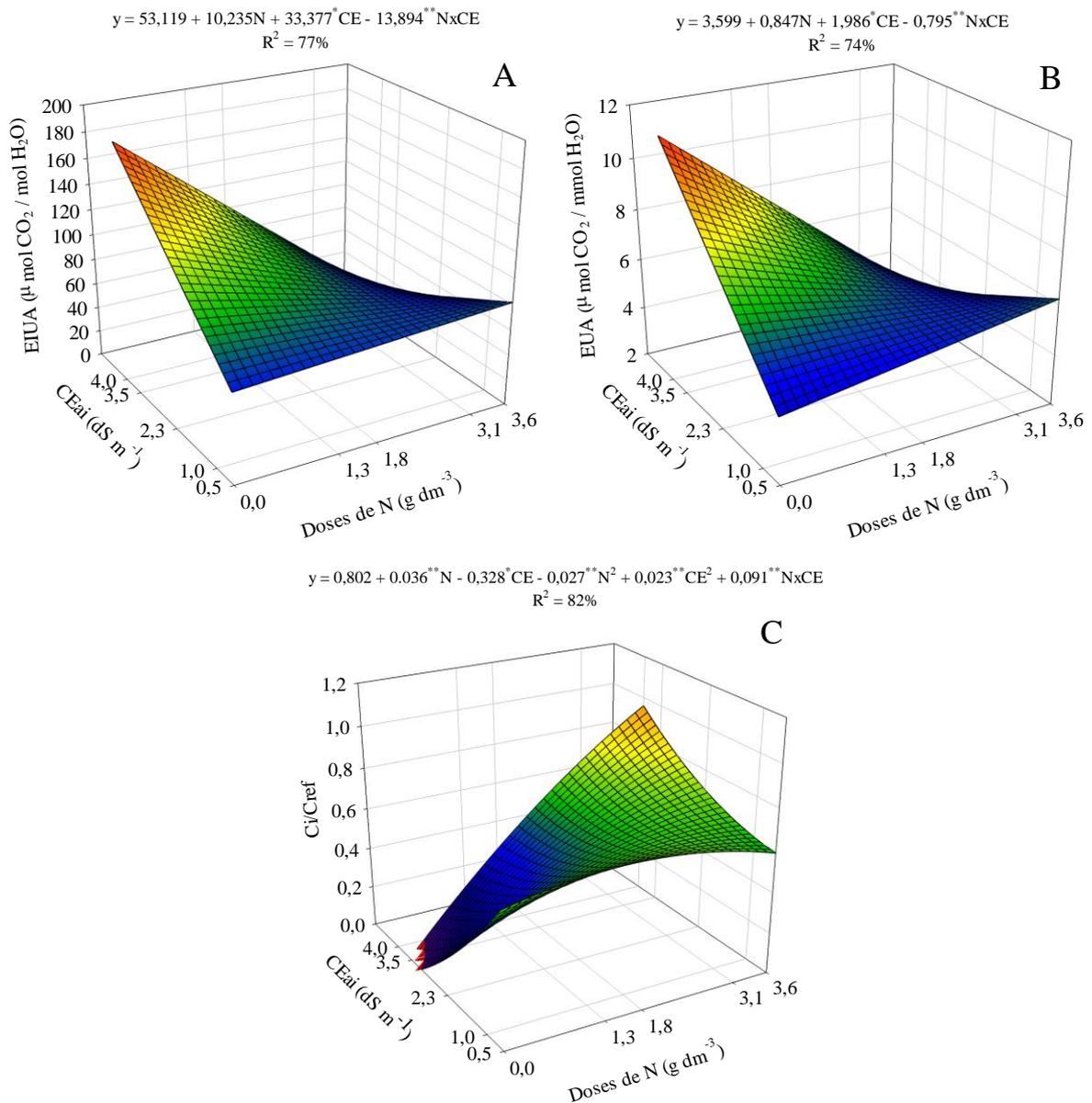
Enquanto que na ausência de adubação com N, em meio salino as eficiências foram maximizadas. Assim, em resposta ao estresse salino as mudas de mamoeiro reduziram a abertura estomática limitando a entrada de CO₂ atmosférico; no entanto, o efeito da salinidade causou maior reduções na transpiração do que na fotossíntese líquida resultando em maior EUA. Mecanismo semelhante ocorreu com EIUA, cuja diminuição da condutância estomática foi superior à causada na fotossíntese líquida, resultando em valores elevados de EIUA (OLIVEIRA et al., 2017).

Para relação carbono interno/ externo (Figura 3C) nota-se aumento do CO₂ interno com relação ao aumento da CEai em função do aumento das doses de N. Em contrapartida há redução desta variável na ausência de adubação nitrogenada em função da elevação da CEai. O valor máximo obtido para Ci/Cref foi de (0,96), correspondente a combinação de 3,6 g dm⁻³ de N e 4 dS m⁻¹ de CEai.

Através da análise da razão *Ci/Cref* é possível inferir se está ocorrendo limitação difusional ou bioquímica (GUERRA et al., 2017). Considerando-se que a concentração de CO₂ externa (*Cref*) mantenha-se constante, o aumento na relação *Ci/Cref* deve-se apenas às variações na concentração interna (*Ci*) (TATAGIBA et al., 2014). E esse aumento pode indicar maior quantidade de C na folha (ZHOU e HAN, 2005). Além de constatar a eficiência ou ineficiência nas reações de fixação de carbono, que quanto mais próximo de 1 essa razão, menos eficiente o processo, em razão de problemas na maquinaria fotossintética (DE MOURA GUERRA et al., 2017). Dessa forma podemos inferir que valores elevados *Ci/Cref* podem estar relacionados altas concentrações salinas e doses crescentes de N que levaram a apresentar uma razão de 0,96, indicando menor eficiência na fixação de carbono, ou seja, as plantas não estão aptas a consumir o CO₂ presente na câmara subestomática.

Por outro lado, valores reduzidos de *Ci/Cref* foram encontrados na ausência de adubação nitrogenada sob estresse salino. Essa redução pode indicar que a cultivar manteve a eficiência

do seu aparato bioquímico a fim de evitar a redução de sua assimilação de carbono. Em plantas C3, como o mamoeiro, a relação entre a concentração interna e externa de dióxido de carbono deve estar entre 0,6 e 0,8 (BERRY E BOWNTON, 1982); valores decrescentes são refletidos em um aumento da limitação estomática. Nas condições do presente experimento, essa relação foi inferior, resultando na diminuição da condutância e fotossíntese, no entanto a concentração interna de CO₂ estava acima do ponto de compensação (50 e 100 $\mu\text{mol mol}^{-1}$) para plantas C3 (TAIZ, ZEIGER, MØLLER, e MURPHY, 2017).

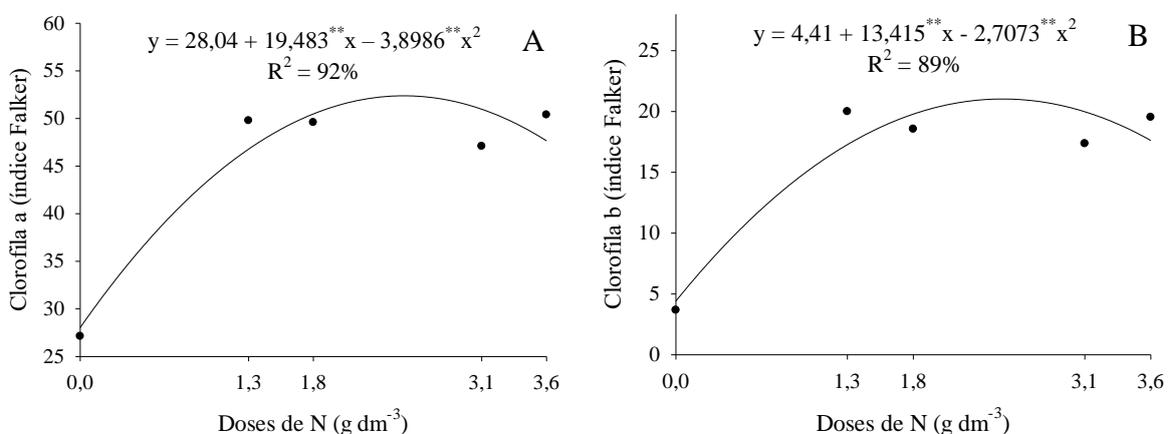


*, **: Significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Figura 3 - Eficiência intrínseca do uso da água (*EIUA*) (A), eficiência instantânea do uso da água (*EUA*) (B) e relação carbono interno/externo (*Ci/Cref*) (C) de mudas de mamão Formosa em função da condutividade elétrica da água de irrigação (*CEai*) e doses de nitrogênio (*N*).

Para os índices de clorofila *a* (Figura 4A) e *b* (Figura 4B) a adubação nitrogenada

contribuiu positivamente para doses de 2,50 e 2,48 g dm⁻³ de N com valores estimados de 52 e 21, respectivamente, sendo observado um decréscimo para doses superiores. O que também foi observado por De Fatima et al. (2021) ao avaliarem atividade da fluorescência e os índices de clorofila obtiveram respostas positivas à adubação foliar nitrogenada em mudas de pinha. A alta correlação entre o teor de N e a clorofila nas folhas das plantas evidencia, que o nitrogênio é um elemento essencial na estrutura da molécula de clorofila e constituinte de aminoácidos (PEREIRA et al., 2022), uma vez que, os centros de reação fotossintética concentra cerca de 75% de todo o nitrogênio foliar (EVANS e CLARKE., 2019).



** : Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Figura 4 - Índices foliares de clorofila *a* (A) e *b* (B) em função de doses de nitrogênio (N) em mudas de mamoeiro Formosa.

Porém, não houve ajuste na equação de regressão para clorofila *a*, e *b* em função da CEai com médias de 45,61 e 15,92, respectivamente.

O aumento das doses de N proporcionou melhores índices de fluorescência variável (Fv) (Figura 5A), na presença dos maiores valores de CEai, reduzindo os efeitos deletérios causados pela salinidade excessiva. Todavia, para águas de menor CEai as doses elevadas de N causam decréscimo da Fv. O maior valor estimado de Fv (896,1 elétrons quantum⁻¹) corresponde à combinação de 3,4 g dm⁻³ de N e 4 dS m⁻¹ de CEai. Tal comportamento também foi observado quando incrementaram doses de N e K, em mudas de maracujá onde a fluorescência variável aumentou cerca de 27,9% (NÓBREGA et al., 2021).

Esse aumento na Fv têm sido associado com o potencial de excitação do moléculas de clorofila *a* do fotossistema II, resultando em maior a capacidade da planta em transferir a energia dos elétrons das moléculas dos pigmentos para a formação da síntese de ATP e NADPH para a fase de assimilação de carbono na fase bioquímica da fotossíntese (DE LIMA et al., 2019). Além, da resposta das plantas a adubação, evidenciando a importância do N na nutrição das

plantas sob estresse salino, tendo em vista que eleva a capacidade de ajustamento osmótico e manutenção da capacidade fotossintética (TAIZ et al., 2017).

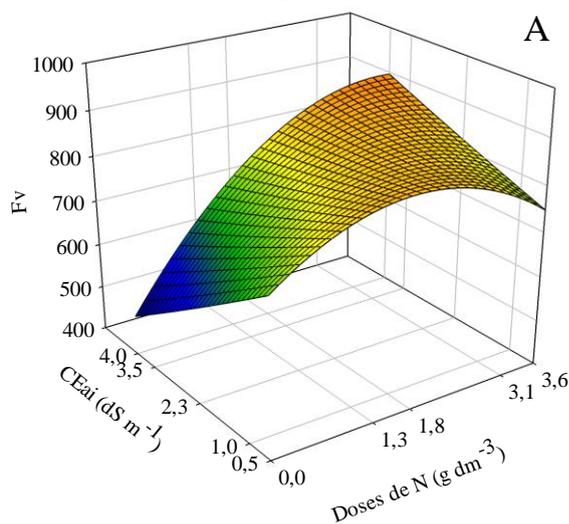
As relações Fv/Fm (Figura 5B) e Fv/F0 (Figura 5C) diminuíram linearmente com o aumento da CEai na ausência de N, enquanto que na maior concentração de N aumentaram, evidenciando a interação positiva entre os dois fatores. Melhores índices de fluorescência em mudas de maracujazeiro foi alcançado quando aumentaram as doses de N (NÓBREGA et al., 2021).

O maior valor estimado de Fv/Fm (0,83 elétrons quantum⁻¹) corresponde à combinação de 3,6 g dm⁻³ de N e 4 dS m⁻¹ de CEai. Considera-se que o aparelho fotossintético se encontra intacto, quando valores variam entre 0,75 e 0,85 elétrons quantum⁻¹ (REIS e CAMPOSTRINI, 2011). Os resultados obtidos estão dentro dos parâmetros indicando que a planta está apta a superar estresses, impedindo danos fotoinibitórios nos fotossistemas, resultante das doses de N. Os valores observados ressaltam que a maior disponibilidade de nutrientes para a planta proporciona aumento da eficiência fotoquímica. Nesse caso, a adubação impede que ocorra a fotoinibição que é a perda de energia induzida pela luz (TANAKA et al., 2014).

O maior valor estimado de Fv/F0 (4,6 elétrons quantum⁻¹) corresponde à combinação de 3,5 g dm⁻³ de N e 4 dS m⁻¹ de CEai. Visto que as médias dentro da faixa normal se situam entre 4 e 6 elétrons quantum⁻¹ (SILVA et al., 2015). Nesse aspecto, os níveis de salinidade foram insuficientes para promover injúrias ao PSII, tendo por referência a relação Fv/F0, sinalizando que o aparato fotossintético continuou intacto, ou seja, não apresentou danos por fotoinibição no centro de reação do fotossistema II (CASSANA et al., 2008). As atividades da fluorescência apresentaram respostas positivas à adubação nitrogenada foliar em mudas de pinha (DE FATIMA et al., 2022).

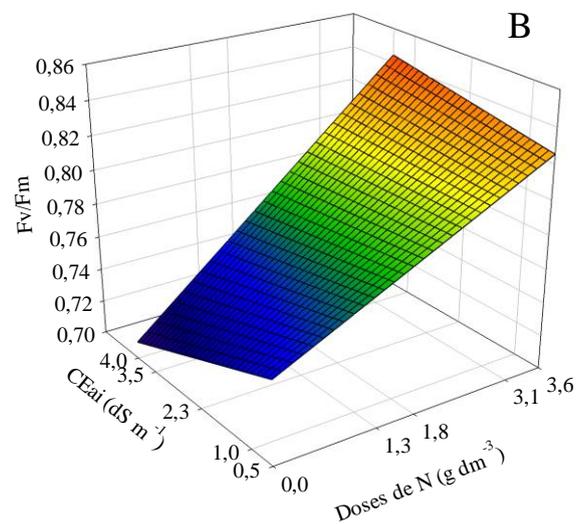
$$y = 781,791 + 109,486^{**}N - 76,869CE - 34,534^{*}N^2 + 0,889^{*}CE^2 + 31,991^{**}NxCE$$

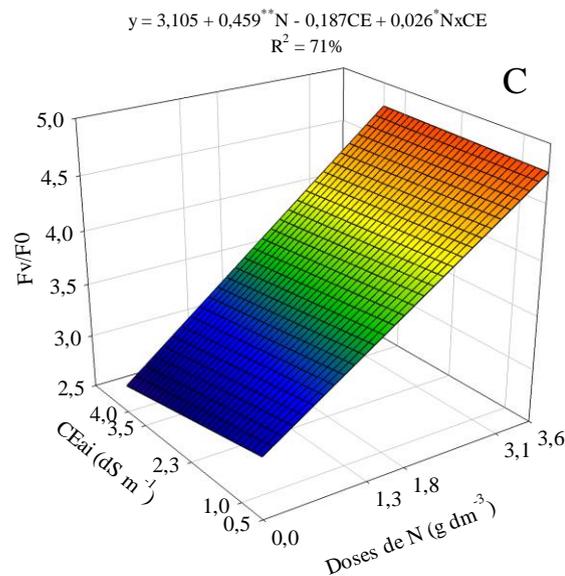
$$R^2 = 85\%$$



$$y = 0,755 + 0,019^{**}N - 0,011CE + 0,005^{**}NxCE$$

$$R^2 = 65\%$$





*,**,: Significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

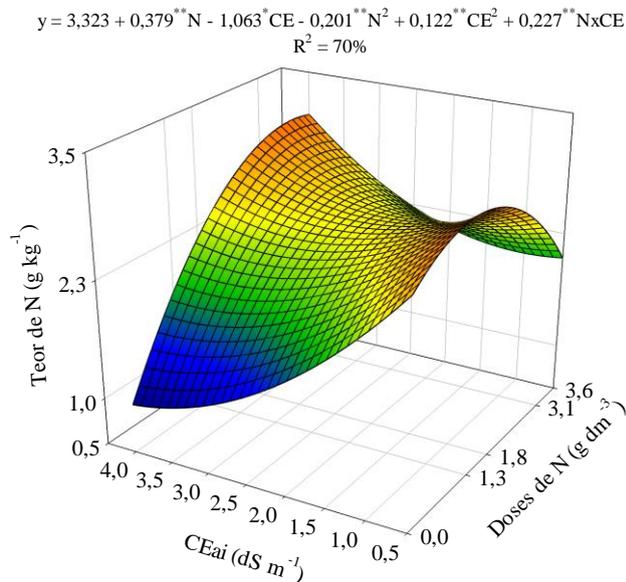
Figura 5 - Fluorescência variável (Fv) (A), eficiência quântica do fotossistema II (Fv/Fm) (B) e relação entre processos fotoquímicos e não fotoquímicos (Fv/F0) (C) em função condutividade elétrica da água de irrigação (CEai) e doses de nitrogênio (N) em mudas de mamoeiro Formosa.

Na ausência de adubação nitrogenada percebeu-se que o aumento da CEai reduziu o teor de nitrogênio a aproximadamente 50% do valor inicial. No entanto, a dose máxima de N contribuiu para o acréscimo no teor foliar de N em função do maior valor de CEai. Já para o menor valor de CEai, observa-se que o aumento nas doses de N, diminuem o teor de N. O maior teor estimado é $3,1 \text{ g kg}^{-1}$ de N que correspondem as combinações de 4 dS m^{-1} de CEai e $3,2 \text{ g dm}^{-3}$ de N.

Em resposta a elevadas doses de N e altas concentrações salinas, as plantas apresentaram aumento na condutância estomática e transpiração, aumentando assim o fluxo de água no sistema e mobilidade do nitrogênio para parte aérea. Na solução do solo, este elemento encontra-se disponível para a planta nas formas NO_3^- e NH_4^+ . Ao serem absorvidos pelas raízes, podem ser estocados nesses tecidos, assimilados em aminoácidos e/ou translocados para a parte aérea onde serão assimilados ou acumulados (BLOOM, 2015).

A maior absorção de N pelos tecidos foliares das mudas de mamoeiro sob condições de salinidade, possivelmente seja atribuída ao maior acúmulo de compostos nitrogenados, os quais associados ao nitrato (NO_3^-) em excesso nos vacúolos baixam o potencial osmótico da planta, contribuindo diretamente para o ajustamento osmótico e inibindo uma maior absorção de cloreto (Cl^-) e sódio (Na^+) pela planta (LIMA et al., 2016). Outro processo que possa ter acontecido é que as condições de fertilidade do solo e/ou da adubação disponibilizada às plantas, refletiram em maior teor de nutriente presente na folha (NOBRE et al., 2013).

Contudo, a interação salinidade e nitrogênio é complexa, sendo dependente do grau e duração do estresse salino, da espécie de planta, do estágio de crescimento da planta, da quantidade, tipo e forma de N na rizosfera (TEH et al., 2016). Além de apresentarem diferenças em experimentos de campo, de casa de vegetação, tipo de solo, usando mistura de sais ou simples e estudos de longo ou curto prazo (ASHRAF et al., 2018).



*, **: Significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Figura 6 - Teor de nitrogênio em função da condutividade elétrica da água de irrigação (CEai) e doses de nitrogênio (N) em mudas de mamoeiro Formosa.

4 CONCLUSÕES

A concentração intracelular de CO₂, relação carbono interno/externo, transpiração e condutância estomática apresentaram pontos máximos na dose de 3,6 g dm⁻³ de N, condutividade elétrica da água de irrigação de 4 dS m⁻¹, indicando que as doses de N amenizaram os efeitos causado pela salinidade. No entanto, menor eficiência no uso da água foi observada.

Sem adubação nitrogenada, a taxa fotossintética aumentou até a CEai de 1 dS m⁻¹, mas com aplicação de 2,9 g dm⁻³ de N o limite da CEai se eleva para 3,1 dS m⁻¹.

O aparato fotossintético não foi danificado em meio salino sob adubação nitrogenada.

A dose de 3,2 g dm⁻³ N contribuiu para aumento do teor de N foliar nos maior valores de CEai.

REFERÊNCIAS

- ASHRAF, M.; SHAHZAD, S. M.; IMTIAZ, M.; RIZWAN, M. S. Salinity effects on nitrogen metabolism in plants—focusing on the activities of nitrogen metabolizing enzymes: A review. **Journal of Plant Nutrition**, v. 41, n. 8, p. 1065-1081, 2018.
- BERRY, J. A.; DOWNTON, W. J. S. Environmental regulation of photosynthesis. **Photosynthesis**, v. 2, p. 263-343, 1982.
- BEZERRA, I. L.; GHEYI, H. R.; NOBRE, R. G.; DE LIMA, G. S.; DE LACERDA, C. F.; LIMA, B. G. F.; BONIFÁCIO, B. F. Water salinity and nitrogen fertilization in the production and quality of guava fruits. **Bioscience Journal**, v. 35, n. 3, p. 837-848, 2019.
- BEZERRA, I. L.; GHEYI, H. R.; NOBRE, R. G.; LIMA, G. S. D.; SANTOS, J. B. D.; FERNANDES, P. D. Interaction between soil salinity and nitrogen on growth and gaseous exchanges in guava. **Revista Ambiente & Água**, v. 13, p. e2130, 2018.
- BLOOM, A. J. Photorespiration and nitrate assimilation: a major intersection between plant carbon and nitrogen. **Photosynthesis research**, v. 123, p. 117-128, 2015.
- BRAZ, R. D. S.; LACERDA, C. F. D.; ASSIS, R. N. D.; FERREIRA, J. F. D. S.; OLIVEIRA, A. C. D.; RIBEIRO, A. D. A. Growth and physiology of maize under water salinity and nitrogen fertilization in two soils. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 23, p. 907-913, 2019.
- BRITO, M. E. B.; SÁ, F. V. S.; SOARES FILHO, W. S.; SILVA, L. A.; FERNANDES, P. D. Gas exchange and fluorescence of citrus rootstocks varieties under saline stress. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 38, n. 2: P. 1-8, 2016.
- CASSANA, F. F.; BRAGA, E. J. B.; BACARIN, M. A.; FALQUETO, A. R.; PETERS, J. A. Atividade fotoquímica máxima do fotossistema II em plantas de batata-doce cultivadas in vitro e aclimatizadas. **Current Agricultural Science and Technology**, v. 14, n. 4, 2008.
- CERQUEIRA, G., SANTOS, M.C., MARCHIORI, P. E. R.; SILVEIRA, N. M.; MACHADO, E. C.; RIBEIRO, R. V. O suprimento de nitrogênio foliar melhora a fotossíntese da cana-de-açúcar em baixas temperaturas. **Photosynthetica**, v. 57, n. 1, 2019.
- DA SILVA, S. S.; DE LIMA, G. S.; DE LIMA, V. L. A.; GHEYI, H. R.; DOS ANJOS SOARES, L. A.; MELO, J. P. Production and quality of watermelon fruits under salinity, **Semina: Ciências Agrárias, Londrina**, v. 41, n. 6 suplemento 2, p. 2923-2936, 2020.
- DE FATIMA, R. T.; NÓBREGA, J. S.; FERREIRA, J. T. A.; CELEDÔNIO, W. F.; FIGUEIREDO, F. R. A.; DA SILVA RIBEIRO, J. E.; PEREIRA, W. E. Physiological responses in sugar apple seedlings under irrigation with saline water and foliar nitrogen. **Brazilian Journal of Agricultural Sciences/Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 17, n. 2, 2022.
- DE FRANÇA CARDOZO, Leomara Vieira; NETO, Moisés Vieira Pinhão. Fibra de coco na composição de substrato para produção de mudas de mamoeiro. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 11, n. 1, p. 246-251, 2021.

- DE LIMA, G. S.; DIAS, A. S.; SOARES, L. A. D. A.; GHEYI, H. R.; NOBRE, R. G.; DA SILVA, A. A. R. Eficiência fotoquímica, partição de fotoassimilados e produção do algodoeiro sob estresse salino e adubação nitrogenada. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 42, n. 1, p. 214-225, 2019.
- DE LIMA, G. S.; GHEYI, H. R.; NOBRE, R. G.; DOS ANJOS SOARES, L. A.; XAVIER, D. A.; DOS SANTOS JUNIOR, J. A. Water relations and gas exchange in castor bean irrigated with saline water of distinct cationic nature. **African Journal of Agricultural Research**, 10: 1581-1594, 2015.
- DE LIMA-NETO, A. J.; CAVALCANTE, L. F.; MESQUITA, F. D. O.; SOUTO, A. G. D. L.; DOS SANTOS, G. P.; DOS SANTOS, J. Z.; DE MESQUITA, E. F. Papaya seedlings irrigation with saline water in soil with bovine biofertilizer. **Chilean journal of agricultural research**, v. 76, n. 2, p. 236-242, 2016.
- DE MOURA GUERRA, A. M. N.; FERREIRA, J. B. A.; VIEIRA, T. S.; FRANCO, J. R. Desempenho agrônomo e atividade fotossintética de rabanetes nas condições amazônicas. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 7, n. 3, 2017.
- DIAS, T. J.; DA SILVA LEAL, M. P.; DO NASCIMENTO, E. S., VÉRAS, M. L. M.; DA SILVA, T. I.; e LOPES, A. S.. Morphological and physiological changes in papaya seedlings irrigated with saline water and application of humic substances. **Comunicata Scientiae**, v. 11, p. e3290-e3290, 2020.
- ESTRELLA-MALDONADO, H.; RAMÍREZ, A. G.; ORTIZ, G. F.; PERAZA-ECHEVERRIA, S.; MARTINEZ-DE LA VEGA, O.; GONGORA-CASTILLO, E.; SANTAMARIA, J. M. Transcriptomic analysis reveals key transcription factors associated to drought tolerance in a wild papaya (*Carica papaya*) genotype. **Plos one**, v. 16, n. 1, p. e0245855, 2021.
- EVANS, J. R.; CLARKE, V. C. The nitrogen cost of photosynthesis. **Journal of Experimental Botany**, v. 70, n. 1, p. 7-15, 2019.
- FAOSTAT - Food and Agriculture Organization of the United Nations (2021). Crops: 2019. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/>.
- FERRAZ, R. L. de S.; MELO, A. S. de; SUASSUNA, J. F.; BRITO, M. E. B. de; FERNANDES, P. D.; NUNES JÚNIOR, E. da S. Trocas gasosas e eficiência fotossintética em ecótipos de feijoeiro cultivados no semiárido. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.42, n.2, p. 181-188, 2012.
- FIGUEIREDO, F. R. A.; NÓBREGA, J. S.; FÁTIMA, R. D.; FERREIRA, J. T. A., PEREIRA, M. B.; LOPES, M. D. F. D. Q.; ALBUQUERQUE, M. D. Morphophysiology of yellow passion fruit seedlings under application of nitrogen and potassium and irrigation with high salinity water. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 41, p. 1897-1908, 2020.
- FIGUEIREDO, L. F.; JÚNIOR, S. D. O. M.; FERRAZ, R. L. D. S.; DUTRA, A. F.; BEZERRA, J. D.; MELO, A. S. D. Crescimento e partição de massa seca em mudas de mamoeiro sob estresse salino. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 12, n. 6, p.

2984-2990, 2018.

FREIRE, J. L. D. O.; DIAS, T. J.; CAVALCANTE, L. F.; FERNANDES, P. D.; LIMA NETO, A. J. D.. Rendimento quântico e trocas gasosas em maracujazeiro amarelo sob salinidade hídrica, biofertilização e cobertura morta. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, p. 82-91, 2014.

GUERRA, A. M. N. D. M.; COSTA, A. C. M.; TAVARES, P. R. D. F. Atividade fotossintética e produtividade de alface cultivada sob sombreamento. **Revista Agropecuária Técnica**, v. 38, n. 3, p. 125-132, 2017.

HUSSAIN, S.; LURO, F.; COSTANTINO, G.; OLLITRAULT, P.; MORILLON, R. Physiological analysis of salt stress behaviour of citrus species and genera: low chloride accumulation as an indicator of salt tolerance. **South African Journal of Botany**, v. 81, p. 103-112, 2012.

IBRAHIM, M. E. H.; ZHU, X.; ZHOU, G.; ALI, A. Y. A.; AHMAD, I.; FARAH, G. A. Nitrogen fertilizer alleviated negative impacts of NaCl on some physiological parameters of wheat. **Pakistan Journal of Botany**, v.50, n.6, p.2097-2104, 2018.

KONRAD, M. L. F.; SILVA, J. A. B. D.; FURLANI, P. R.; MACHADO, E. C. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em seis cultivares de cafeeiro sob estresse de alumínio. **Bragantia**, v. 64, p. 339-347, 2005.

LIMA, G. S. L.; GHEYI, H. R.; LUAN, D. O.; LAURIANE, A. A. S. Cultivation of colored cotton irrigated with saline water under potassium and nitrate/ammonium fertilization. **African Journal of Agricultural**, Abuja, v. 11, n. 1, p. 32-39, 2016.

NOBRE, R. G.; SOARES, L. A. D. A.; GHEYI, H. R.; DE LIMA, G. S.; LOURENCO, G. D. S.; SOARES, S. D. S. Accumulation of NPK and sodium in castor bean under saline stress and nitrogen fertilization/Acumulo de NPK e sódio na mamoneira sob estresse salino e adubacao nitrogenada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 10, p. 1066-1074, 2013.

NÓBREGA, J. S.; DE QUEIROZ LOPES, M. D. F.; DE FÁTIMA, R. T.; FERREIRA, J. T. A.; FIGUEIREDO, F. R. A.; PEREIRA, M. B.; PEREIRA, W. E. Crescimento e Eficiência Fotoquímica em Mudanças de Maracujazeiro Submetidas em Níveis de Salinidade e Adubação Foliar. **Ensaios e Ciência C Biológicas Agrárias e da Saúde**, v. 25, n. 5-esp., p. 570-577, 2021.

OLIVEIRA, W. J. D.; SOUZA, E. R. D.; CUNHA, J. C.; SILVA, Ê. F. D. F.; VELOSO, V. D. L. Leaf gas exchange in cowpea and CO₂ efflux in soil irrigated with saline water. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 21, p. 32-37, 2017.

PAIXÃO, M. V. S.; FRANÇA, A. D.; CREMONINI, G. M.; NETO, B. C.; FERNANDES, A. R. Fertilizante orgânico na emergência e desenvolvimento de plântulas de mamoeiro cv. Golden. **Revista Foco**, v. 16, n. 02, p. e1208-e1208, 2023.

PAULILO, M. T. S.; VIANA, A. M.; RANDI, Á. M. **Fisiologia vegetal**. CED/LANTEC/UFSC, 2010.

PEREIRA, M. B.; SILVA NÓBREGA, J.; FÁTIMA, R. T. D.; FERREIRA, A.; TELVIO, J.; ANDRADE FIGUEIREDO, F. R.; PEREIRA, W. E. Growth and photosynthetic pigments of passion fruit (*Passiflora edulis*) seedlings under foliar fertilization with nitrogen and irrigated with saline water. *Dyna*, v. 89, n. 224, p. 58-65, 2022.

PINHEIRO, F. W. A., NOBRE, R. G., SOUZA, L. D. P., DE OLIVEIRA, S. G., ARAÚJO, J. E. S., VELOSO, L. D. S. Irrigation with saline water and nitrogen in seedlings papaya production" Formosa". **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 12, n. 1, p. 17-22, 2017.

R CORE TEAM (2022). **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

REIS, F. O.; CAMPOSTRINI, E. Microaspersão de água sobre a copa: um estudo relacionado às trocas gasosas e à eficiência fotoquímica em plantas de mamoeiro. **Revista brasileira de agrociencia**, v. 17, n. 3, p. 284-295, 2011.

RIBEIRO, R. V. **Variação sazonal da fotossíntese e relações hídricas de laranja "Valência"**. Piracicaba, 2006. 157f. Tese (Doutorado em Agronomia / Física do Ambiente Agrícola) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

SIGNORE, A.; SERIO, F.; SANTAMARIA, P. A targeted management of the nutrient solution in a soilless tomato crop according to plant needs. **Frontiers in Plant Science**, v. 7, p. 391, 2016.

SILVA, F. G. D.; DUTRA, W. F.; DUTRA, A. F.; OLIVEIRA, I. M. D.; FILGUEIRAS, L.; MELO, A. S. D. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em plantas de berinjela sob lâminas de irrigação. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, v. 19, p. 946-952, 2015.

SOUSA, J. R.; GHEYI, H. R.; BRITO, M. E. B.; XAVIER, D. A.; FURTADO, G. D. F. Impact of saline conditions and nitrogen fertilization on citrus production and gas exchanges. **Revista Caatinga**, v. 29, p. 415-424, 2016.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Artmed Editora, 2017.

TANAKA, Y.; KUMAGAI, E.; TAZOE, Y.; ADACHI, S.; HOMMA, K. Leaf photosynthesis and its genetic improvement from the perspective of energy flow and CO₂ diffusion. **Plant Production Science**, v. 17, n. 2, p. 111-123, 2014.

TARGINO, V. A.; LOPES, A. S.; SOUSA, V. F. D. O.; HENSCHER, J. M.; DA SILVA, J. H.; RODRIGUES, L. S.; DIAS, T. J. Growth and physiology of 'Sunrise' papaya seedlings in response to salinity and humic acid. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 27, p. 352-358, 2023.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H., VOLKWEISS, S. J. Análise de solo, plantas e outros materiais. Porto Alegre: UFRGS, Departamento de Solos,

1995. 174p. **Boletim técnico**, v. 5, 1995.

TEH, C. Y.; SHAHARUDDIN, N. A.; HO, C. L.; MAHMOOD, M. Exogenous proline significantly affects the plant growth and nitrogen assimilation enzymes activities in rice (*Oryza sativa*) under salt stress. **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 38, p. 1-10, 2016.

WANDERLEY, J. A. C.; BRITO, M. E. B.; AZEVEDO, C. A. V. D.; SILVA, F. D. C.; FERREIRA, F. N.; LIMA, R. F. D. Cell damage and biomass of yellow passion fruit under water salinity and nitrogen fertilization. **Revista Caatinga**, v. 33, p. 757-765, 2020.

WANDERLEY, J. A.; DE AZEVEDO, C. A.; BRITO, M. E.; FERREIRA, F. N.; CORDÃO, M. A.; LIMA, R. F.D. Gas exchange in yellow passion fruit under irrigation water salinity and nitrogen fertilization. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 26, p. 135-141, 2022.

ZHOU, Y. M.; HAN, S. J. Photosynthetic response and stomatal behaviour of *Pinus koraiensis* during the fourth year of exposure to elevated CO₂ concentration. **Photosynthetica**, v. 43, n. 3, p. 445-449, 2005.