



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



DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**MÉTODOS DE APLICAÇÃO DE H₂O₂ COMO ATENUANTES DO
ESTRESSE SALINO NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE
GRAVIOLEIRA**

JESSICA DAYANNE CAPITULINO

Campina Grande - PB

Fevereiro -2020

JESSICA DAYANNE CAPITULINO

Engenheira Agrícola

**MÉTODOS DE APLICAÇÃO DE H₂O₂ COMO ATENUANTES DO
ESTRESSE SALINO NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE
GRAVIOLEIRA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande, como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola. Área de Concentração: Irrigação e Drenagem

ORIENTADORES: Profº Dr. Carlos Alberto Vieira de Azevedo

Profº Dr. Geovani Soares de Lima

Campina Grande – PB

Fevereiro-2020



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



PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

JESSICA DAYANNE CAPITULINO

**MÉTODOS DE APLICAÇÃO DE H₂O₂ COMO ATENUANTES DO ESTRESSE
SALINO NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE GRAVIOLEIRA**

APROVADO (A): 17 de fevereiro de 2020

BANCA EXAMINADORA

**Dr. Carlos Alberto Vieira de Azevedo
Orientador – UAEA/CTRN/UFCG**

**Dr. Geovani Soares Lima
Orientador – UAGRA/CCTA/UFCG**

**Dra. Lauriane Almeida dos Anjos Soares
Examinadora – UAGRA/CCTA/UFCG**

**Dra. Vera Lúcia Antunes de Lima
Examinadora – UAEA/CTRN/UFCG**

**Dra. Maria Sallydelândia Sobral de Farias
Examinadora - UAEA/CTRN/UFCG**

Campina Grande - PB

Fevereiro-2020

AGRADECIMENTOS

Ao meu pai e Deus, Jeová, por todo amor e paciência.

A Universidade Federal de Campina Grande, em especial à Coordenação de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, pela oportunidade da realização deste curso.

Ao Prof. Dr. Carlos Alberto Vieira de Azevedo, pela orientação, estímulo, paciência e confiança, durante a realização deste curso e por se fazer presente na minha formação intelectual desde a graduação.

Ao Prof. Dr. Geovani Soares de Lima, pela amizade, compreensão, por todos os ensinamentos transmitidos e por se fazer presente na minha formação intelectual.

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

Aos amigos André e Luana pelo apoio e dedicação na condução do trabalho.

Aos meus familiares e irmãos na fé pelo carinho e compreensão, e a todos que contribuíram de forma direta ou indiretamente para realização desta conquista.

*Dedico a Jeová Deus pelo Seu Infinito amor e paciência
A minha mãe e padrasto, Aparecida e Alexsandro;
e a minha amiga de toda vida, Vanda.*

DEDICO

SUMÁRIO

CAPÍTULO I - Introdução geral e revisão de literatura

1. INTRODUÇÃO GERAL	155
2. OBJETIVOS	16
2.1. Objetivo geral.....	16
2.2. Objetivos específicos.....	16
3. REVISÃO DE LITERATURA	17
3.1. Aspectos gerais da gravioleira.....	17
3.2. Qualidade da água para irrigação.....	18
3.3. Efeito dos sais nas plantas.....	20
3.3.1. Efeito Osmótico.....	21
3.3.2. Efeito Tóxico.....	22
3.3.3. Efeito nutricional.....	22
3.4. Peróxido de hidrogênio como atenuante do estresse salino	23
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	25

CAPÍTULO II - Trocas gasosas e crescimento de gravioleira sob estresse salino e métodos de aplicação de H₂O₂

RESUMO:	33
ABSTRACT:	33
1. INTRODUÇÃO	34
2. MATERIAL E MÉTODOS	35
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
4. CONCLUSÕES	48
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48

CAPÍTULO III- Pigmentos fotossintéticos e eficiência fotoquímica de gravioleira sob estresse salino e métodos de aplicação de H₂O₂

RESUMO:	53
ABSTRACT:	53
1. INTRODUÇÃO	54
2. MATERIAL E MÉTODOS	55
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	58
4. CONCLUSÕES	65
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	66

CAPÍTULO IV - Tolerância ao estresse salino de mudas de gravioleira sob diferentes métodos de aplicação de H₂O₂

RESUMO:	70
ABSTRAT:	70
1. INTRODUÇÃO	71
2. MATERIAL E MÉTODOS	72
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	76
4. CONCLUSÕES	83
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	84

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO II		Pág.
Tabela 1.	Atributos químicos e físico-hídricos do solo utilizado no experimento, antes da aplicação dos tratamentos.....	36
Tabela 2.	Resumo da análise de variância referente à condutância estomática (<i>gs</i>), transpiração (<i>E</i>), taxa de assimilação de CO ₂ (<i>A</i>), concentração interna de CO ₂ (<i>C_i</i>), eficiência instantânea da carboxilação (<i>EiCi</i>) e a eficiência instantânea no uso da água (<i>EiUA</i>) das plantas de gravioleira cv. Morada Nova irrigadas com águas salinas e submetidas a diferentes métodos de aplicação de peróxido de hidrogênio aos 145 dias após a semeadura	37
Tabela 3.	Resumo da análise de variância referente à altura de planta (<i>AP</i>), diâmetro de caule (<i>DC</i>), área foliar (<i>AF</i>) e número de folhas (<i>NF</i>) das plantas de gravioleira cv. Morada Nova irrigadas com águas salinas e submetidas a diferentes métodos de aplicação de peróxido de hidrogênio aos 85 e 145 dias após a semeadura.....	43
CAPÍTULO III		
Tabela 1.	Atributos químicos e físico-hídricos do solo utilizado no experimento, antes da aplicação dos tratamentos.....	56
Tabela 2.	Resumo da análise de variância para clorofila a (<i>Cl_a</i>), clorofila b (<i>Cl_b</i>), clorofila total (<i>Cl_{total}</i>) e carotenóides (<i>Car</i>) das plantas de gravioleira cv. Morada Nova irrigadas com águas salinas sob métodos de aplicação de peróxido de hidrogênio (H ₂ O ₂) aos 145 dias após a semeadura	59
Tabela 3.	Resumo da análise de variância para Fluorescência inicial (<i>F_o</i>), fluorescência máxima (<i>F_m</i>), fluorescência variável (<i>F_v</i>) e eficiência quântica do fotossistema II (<i>F_v/F_m</i>) da gravioleira irrigada com águas salinas e métodos de aplicação de peróxido de hidrogênio (H ₂ O ₂), aos 145 dias após a semeadura.....	63
CAPÍTULO IV		
Tabela 1.	Atributos químicos e físico-hídricos do solo utilizado no experimento, antes da aplicação dos tratamentos.....	73
Tabela 2.	Resumo da análise de variância referente à fitomassa fresca da folha (<i>FFF</i>), fitomassa fresca do caule (<i>FFC</i>), fitomassa fresca da parte aérea (<i>FFPA</i>), fitomassa seca das folhas (<i>FSF</i>), fitomassa seca do caule (<i>FSC</i>), da raiz (<i>FSR</i>) e total (<i>FST</i>) das mudas de gravioleira irrigadas com águas salinas e submetidas a diferentes métodos de aplicação de peróxido de	76

hidrogênio, aos 145 dias após o semeio.....

Tabela 3.	Resumo da análise de variância referente a suculência foliar (SUC), área foliar específica (AFE), razão da área foliar (RAF) e índice de qualidade Dickson (IQD) das mudas de gravioleira irrigadas com águas salinas e submetidas a diferentes métodos de aplicação de peróxido de hidrogênio, aos 145 dias após a semeadura.....	81
------------------	--	----

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO II	Pág.
Figura 1. Condutância estomática - <i>gs</i> (A) e Transpiração - (<i>E</i>) (B) das plantas de gravioleira cv. Morada Nova em função da interação entre a salinidade da água - CEa e Métodos de aplicação de peróxido de hidrogênio, aos 145 dias após semeadura.....	40
Figura 2. Taxa de assimilação de CO ₂ - <i>A</i> (A) da gravioleira cv. Morada Nova, em função da interação entre a salinidade da água - CEa e métodos de aplicação de peróxido de hidrogênio e concentração interna de CO ₂ - <i>Ci</i> (B) em função dos métodos de aplicação do peróxido de hidrogênio, aos 145 dias após semeadura.....	42
Figura 3. Eficiência instantânea de carboxilação- <i>EiCi</i> (A) das plantas de gravioleira cv. Morada Nova e eficiência instantânea no uso de água - <i>EiUA</i> (B) em função dos níveis de CEa, aos 145 dias após semeadura.....	43
Figura 4. Altura de plantas da gravioleira cv. Morada Nova aos 85 dias após a semeadura (A) (DAS) em função da interação entre a salinidade da água - CEa e métodos de aplicação de peróxido de hidrogênio; Altura de plantas aos 145 DAS (B) em função dos níveis de CEa; e diâmetro de caule aos 85 (C) em função de NS x MA e aos 145 DAS (D) em função dos níveis de CEa.....	44
Figura 5. Área foliar (A e B) das plantas de gravioleira cv. Morada Nova, aos 85 e 145 dias após semeadura (DAS), e número de folhas (C) aos 85 DAS em função da interação entre a salinidade da água - CEa e métodos de aplicação de peróxido de hidrogênio; número de folhas (D) aos 145 DAS em função da dos níveis de CEa.....	46
CAPÍTULO III	
Figura 1. Clorofila a e b de plantas de gravioleira cv. Morada Nova em função da condutividade elétrica da água de irrigação - CEa (A e C) e dos métodos de aplicação do H ₂ O ₂ (B e D), aos 145 dias após a semeadura	60
Figura 2. Clorofila total e carotenoides de mudas de gravioleira cv. Morada Nova em função da condutividade elétrica da água de irrigação - CEa (A e C) e clorofila total em função dos métodos de aplicação do H ₂ O ₂ (B), aos 145 após a semeadura (DAS).....	62
Figura 3. Fluorescência inicial (<i>Fo</i>) de mudas de gravioleira cv. Morada Nova em função da condutividade elétrica da água de irrigação-CEa (A) e fluorescência máxima e variável em função dos métodos de aplicação do H ₂ O ₂ (B e C), aos 145 dias após a semeadura (DAS).....	65

CAPÍTULO IV

Figura 1.	Fitomassa fresca das folhas – FFF (A), do caule – FFC (B) e da parte aérea – FFPA (C) de mudas de gravioleira irrigadas com águas salinas – CEa e submetidas a diferentes métodos de aplicação de peróxido de hidrogênio, aos 145 dias após a semeadura.....	78
Figura 2.	Fitomassa seca das folhas – FSF (A) e do caule – FSC (B) de mudas de gravioleira em função da condutividade elétrica da água - CEa, aos 145 dias após a semeadura	79
Figura 3.	Fitomassa seca da raiz – FSR (A) e total – FST (B) de mudas de gravioleira irrigadas com águas salinas - CEa e submetidas a diferentes métodos de aplicação de peróxido de hidrogênio, aos 145 dias após a semeadura.....	80
Figura 4.	Suculência foliar - SUC (A), área foliar específica - AFE (B), razão da área foliar - RAF (C) e índice de qualidade Dickson – IQD (D) de mudas de gravioleira irrigadas com águas salinas – CEa e submetidas a diferentes métodos de aplicação de peróxido de hidrogênio, aos 145 dias após a semeadura.....	82

C244m Capitulino, Jessica Dayanne.
Métodos de aplicação de H₂O₂ como atenuantes do estresse salino na produção de mudas de gravioleira / Jessica Dayanne Capitulino. - Campina Grande, 2020.
82f. : il.

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

"Orientação: Prof. Dr. Carlos Alberto Vieira de Azevedo, Prof. Dr. Geovani Soares de Lima".

Referências.

1. Graviola - *Annona muricata* L.. 2. Águas Salinas. 3. Peróxido de Hidrogênio. I. Azevedo, Alberto Vieira de. II. Lima, Geovani Soares de. III. Título.

CDU 634.41(043)

FICHA CATALOGRAFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECARIA ITAPUANA SOARES DIAS CRB-15/93

CAPITULINO, J.D. **Métodos de aplicação de H₂O₂ como atenuantes do estresse salino na produção de mudas de gravioleira.** 2020.82p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais. Campina Grande, PB.

RESUMO

A cultura da gravioleira é de grande importância socioeconômica para o Nordeste Brasileiro. Porém nessa região, as concentrações de sais presentes nas águas somadas ao déficit hídrico durante vários meses do ano afetam o crescimento e desenvolvimento das plantas. Nesse sentido, objetivou-se com esta pesquisa avaliar o crescimento, a fisiologia e a qualidade de mudas de gravioleira sob estresse salino e diferentes métodos de aplicação de peróxido de hidrogênio, como atenuante do efeito deletério da salinidade da água de irrigação durante a fase de formação de mudas. O estudo, por sua vez, foi conduzido em casa de vegetação pertencente à unidade acadêmica de engenharia agrícola da Universidade Federal de Campina Grande, onde foi utilizando um Entisol de textura franco-arenosa, proveniente do município de Lagoa Seca, PB, durante o período de abril a setembro de 2019. Os tratamentos resultaram da combinação de cinco níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (0,6; 1,2; 1,8; 2,4 e 3,0 dS m⁻¹) e quatro métodos de aplicação de peróxido de hidrogênio (M1= sem aplicação, M2= aplicação por embebição, M3= aplicação por pulverização foliar e M4= aplicação por embebição e pulverização), no arranjo fatorial 5 x 4, os quais foram distribuídos no delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições e duas plantas por parcela, perfazendo o total de 160 plantas. O método de aplicação via pulverização foliar minimizou o efeito do estresse salino sobre as trocas gasosas. Já o método de aplicação via embebição das sementes se mostrou eficiente na atenuação do estresse salino sobre as variáveis de crescimento da gravioleira aos 85 dias após a semeadura (DAS), fitomassa fresca e seca da raiz, suculência foliar, área foliar específica, razão de área foliar, qualidade de mudas, aos 145 dias após a semeadura (DAS) e resultou em aumento nos teores de clorofila *a* e *b* e *total*, fluorescência máxima e variável das mudas de gravioleira. O uso de águas salinas com condutividade elétrica até 3,0 dS m⁻¹ permitiu a produção de mudas de qualidade, sobretudo, quando se utilizou o método de aplicação de peróxido de hidrogênio via embebição das sementes, visto que o Índice de Qualidade de Dickson foi superior ao mínimo aceitável.

Palavras-chave: *Annona muricata* L., salinidade da água, peróxido de hidrogênio

CAPITULINO, J. D. **Methods of application of H₂O₂ as attenuators of salt stress in the production of soursop seedlings.** 2020. 82p. Dissertation (Master in Agricultural Engineering). Federal University of Campina Grande.Center for Technology and Natural Resources, Campina Grande, PB.

ABSTRACT

The soursop culture represents great socioeconomic importance for the Northeast Brazilian region. However, in this region, the concentrations of salts present in the waters added to the water deficit during several months of the year, affect the growth and development of the plants. Therefore, the objective of this research was to evaluate the growth, physiology and quality of soursop seedlings under salt stress and different methods of applying hydrogen peroxide as a mitigation of the deleterious effect of irrigation water salinity during the formation phase of seedlings. The study was conducted in plastic bags under the condition of a greenhouse belonging to the academic unit of agricultural engineering at the Federal University of Campina Grande, using a sand-textured Entisol, from the municipality of Lagoa Seca, PB, during the period from April to September 2019. The treatments resulted from the combination of five levels of electrical conductivity of irrigation water (0.6, 1.2, 1.8, 2.4 and 3.0 dS m⁻¹) and four methods of application of hydrogen peroxide (M1 - without application, M2 - application by imbibition, M3 - application by foliar spraying and M4 - application by imbibition and spraying), in the 5 x 4 factorial arrangement, which were distributed in the completely randomized design, with four replications and two plants per plot, making a total of 160 plants. The application method via leaf spraying minimizes the effect of salt stress on gas exchange. The method of application via seed soaking was efficient in attenuating salt stress on the variables of soursop growth at 85 days after sowing (DAS), fresh and dry root phytomass, leaf succulence, specific leaf area, leaf area and seedling quality at 145 days after sowing (DAS) and resulted in increased levels of total and total chlorophyll and maximum and variable fluorescence of soursop seedlings. The use of saline waters, with electrical conductivity up to 3.0 dS m⁻¹ allowed the production of quality seedlings, especially when using a hydrogen peroxide application method via seed soaking, since the Dickson Quality Index was higher than the minimum acceptable.

KEY WORDS: *Annona muricata* L., water salinity, hydrogen peroxide

1. INTRODUÇÃO GERAL

A Produção de frutíferas tropicais é um dos segmentos da economia brasileira que mais tem se destacado nos últimos anos e continua em plena evolução, tanto na produção de frutas *in natura* como na industrialização de sucos e néctar. O Brasil se apresenta como o terceiro maior produtor de frutas do mundo, ficando atrás da China e da Índia, produzindo cerca de 44 milhões de toneladas/ano em 2,3 milhões de hectares, gerando cerca de seis milhões de empregos diretos (SEBRAE/SIM, 2015).

Dentre as fruteiras cultivadas no Brasil, a gravioleira se destaca devido ao seu potencial terapêutico, incluindo anti-inflamatório, antimicrobiano, antioxidante e citotóxico para células tumorais. Pesquisas feitas com o extrato das folhas da graviola revelaram que elas são ricas em metabólicos secundários, dentre eles as acetogeninas, potente composto bioativo que atua como um anticâncer (MAGADI et al., 2015; SUNS et al., 2017; DADDIOUAISSA & AMID 2018), além de reduzir o risco de outras doenças como a artrite e diabetes (ALMELA et al., 2006; TABART et al., 2007) e retardar sintomas associados à fibromialgia a exemplo da dor crônica, ansiedade e depressão (QUILEZ et al., 2018).

No Brasil, é uma das frutas mais conhecidas no mercado das regiões Norte e Nordeste, sendo o Estado da Bahia o maior produtor, seevidencia, principalmente, por apresentar potencial de comercialização no mercado interno com relevante importância econômica e perspectivas para exportação, pela sua elevada aceitação do fruto e da polpa (CAVALCANTE et al., 2016).

No entanto, apesar da adaptação da gravioleira ao Nordeste Brasileiro, a região possui limitação na disponibilidade de água em termos quantitativos e qualitativos, em razão da irregularidade temporal e espacial das chuvas, acarretando assim, aumento da concentração de sais no solo, principalmente, os teores de sódio, que exercem efeitos negativos sobre as plantas, promovendo alterações de natureza iônica, osmótica e nutricional (FLOWERS & FLOWERS, 2005; TAIZ & ZEIGER, 2013), trazendo prejuízos as plantas através da inibição da germinação, emergência, crescimento e desenvolvimento, comprometendo sua capacidade produtiva (SÁ et al., 2015 ; SANTOS et al., 2016).

Diante desse cenário se faz necessário o uso de técnicas que minimizem os efeitos do estresse salino. Dessa forma, o uso do peróxido de hidrogênio H_2O_2 de forma exógena e em baixas concentrações, pode contribuir para melhoria da capacidade do sistema antioxidante das plantas, atuando sobre as espécies reativas de oxigênio neutralizando a ação ou prevenindo a sua geração, causando menos danos celulares (ÍSERI et al., 2013). Também em concentrações adequadas ele pode estimular o maior acúmulo de proteínas e carboidratos solúveis, que irão atuar como solutos orgânicos, realizando o ajustamento osmótico das plantas sob estresse salino, permitindo maior absorção de água (CARVALHO et al., 2011).

Com o propósito de avaliar a eficiência do peróxido de hidrogênio na mitigação dos efeitos deletérios da salinidade da água, alguns estudos foram realizados com diferentes culturas, a exemplo do milho (SILVA et al., 2016), feijão-de-corda (HASAN et al., 2016), maracujá (ANDRADE et al., 2019) e na graviola (SILVA et al., 2019), constatando diminuição do estresse salino com o uso de H_2O_2 nessas culturas. Contudo, essas pesquisas se limitam a pontuar a aplicação de diferentes concentrações de peróxido de hidrogênio e não na forma de aplicação. Assim, ainda são incipientes as informações sobre a identificação de um método para aplicação do H_2O_2 .

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar a morfologia e a qualidade de mudas de gravioleira sob estresse salino e diferentes métodos de aplicação de peróxido de hidrogênio, como atenuantes dos efeitos deletérios da salinidade da água de irrigação durante a fase de produção de mudas.

2.2 Objetivos específicos

- Mensurar o crescimento e a qualidade das mudas de gravioleira submetidas a salinidade da água e métodos de aplicação de peróxido de hidrogênio;
- Analisar as trocas gasosas e os pigmentos fotossintéticos da gravioleira irrigada com águas salinas e sob diferentes métodos de aplicação de peróxido de hidrogênio;
- Identificação do melhor método de aplicação de peróxido de hidrogênio, capaz de mitigar os efeitos deletérios da salinidade da água de irrigação em plantas de gravioleira;

- Identificação da tolerância da gravioleira á salinidade da água de irrigação através do rendimento relativo em base do acúmulo de fitomassa seca total.

3. REVISÃO DE LITERATURA

2.3 Aspectos gerais da Gravioleira

A graviola (*Annona muricata L.*) originou-se na América Central e nos Vales Peruanos, sendo uma frutífera de destaque na economia de diversos países como México, Brasil, Venezuela e Costa Rica (SÃO JOSE et al., 2014). Sendo introduzida no Brasil no século XVI pelos colonizadores portugueses, cultivada principalmente, nos estados de Alagoas, Bahia, Ceará, Minas Gerais, Pará, Paraíba, Pernambuco e Distrito Federal (SACRAMENTO et al., 2009).

De acordo com o Anuário Brasileiro da fruticultura 2017, o Brasil é o terceiro maior produtor de frutas mundialmente, com 44 milhões de toneladas produzidas de um total de 340 milhões de toneladas colhidas em todo o mundo. O cultivo de anonáceas no país, especialmente da graviola vem crescendo bastante, por causa da maior procura por frutas tropicais, além da possibilidade de seu uso na indústria farmacêutica e cosmética (BENTO et al., 2016) Os estados da Bahia, Alagoas e Pernambuco se destacam como os maiores produtores com 8,121, 2,254 e 1,784 mil toneladas de frutos de graviola, respectivamente, seguidos por Espírito Santo (289,550 toneladas) e Rio Grande do Norte (212,570 toneladas) (CENSO AGRO, 2017).

Em relação ao seu aspecto, a gravioleira tem cerca de 5 a 8 m de altura e 15 a 83 cm de diâmetro de copa com ramos baixos (ORWA et al., 2009). Seus frutos têm forma variada, podendo apresentar-se ovóides, condiformes ou irregulares, com 15 a 30 cm de comprimento por 10 a 20 cm de largura. É uma baga normalmente verde, de casca flexível, ouriçada de pseudos espinhos carnosos, curtos e moles. Quando verde, a polpa é branca, de odor forte e acre, torna-se suave, agradável, sucosa, refrigerante, doce e ligeiramente ácida ao longo do tempo. Seu peso médio é de 4 kg (PINTO et al., 2005), podendo conter de 55 a 170 sementes negras com 2 cm de largura (AWAN et al., 1980).

No Nordeste o cultivo da graviola surge como uma atividade promissora, pois seus frutos de sabor e aroma agradáveis podem ser consumidos ao natural, na forma de sucos, polpas, doces e sorvetes, além do seu uso medicinal, visto que partes da gravioleira (cascas,

raízes, folhas, polpa e sementes) são ricas em compostos bioativos, sendo desta forma, utilizadas por doentes cancerígenos como tratamento alternativo (OLIVEIRA NETO et al., 2014; HANSRA et al., 2014; MOGHADAMTOUSI et al., 2015).

Além disso, diversos trabalhos evidenciam que as folhas de *Annona muricata* mostram atividade antiulcerogênicas e antimicrobianas (BENTO et al., 2013, BENTO et al., 2018), anticancerígena, e antidiarréica, e os frutos mostram atividade antitumoral, antiartrítica, antidiabética, antidepressiva; a casca mostra atividade antidiarreica, e as sementes são neurotóxicas (AFROZ et al., 2020), além de possuírem efeitos sedativos (SOUZA et al., 2018).

3.2 Qualidade da água para irrigação

O Brasil está entre os dez países com a maior área equipada para irrigação (7 Mha). A retirada total de água estimada em 2017 foi de 2.083 m³/s, sendo o principal uso, em termos de quantidade utilizada, para as culturas irrigadas (52%) (FAO, 2017; ANA, 2017). Apesar de sua posição privilegiada com aproximadamente 12% da disponibilidade de água doce do mundo, existe uma má distribuição desse recurso (ANA, 2007). A região Nordeste, por exemplo, é ocupada por 13% da população brasileira e tem apenas 0,5% dos recursos hídricos disponíveis, enquanto que a região Amazônica possui 70% de água, com sua área ocupada por 4,5% da população (GALLI & ABE, 2010). Sendo então muito importante o uso da irrigação na região semiárida nordestina.

A irregularidade das chuvas, elevadas taxas de evapotranspiração e a formação geológica dessa região propiciam a situação de escassez de águas superficiais, que além de comprometerem a qualidade física e química dessas águas, as enriquece com sais, que depois são transportados para o sistema solo-planta via irrigação (JUNIOR & SILVA, 2012). Assim, o uso de água com qualidade inferior como a salina, pode ser considerado uma alternativa importante na utilização dos recursos naturais escassos, mas, para isso faz-se necessário à adoção de técnicas de manejo adequadas e uso de culturas tolerantes à salinidade (SANTOS & BRITO, 2016; RHOADES et al., 2000).

A determinação da qualidade de uma água para fins de irrigação depende não somente das condições químicas que apresenta no momento em que é analisada, mas também da susceptibilidade e resistência dos cultivos que serão irrigados (ALMEIDA, 2010). Ayers & Westcot (1999), classificam a água para fins de irrigação por meio de três critérios: salinidade, sodicidade e toxicidade. O critério da salinidade avalia o risco que ocorre quando há

um acúmulo de sais na zona radicular em determinada concentração, ocasionando diminuição de rendimento dos cultivos. Já o critério da sodicidade, analisa o risco de que se induzam teores relativamente altos de sódio ou baixos de cálcio e magnésio no solo e na água, através da ação dispersante do sódio nos colóides do solo, causando deterioração da estrutura do solo. O terceiro critério diz respeito à toxicidade por íons específicos, como sódio, cloreto e boro, os quais se acumulam nas plantas em altas concentrações, reduzindo o rendimento das culturas sensíveis a esses íons.

Os sais solúveis do solo são constituídos de sódio, cálcio, magnésio, cloreto, carbonato, bicarbonato e sulfato (RICHARDS, 1954). Estes por sua vez, apresentam-se principalmente, sob as formas de NaCl, MgSO₄, NaSO₄, MgCl₂ e NaCO₃. Segundo Suassuna (1998), de modo geral, a origem destes sais na região semiárida do nordeste é devido a: Intemperismo de materiais primários existentes nos substratos rochosos e no solo; aos aerossóis marinhos e ações antrópicas. Os sais liberados durante o processo de intemperização das rochas, podem ser carreados para horizontes inferiores mediante percolação ou levados a lugares distantes por escoamento superficial conforme o fluxo da água (OLIVEIRA, 2005).

De acordo com Savvas et al. (2007), agricultores em várias partes do mundo estão utilizando águas com elevadas concentrações de sais para a irrigação das culturas, contudo, os resultados dependem da adoção de técnicas de manejo adequadas, utilização de espécies tolerantes, estágio fenológico, características dos sais, intensidade e duração do estresse salino e condições edafoclimáticas (RHOADES et al., 2000; ASHRAF & HARRIS, 2004).

3.3 Efeito dos sais na planta

Geralmente, o estresse salino afeta negativamente o crescimento das plantas em todos os seus estádios de desenvolvimento, porém a germinação e o crescimento inicial são as fases mais afetadas (ARAÚJO, 2016). Por reduzir o potencial osmótico do solo, o acúmulo de sais em especial o sódio e o cloreto, podem provocar déficit hídrico nas células vegetais e distúrbio nutricional, causando o fechamento estomático, reduzindo o potencial produtivo da cultura (SCHOSSLER et al., 2012; ARZANI, 2016). Para sobreviver com os efeitos induzidos por alta salinidade, as plantas desencadeiam várias respostas de tolerância ao estresse, incluindo compartimentação e exclusão de Na⁺ /H⁺ em vacúolos (YARRA, 2019).

Ademais, com o aumento da salinidade os processos fisiológicos das plantas são afetados, entre eles a transpiração, a assimilação de CO₂, a síntese de proteínas e fotossíntese, que acaba limitando a capacidade produtiva das plantas (TAIZ & ZEIGER, 2004; BRAZ,

2019). Sob condições de estresse salino também pode ocorrer diminuição da área foliar, como um mecanismo importante para a redução das perdas de água pela planta (NOBRE et al., 2014). Entretanto, a resposta das plantas a salinidade varia dependendo da espécie, do genótipo, do estágio fenológico, do período de exposição ao sal, condições climáticas da região, do tipo de solo e do método de irrigação e das práticas de manejo de adubação (FREITAS et al., 2014; DIAS & BLANCO, 2016).

Os pesquisadores Cavalcante et al. (2001), estudando os efeitos de fontes salinas através da irrigação com água rica em cloreto de sódio e em cloreto de magnésio, com níveis de condutividade elétrica de 0,5; 1,0; 2,0; 3,0; 6,0 e 9,0 dSm^{-1} sobre o crescimento inicial da gravioleira, cultivar Morada Nova, concluíram que a graviola, durante a fase de formação de mudas, ajustou-se osmoticamente como planta moderadamente tolerante aos sais e sua área foliar e o rendimento biológico das plantas aumentaram com o nível de salinidade da água de irrigação de até 3,0 dS m^{-1} . Nobre et al. (2003), por sua vez, afirmam que níveis de salinidade de até 5,5 dS m^{-1} na água de irrigação não afetam a germinação de sementes de gravioleira Morada Nova. Já Veloso et al. (2018), ao trabalharem com a gravioleira 'Morada Nova' constataram que o crescimento das plantas foi reduzido pelo aumento da salinidade da água de irrigação, entretanto, água com até 2,0 dS m^{-1} pode ser usada para produzir mudas de graviola com uma redução média aceitável de 10% no crescimento das mudas.

Araújo et al. (2016), trabalhando com melão (CEa variando de 0,6 a 3,0 dS m^{-1}) e Bezerra et al. (2018) com goiaba (CEa variando de 0,3 a 3,5 dSm^{-1}) em estresse salino, também identificaram que o aumento da salinidade da água reduz a emergência e o crescimento dessas culturas. Desta forma, são importantes e necessários estudos que visem reduzir os efeitos deletérios da salinidade sobre as plantas.

3.3.1 Efeito Osmótico

De acordo com Azevedo et al. (2017), elevadas concentrações de sais dissolvidos na solução do solo, ocasionam efeito osmótico, reduzindo o potencial hídrico e, conseqüentemente, diminuindo sua disponibilidade de água e nutrientes. Desta maneira, Dias & Blanco (2016) ressaltam ainda que, o aumento da pressão osmótica causado pelo excesso de sais solúveis na solução do solo, poderá atingir um nível em que as plantas não terão força de sucção suficiente para superar o potencial osmótico e, como resultado a planta não irá

absorver água, e, portanto, nutrientes, em razão da condição de estresse hídrico, sendo este processo também denominado de seca fisiológica.

As plantas só conseguem absorver água enquanto o seu potencial hídrico for mais negativo que o do solo. O ajustamento osmótico ou acumulação de solutos pelas células, é um processo pelo qual o potencial hídrico pode diminuir sem que haja diminuição na turgidez (TAIZ & ZEIGER, 1998). Por isso, o ajustamento osmótico é essencial para o crescimento dos vegetais em meio salino.

A sensibilidade e a tolerância das culturas á salinidade variam entre espécies e cultivares, além das condições climáticas da região, do tipo de solo, etc (DIAS & BLANCO 2016). Plantas halófilas, por exemplo, são capazes de acumular solutos orgânicos nas células, que reduzem o potencial osmótico e aumentam a turgidez, garantindo desta forma, maior absorção de água e a manutenção do crescimento celular. Dentre os osmorreguladores destacam-se: açúcares solúveis, íons inorgânicos, proteínas e aminoácidos com destaque para a prolina, pois, além de auxiliar na osmoregulação também favorece o aumento da tolerância de certos níveis de estresses hídricos e salinos (TAIZ & ZEIGER, 2013).

3.3.2 Efeito Tóxico

O acúmulo excessivo de íons nos tecidos da planta promove um desbalanceamento osmótico celular e, com isso, uma toxidez iônica que causa danos ao citoplasma, resultando em danos visíveis principalmente na bordadura e no ápice das folhas, devido à perda de água por transpiração. Normalmente a toxidade é provocada pelos íons sódio, cloreto e boro (BATISTA et al., 2002).

Segundo De Pascale et al. (2013), o sódio quando absorvido e acumulado em grandes quantidades na planta, torna-se altamente tóxico, interferindo na disponibilidade de nutrientes e causando queimaduras foliares. Além de contribuir para o desenvolvimento de estresse hídrico e indução de danos celulares provocando a produção excessiva de espécies reativas de oxigênio. Os sintomas de toxicidade de sódio aparecem de início nas folhas mais velhas e em suas bordas e na medida em que o problema se intensifica, a necrose se espalha progressivamente na área internerval até o centro das folhas.

O excesso de cloreto, em grande parte, está associado a uma concentração elevada de sódio, podendo interferir com a absorção de nitratos e o transporte de ácidos orgânicos dentro e entre as células. Os sintomas de toxidade do cloreto são a principio, queimaduras no ápice das folhas seguindo para as bordas, promovendo sua queda prematura em estágios mais

avançados. Já elevadas concentrações de boro provocam manchas amarelas ou secas, principalmente nas bordas e no ápice das folhas velhas (DIAS & BLANCO, 2016).

3.3.3 Efeito nutricional

Em geral, elevadas concentrações de sais na rizosfera, além de afetar a disponibilidade de água, promovem um desequilíbrio nutricional nas plantas, decorrente da competição entre os sais e os nutrientes no processo de absorção (NAVARRO et al., 2003; DEMIRAL, 2005).

Na maioria das espécies sob condições de salinidade as concentrações de K^+ e Ca^+ são diminuídas devido ao mecanismo de competição ou antagonismo entre eles, interferindo nas funções fisiológicas das plantas (SCHOSSLER et al., 2012). Isso se dá devido a importância desses íons para as plantas; o K^+ por exemplo, é um íon móvel que possui função enzimática e atua na regulação da abertura e fechamento dos estômatos e na ativação enzimática, já o Ca^+ possui papel estrutural e regulador no metabolismo de plantas (ESTEVES & SUZUKI, 2008). Além disso, elevadas concentrações de Na^+ poderão aumentar o pH do solo acarretando diminuição na disponibilidade de zinco (Zn), manganês (Mn), ferro (Fe) e cobre (Cu) (DIAS et al., 2010).

Lucena et al. (2012), estudando o efeito do estresse salino na absorção de nutrientes em mangueira, perceberam que as concentrações crescentes de NaCl reduzem os teores de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio, provocando assim, desequilíbrio nutricional para as plantas. De forma similar, Santos et al. (2017) pesquisando a concentração de nutrientes em tomate cereja, observaram que o incremento da salinidade provocou aumentos nas concentrações de sódio e cloro e redução nas concentrações de potássio e nitrogênio no tecido foliar.

4. Peróxido de hidrogênio como atenuante do estresse salino em plantas

O peróxido de hidrogênio (H_2O_2) é uma das mais estáveis espécies reativas de oxigênio (EROS). Essas espécies são produzidas no metabolismo aeróbico normal durante o fluxo de elétrons na mitocôndria e cloroplasto (HALLIWELL & GUTTERIDGE, 1985), no citosol, na membrana plasmática e na matriz extracelular por várias oxidades e peroxidases da parede celular (SLESACK et al., 2007).

Diferente de outras EROS, o peróxido de hidrogênio não é um radical livre e não apresenta carga, possui longa meia-vida podendo assim, atuar como molécula sinalizadora capaz de percorrer longas distâncias até o seu alvo, estando envolvido no fechamento

estomático e tolerância à deficiência de oxigênio (VRANOVA et al., 2002; NEILL et al., 2002; HALLIWELL, 2006;).

Pesquisas mostram que em situações de estresse salino, a aplicação exógena de peróxido de hidrogênio por pulverização e/ou pré-tratamento das sementes, em baixas concentrações, revelou-se promissor na aclimação das culturas ao estresse salino (BAGHERI et al., 2019; SILVA et al., 2019), fornecendo uma condição de estresse moderado que provoca o acúmulo de sinais latentes em diferentes partes da planta. Desta forma, quando ocorre uma condição de estresse mais severo, os sinais conduzem ajustes moleculares, resultando em mecanismos de aclimação (SAVVIDES et al., 2016).

Silva et al. (2019) concluíram que o uso de peróxido de hidrogênio via embebição das sementes e pulverização foliar mitigou os efeitos deletérios causados pela salinidade da água de irrigação nas trocas gasosas e no crescimento das mudas de gravioleira sobre estresse salino (CEa variando de 0,6 a 3,0 dS m⁻¹). De maneira similar Forman et al. (2010) afirmam que a pré-exposição de plantas a metabólicos sinalizadores como o H₂O₂ pode resultar em um melhor desempenho fisiológico, quando a planta é exposta a condições de estresse mais severo. Deuner et al. (2008) pesquisando as mudas de café para avaliar o efeito da aplicação exógena de ácido ascórbico e peróxido de hidrogênio na atividade de enzimas do sistema antioxidante e suas relações com a abertura e fechamento estomático, perceberam que o peróxido de hidrogênio promoveu maior atividade das enzimas antioxidantes.

Silva et al. (2016) constataram que a aplicação de H₂O₂ na semeadura e pulverização foliar promove aclimação de plantas de milho à salinidade da água de irrigação. Já Gondim et al. (2011) observaram que a pulverização foliar de plantas de milho com H₂O₂ induziu a aclimação das plantas ao estresse salino, revertendo parcialmente os efeitos deletérios da salinidade no crescimento.

Em suas pesquisas, Carvalho et al. (2011) trabalhando com plântula de arroz submetidas ao pré-tratamento com peróxido de hidrogênio aplicado na solução nutritiva dois dias antes da indução ao estresse salino, concluíram que baixas doses de H₂O₂ são suficientes para induzir os sistemas de defesa antioxidativos, de modo a minimizar os efeitos deletérios da salinidade. Na mesma linha de resultados, Li et al. (2011) e Terzi et al. (2014) constataram que a aplicação de H₂O₂ em concentrações baixas, com o pré-tratamento antes da submissão de plantas a estresses abióticos, tem funcionado na ativação de respostas fisiológicas que permitem a tolerância das plantas a diferentes tipos de estresse. Sendo assim, a partir do que

foi apresentado, percebe-se que a aplicação de H₂O₂ por diferentes métodos tem demonstrado eficiência no processo de aclimação de plantas ao estresse ocasionado pela salinidade.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). Atlas irrigação: uso da água na agricultura irrigada/ Agência Nacional de Águas. Brasília: ANA, 2007.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). GEO Brasil recursos hídricos: Componente da Série de Relatórios sobre o Estado e Perspectivas do Meio Ambiente no Brasil. Brasília, ANA, 2017.
- AFROZ, N.; HOQ, MA.; JAHAN, S.; ISLAM, M. M.; AHMED, F.; SHAHID-UD-DAULA, A. F. M.; HASANUZZAMAN, M. Methanol soluble fraction of fruits of *Annona muricata* possesses significant antidiarrheal activities. *Heliyon*, v.6, n.1, p.3112, 2020.
- ALMELA, B. L.; SÁNCHEZ MUÑOZ, J. A.; FERNÁNDEZ LÓPEZ, M. J.; ROCA, V. R. Liquichromatographic mass spectrometric analysis of phenolics and free radical scavenging activity of rosemary extract from different raw material *J. Chromatogr*, v.1120, n.2, p. 221-229, 2006.
- ALMEIDA, O. A. Qualidade da água para irrigação. 1ed. Cruz das Almas, Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2010.
- ANDRADE, E. M. G.; LIMA, G. S.; LIMA, V. L. A.; SILVA, S. S. DA.; GHEYI, H. R.; SILVA, A. A. R. Gas exchanges and growth of passion fruit under saline water irrigation and H₂O₂ application. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 23, n.12, p. 945-951, 2019.
- ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA. Santa Cruz do Sul: Gazeta, 2017. 88 p.
- ARAÚJO, E. B. G.; SILVA SÁ, F.V. DA.; OLIVEIRA, F, A.; SOUTO, L. S.; PAIVA, E. P.; SILVA, M. K. N.; MESQUITA, E. F.; BRITO, M. E. B. Crescimento inicial e tolerância de cultivares de meloeiro à salinidade da água. *Revista Ambiental Água*, v. 11, n.2, p.1980-1993, 2016.
- ARZANI, A & ASHRAF, M. Engenharia Inteligente de Recursos Genéticos para Melhor Tolerância à Salinidade em Plantas de Cultivo, *Revisões Críticas em Ciências Vegetais*, v. 35, n.1, p.146-189, 2016.
- ASHRAF M & HARRIS, P. J. C. Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. *Plant Science*, Dordrecht, v.166, n.1, p.3-16, 2004.

- AWAN J & KAR A. Udoudoh P. Preliminary studies on the seeds of *Annona muricata* Linn. Plant. Foods Humam Nutrire, v.30, n.2, p.163–168,1980.
- AYERS, R. S & WESTCOT, D. W. A qualidade da água na agricultura. Campina Grande: Universidade Federal da Paraíba, 1999, 218p. Estudos FAO Irrigação e Drenagem, 29.
- AZEVEDO, P. R. L.; BEZERRA, D. E. L.; SOUTO, F. M; BITU, S. G.; JUNIOR, E. B. P. Efeito dos sais e da qualidade da água no solo e na planta. Revista de Agroecologia no Semiárido, v. 1, n.1, p.01 - 12, 2017.
- BAGHERI, M.; GHOLAMI, M.; BANINASAB, B. Hydrogen peroxide-induced salt tolerance in relation to antioxidant systems in pistachio seedlings. Scientia Horticulturae, v.243, n.1, p.207–213,2019.
- BATISTA, M. J.; NOVAES, F.; SANTOS, D. G.; SUGUINO, H. H. Drenagem como Instrumento de Dessalinização e Prevenção da Salinização de Solos. 2.ed.revisada e ampliada. Brasília: CODEVASF, 2002, 216p.
- BEZERRA, I. L.; NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R.; SOUZA, L. DE P.; PINHEIRO, F. W. A.; LIMA, G. S. DE. Morphophysiology of guava under saline water irrigation and nitrogen fertilization. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.22, n.1, p.32-27, 2018.
- BENTO, E. B.; JUNIOR, F. E. B.; DE OLIVEIRA, D. R.; FERNANDES, C. N.; DE ARAUJO DELMONDES, G.; CESARIO, F.; RODRIGUES, C. K. S.; SALES, V. D. S.; DE FIGUEIREDO, F.; LEMOS, I. C. S.; MONTEIRO, A. B.; DE MENEZES, I. R. A.; DA COSTA, J. G. M.; KERNTOPF, M. R. Antiulcerogenic activity of the hydroalcoholic extract of leaves of *Annona muricata* Linnaeus in mice. Saudi Journal Biologia Science, v. 25, n.1, p.609–621,2018.
- BENTO, E. B.; MONTEIRO, Á. F.; LEMOS, I. C. S.; BRITO JUNIOR, F. E. DE.; OLIVEIRA, D. R. DE.; MENEZES, I. R. A. DE.; KERNTOPF, M. R. Estudio etnofarmacológico comparativo en la región del Araripe de la *Annona muricata* L. (Graviola). Revista Cubana de Plantas Medicinales, v.21, n.1, p.9-19, 2016.
- BENTO, E. B.; MATIAS, E. F. F.; BRITO, F. E.; OLIVEIRA, D. R.; COUTINHO, H. D. M.; COSTA, J. G. M.; KERNTOPF, M. R.; MENEZES, I. R. A. Association between food and drugs: antimicrobial and synergistic activity of *Annona muricata* L. Int. J. Food Prop. v.16, n.1, p.738–744,2013.
- BRAZ, R. S.; LACERDA, C. F. DE.; ASSIS JÚNIOR, R. N.; FERREIRA, J. F. S.; OLIVEIRA, A. C.; RIBEIRO, A. A. Growth and physiology of maize under water

- salinity and nitrogen fertilization in two soils. *Revista de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.23, n.12, p.907-913, 2019.
- CARVALHO, F. E. L.; LOBO, A. K. M.; BONIFACIO, A.; MARTINS, M. O.; NETO, M. C. L.; SILVEIRA, J. A. G. Aclimação ao estresse salino em plantas de arroz induzida pelo pré-tratamento com H₂O₂. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.15, n.4, p.416-423, 2011.
- CAVALCANTE, L. F.; DA ROCHA, L. F.; SILVA, R. A. R.; SOUTO, A. G. L.; NUNES, J. C.; CAVALCANTE, Í. H. L. Produção e qualidade da graviola sob irrigação e cobertura do solo com resíduo de sisal. *Magistra*, v.28, n.1, p.91-101, 2016.
- CAVALCANTE, L. F.; CARVALHO, S. D.; LIMA, E. D.; FEITOSA FILHO, J. C.; SILVA, D. A. Desenvolvimento inicial da gravioleira sob fontes e níveis de salinidade da água. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.23, n.2, p.455-459, 2001.
- CENSO AGROPECUÁRIO 2017. Resultados preliminares. Rio de Janeiro: IBGE, 2018. Disponível em: <https://censoagro2017.ibge.gov.br/templates/censo_agro/resultados_agro/agricultura.html?localidade=0&tema=76303> Acesso em: Abril de 2019.
- DADDIOUCUSSA, D & AMID, A. Anticancer activity acetogenins from *Annonamuricata* fruit. *The International Medica Journal Malysa*, v.17, n.1, p.103-112, 2018.
- DE PASCALE, S.; ORSINI, F.; PARDOSSI, A. Irrigation water quality for greenhouse horticulture. In *Good Agricultural Practices for Greenhouse Vegetable Crops*; FAO Plant Production and Protection Paper 217; Food and Agriculture Organization of the United Nations: Rome, p. 169–204, 2013.
- DEMIRAL, M. A. Comparative response of two olive (*Olea europaea* L.) cultivars to salinity. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, v.29, n.1, p.267-274, 2005.
- DEUNER, S.; DONIZETI, J. A.; DEITOS, D. F.; ZANANDREA, I.; ALMEIDA, A. L.; DE CASTRO, P. H.; GOULART, P. F. Peróxido de hidrogênio e ácido ascórbico influenciando a atividade de enzimas antioxidantes de mudas de cafeeiro. *Revista Ceres*, v. 55, n.2, p.135–140, 2008.
- DIAS, N. S.; BLANCO, F. F. EFEITO DOS SAIS NO SOLO E NAS PLANTAS. IN: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados. Fortaleza, INCTA Sal, p. 151-161, 2016.
- DIAS, N. S & BLANCO, F. F. Efeito dos sais no solo e nas plantas. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados. Fortaleza, INCTA Sal, p. 130-140, 2010.

- ESTEVEES, B. S. & SUZUKI, M. S. Efeito da salinidade sobre as plantas. *Oecologia Brasiliense*, v.12, n.4, p. 662-679, 2008.
- FORMAN, H. J.; MAIORINO, M.; URSINI, F. Signaling functions of reactive oxygen species. *Biochemistry*, v.49, n.5, p.835-842, 2010.
- FLOWERS, T. J & FLOWERS, S. A. Why does salinity pose such a difficult problem for plant breeders? *Agricultural Water Management*, v. 78, n.1, p. 15-24, 2005.
- FREITAS, M. A. C.; AMORIM, A. V.; BEZERRA, A. M. E.; PEREIRA, M. S.; BESSA, M. C.; NOGUEIRA FILHO, F. P.; LACERDA, C. F. Crescimento e tolerância à salinidade em três espécies medicinais do gênero *Plectranthus* expostas a diferentes níveis de radiação. *Revist Brasileira de Plantas Mediciniais*, v.16, n.4, p.839-849, 2014.
- GALLI, C. S & ABE, D.S Disponibilidade, poluição e eutrofização das águas. IIEGA, Associação Instituto Internacional de Ecologia e Gerenciamento Ambiental, p.13560-660,2010.
- GONDIM, F. A.; GOMES FILHO, E.; MARQUES, E. C.; PRISCO, J. T. Efeitos do H₂O₂ no crescimento e acúmulo de solutos em plantas de milho sob estresse salino. *Revista Ciência Agronômica*, v.42, n.2, p. 373-38, 2011.
- HALLIWELL, B. Reactive species and antioxidants.Redox biology is a fundamental theme of aerobic life.*Plant physiology*, v. 141, n.1, p.312-322, 2006.
- HALLIWELL, B & GUTTERIDGE, J. M. C. Free radicals in biology and medicine. Oxford Claredon Press, 1985.
- HASAN, S. A.; IRFAN, M.; MASRAHI, Y. S.; KHALAF, M. A.; HAYAT, S.; Tejada Moral, M. Growth, photosynthesis, and antioxidant responses of *Vigna unguiculata* L. treated with hydrogen peroxide. *Cogent Food & Agriculture*, v.2, n.1, p.1-13, 2016.
- HANSRA, D. M.; SILVA, O.; MEHTA, A.; AHN, E. Patient with metastatic breast cancer achieves stable disease for 5 years on graviola and xeloda after progressing on multiple lines of therapy. *Advances in Breast Cancer Research*, v.3, n.3, p.84. 2014.
- ÍSERI, O. D.; KÖRPE D. A.; SAHIN, F. I.; HABERAL, M. Hydrogen peroxide pretreatment of roots enhanced oxidative stress response of tomato under cold stress. *Acta Physiologiae Plantarum*, v.35, n.1, p. 1905–1913, 2013.
- LI, J. T. Exogenous hydrogen peroxide can enhance tolerance of wheat seedlings to salt stress. *Acta Physiologiae Plantarum, Heidelberg*, v. 33, n.1, p. 835 - 842,2010.

- LUCENA, C. C. DE.; SIQUEIRA, D. L. DE.; PRIETO, E. H.; MARTINEZ, H. E. P.; CECON, P. R. Efeito do estresse salino na absorção de nutrientes em mangueira. Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal, v. 34, n.1, p. 297-308, 2012.
- MAGADI, V. P.; RAVI, V.; ARPITHA, A. Evaluation of cytotoxicity of aqueous extract of graviola leaves on squamous cell carcinoma cell-25 lines by 3-(4,5-di-methylthiazol-2-YI)-2,5-diphenyltetrazolium bromide assay and determination of percentage of cell inhibition at G2M phase of cell by flow cytometry: an in vitro study. Contemporary Clinical Dentistry, v.6, n.4, p.529,2015.
- MOGHADAMTOUSI, S. Z.; FADAEINASAB, M.; NIKZAD, S.; MOHAN, G.; ALI, H. M.; KADIR, H. A. *Annona muricata* (Annonaceae): A Review of Its Traditional Uses, Isolated Acetogenins and Biological Activities. International journal of molecular sciences. v. 16, n.7, p.15625-15658, 2015.
- NAVARRO, J. M.; GARRIDO, C.; MARTÍNEZ, V.; CARVAJAL, M. Water relations and xylem transport of nutrients in pepper plants grown under two different salts stress regimes. Plant Growth Regulation, v.41, n.1, p.237-245, 2003.
- NOBRE, R. G.; LIMA, G. S DE; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A. A.; SILVA, A.O. Crescimento, consumo e eficiência do uso da água pela mamoneira sob estresse salino e nitrogênio. Revista Caatinga, v.27, n.1, p.148 -158, 2014.
- NOBRE, R. G.; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R. SANTOS, F. J. D. S.; BEZERRA, I. L.; GURGEL, M. T. Germinação e formação de mudas enxertadas de graviola sob estresse salino, Pesquisa agropecuária brasileira, v. 38, n.2, p. 1365-1371, 2003.
- OLIVEIRA NETO, E. A. DE.; SANTOS, D. C. DA.; SANTOS, Y. M. G. DOS, Agroindustrial utilization of soursop (*Annona muricata* L.) for production of liqueurs: Sensory evaluation, Journal of Biotechnology and Biodiversity. v. 5, n.1, p. 33-42, 2014.
- OLIVEIRA, J. I. R. Estudo da contribuição potencial do solo no processo de salinização de águas superficiais em uma pequena bacia hidrográfica do semiárido baiano. Engenharia Ambiental Urbano, UFBA, 2005. (Dissertação de mestrado).
- PINTO, A. C. DE.; CORDIERO, Q. M. C. R.; DE ANDRADE, S. R. M.; FERRIERA, F. R.; FILGUEIRAS, H. A.; ALVES, D. I. *Annona* species. Southampton, UK: University of Southampton - International Centre for Under-utilised Crops, 2005. 268p. (University of Southampton. Fruits for the Future, 5).

- QUILEZ, A. M.; DE LA PAZ, S. M.; ARCHER, A. F.; DELAPUERTA, R.; GIMENEZ, M. D. G. Dietssupplemented with *Annona muricata* improve the symptoms of fibromyalgia. *Pharma Nutrition*, v.6, n.1, p.81-84, 2018.
- RHOADES, J. D.; KANDIAH, A.; MASHALI, A. M. Uso de águas Salinas para produção agrícola (Estudos FAO Irrigação e drenagem). Tradução de H. R. Gheyi, J.R.de Sousa e J.E. Queiroz. Campina Grande: UFBB, p.117, 2000.
- SÁ, F. V. S. DA.; BRITO, M. E. B.; PEREIRA, I. B.; NETO, P. A.; ANDRADE SILVA, L. DE.; COSTA, F. B. DA. Balanço de sais e crescimento inicial de mudas de pinheira (*Annona squamosa* L.) sob substratos irrigados com água salina. *Irriga*, v. 20, n.3, p. 544, 2015.
- SACRAMENTO, C. K.; MOURA, J. I. L.; COELHO JUNIOR E. GRAVIOLA. IN: SANTOS-SEREJO, J. A. (eds.). *Fruticultura tropical: espécies regionais e exóticas*. Brasília, DF:Embrapa Informação Tecnológica, p. 95-132, 2009.
- SANTOS, A. N. DOS.; SILVA, E. F. S.; SILVA, G. S.; BEZERRA, R. R.; PEDROSA, M. R. P. Concentração de nutrientes em tomate cereja sob manejos de aplicação da solução nutritiva com água salobra. *Revista Ciência Agronômica*. v.48, n.4, p.1-13, 2017.
- SANTOS, J. B. DOS; GHEYI, H. R.; LIMA, G. S. DE; XAVIER, D. A.; CAVALCANTE, L. F. MARENCO-CENTENO, C. R. Morfofisiologia e produção do algodoeiro herbáceo irrigado com águas salinas e adubado com nitrogênio. *Comunicata Scientiae*, v.7, n.1, p.86-96, 2016.
- SANTOS, M. R.; BRITO, C. F. B. Irrigação com água salina, opção agrícola consciente. *Revista Agrotecnologia*, v.7, n.1, p.33-41, 2016.
- SAO JOSÉ, A. R.; PIRES, M.; FREITAS, A.; RIBEIRO, D. P.; PEREZ, L. A. A. Atualidades e perspectivas das Anonáceas no mundo. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 36, n.especial, p. 86-93, 2014.
- SAVVIDES, A.; ALI, S.; TESTER, T.; Fotopoulos, V. Chemical Priming of Plants Against Multiple Abiotic Stresses: Mission Possible? *Trens in plant Science*, v.21, n.1, p.329-340, 2016.
- SCHOSSLER, T. R.; MACHADO, D M.; ZUFFO, A M.; ANDRADE, F. R DE.; PIAUILINO, A. C. Salinidade: efeitos na fisiologia e na nutrição mineral de plantas. *Enciclopédia biosfera, Centro Científico Conhecer, Goiânia*, v.8, n.15, p. 2012-1563, 2012.

- SAVVAS, D.; STAMATI, E.; TSIROGIANNIS, I. L.; MANTZOS, N.; BAROUCHAS, P. E.; KATSOULAS, N.; KITTAS, C. Interactions between salinity and irrigation frequency in greenhouse pepper grown in closed-cycle hydroponic systems. *Agricultural and Water Management*, Amsterdam, v. 91, n.1, p.102-111, 2007.
- SEBRAE/SIM. Agronegócio Fruticultura-Mercado de fruticultura: Panorama do setor no Brasil. Disponível em: [http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/64ab878c176e5103877bfd3f92a2a68f/\\$File/5791.pdf](http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/64ab878c176e5103877bfd3f92a2a68f/$File/5791.pdf). Outubro.2015 .Acesso em:01/10/2018.
- SILVA, A. A. R.; LIMA, G. S.; AZEVEDO, C. A. V.; VELOSO, L. L. S. A.; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A. DOS A. Salt stress and exogenous application of hydrogen peroxide on photosynthetic parameters of soursop. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 23, n.4, p. 257-263, 2019.
- SILVA, E. M.; DA, LACERDA, F. H. D.; MEDEIROS, S. A. DE.; SOUZA, L. P. DE.; PEREIRA, F. H. F. Métodos de aplicação de diferentes concentrações de H₂O₂ em milho sob estresse salino. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v.11, n.3, p. 01-07, 2016.
- SOUZA, D.O.; SALES, S.V. DOS.; RODRIGUES, C. K. S.; DE OLIVEIRA, L. R.; LEMOS, I. C. S.; DE DELMONDES, A. G.; MONTEIRO, A. B.; DO NASCIMENTO, E. P.; FIGUEIREDO, S. D. N. DE.; DA COSTA, M. J. G.; PINTO DA CRUZ, G. M., DE BARROS VIANA, G. S., BARBOSA, R.; MENEZES, A. I. R., BEZERRA FELIPE, C.F.; KERNTOPF, M. R. Phytochemical analysis and central effects of *Annona muricata* linnaeus: possible involvement of the gabaergic and monoaminergic systems. *Iran. J.Pharm. Res. (IJPR)*, v.17, n.1, p.1306–1317,2018.
- SUASSUNA, J. Água potável no semiárido: escassez anunciada. 1998. Disponível em <http://www.fundaj.gov.br>. Acesso em 24 Dez.2019.
- SUNS, S.; LIU, J.; SUN, X.; ZHU, W.; YANG, F.; FELCZAK, L.; DOU, Q. P.; ZHOU, K. Novel *Annona ceous* acetogenins from graviola (*Annona Muricata*) and their anti-proliferation on human prostate cancer cell Pc-3. *Tetrahedron letters*, v.26, n.1, p.4382-4385,2017.
- SLESKAK, I.; LIBIK, M.; KARPINSKA, B.; KARPINSKI, S; MISZALSKI, Z. The role of hydrogen peroxide in regulation of plant metabolism and cellular signalling in response to environmental stress. *Acta Biochimica Polonica*, v.54, n.1, p.39-50,2007.
- TAIZ, L & ZEIGER, E. *Fisiologia vegetal*.5.ed. . Porto Alegre: Artmed, 2013,918p.

- TAIZ, L & ZEIGER, E. *Fisiologia vegetal*. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004.
- TAIZ, L & ZEIGER, E. Plant defenses: surface protectants and secondary metabolites. In: *Plant physiology*. Sunderland : Sinauer Associates, 1998, Cap.13,347-376p.
- TABART, C.J.; KEVERS,A.;SIPEL, J. PINCEMAIL, J.O. DEFRAIGNE, J. DOMMES.Optimisation of extraction of phenolics and antioxidants from black currant leaves and buds and of stability during storage.*Food Chemical*, v.105, n.3, p.1268-1275, 2007.
- TERZI, R.; KADIOGLU, A.; KALAYCIOGLU, E.; SAGLAM, A. Hydrogen peroxide pretreatment induces osmotic stress tolerance by influencing osmolyte and abscisic acid levels in maize leaves.*Journal of Plant Interaction*, v.9, n.1, p.559 - 565, 2014.
- VELOSO, L. L. DE S.; NOBRE, R. G.; SOUZA, L DE P.; GHEYI, H. R; CAVALCANTE, I. T. S. C.; ARAUJO, E. B. G.; SILVA, W. L da. Formation of soursop seedlings irrigated using waters with different salinity levels and nitrogen fertilization. *Bioscience*,v.34, n.6, p.151-160, 2018.
- VNAROVÁ, E.; INZÉ, D.; BREUSEGEM, F. V. Signal transduction during oxidative stress, *Journal of Experimental Botany*, v.53, n.1, p.1227-1236, 2002.
- YARRA, R.The wheat NHX gene family:Potential role in improving salinity stress tolerance of plants. *Plant Gene*, v.18, n.1, p.100-178,2019.

TROCAS GASOSAS E CRESCIMENTO DE GRAVIOLEIRA SOB ESTRESSE SALINO E MÉTODOS DE APLICAÇÃO DE H₂O₂

RESUMO: O Cultivo da gravioleira na região Nordeste do Brasil tem enfrentado limitações devido às elevadas concentrações de sais nas águas, sendo necessário o uso de técnicas que viabilizem seu cultivo, destacando-se a aplicação do peróxido de hidrogênio visando minimizar os efeitos deletérios do estresse salino. Neste contexto, objetivou-se com esse estudo avaliar quatro métodos de aplicação do peróxido de hidrogênio como atenuantes do estresse salino nas trocas gasosas e no crescimento de mudas de gravioleira cv. Morada Nova. A pesquisa foi conduzida sob condições de casa de vegetação, em um Entisol de textura franco-arenosa, do município de Lagoa Seca - PB. Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, no arranjo fatorial 5 x 4, cujos tratamentos resultaram da combinação de cinco níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (0,6; 1,2; 1,8; 2,4 e 3,0 dS m⁻¹) e quatro métodos de aplicação de peróxido de hidrogênio (M1-sem aplicação de H₂O₂, M2-aplicação via embebição das sementes, M3-aplicação por pulverização foliar e M4-aplicação via embebição das sementes + pulverização foliar), com quatro repetições e duas plantas por unidade experimental, perfazendo o total de 160 plantas. A salinidade da água de irrigação a partir de 0,6 dS m⁻¹ diminuiu as trocas gasosas e o crescimento das plantas de gravioleira. O método de aplicação do H₂O₂ via pulverização foliar minimizou o efeito do estresse salino sobre as trocas gasosas. Já o método de aplicação do H₂O₂ via embebição das sementes diminuiu o estresse salino no crescimento de gravioleira aos 85 DAS.

Palavras-chave: *Annona muricata* L., águas salinas, peróxido de hidrogênio

GAS EXCHANGES AND GROWTH OF SOURSOP SUBJECTED TO H₂O₂ APPLICATION METHODS AS ATTENUATORS OF SALT STRESS

ABSTRACT: The cultivation of soursop in the Northeast region of Brazil has faced limitations due to the high concentrations of salts in the waters, requiring the use of techniques that make their cultivation feasible, with emphasis on the application of hydrogen

peroxide in order to minimize the deleterious effects of salt stress. In this context, the objective of this study was to evaluate four methods of applying hydrogen peroxide as attenuators of salt stress in gas exchange and in the growth of soursop seedlings cv. New address. The study was conducted under greenhouse conditions, in an Entisol with a sandy-loam texture, from the municipality of Lagoa Seca - PB. A completely randomized design was used, in a 5 x 4 factorial arrangement, whose treatments resulted from the combination of five levels of electrical conductivity of irrigation water (0.6, 1.2, 1.8, 2.4 and 3.0 dS m⁻¹) and four methods of hydrogen peroxide application (M1-without application of H₂O₂, M2-application via seed soaking, M3-application by leaf spray and M4-application via seed soaking + leaf spray), with four replications and two plants per experimental unit, making a total of 160 plants. The salinity of irrigation water from 0.6 dS m⁻¹ decreases gas exchange at 145 DAS after sowing and the growth of soursop plants at 85 and 145 DAS. The method of application of H₂O₂ via leaf spray minimizes the effect of saline stress on gas exchange at 145 DAS. The method of applying H₂O₂ via seed soaking reduces the salt stress on the growth of soursop at 85 DAS.

Key words: *Annona muricata* L., saline waters, hydrogen peroxide

1. INTRODUÇÃO

Pertencente à família das Anonáceas, a gravioleira (*Annona muricata* L.) ganha destaque no mercado nacional, devido a crescente demanda de seus frutos para o consumo *in natura* e na agroindústria, além da possibilidade de uso na indústria farmacêutica e de cosméticos (FREITAS et al., 2013). Suas folhas têm sido usadas para o tratamento contra o câncer (MAGADI et al., 2015; SUNS et al., 2017; DADDIOUAISSA & AMID 2018), artrite e diabetes (ALMELA et al., 2006; TABART et al., 2007) fibromialgia, ansiedade e depressão (QUILEZ et al., 2018).

No semiárido do Nordeste brasileiro o cultivo da gravioleira tem sido limitado, por causa das fontes hídricas disponíveis para a irrigação, que comumente apresentam elevadas concentrações de sais resultante da alta evaporação e da baixa precipitação, o que reduz a qualidade desse recurso para a utilização na agricultura (VELOSO et al., 2018). O excesso de sais reduz o potencial osmótico da solução do solo, limitando a disponibilidade de água para as plantas, causando uma redução na expansão da área foliar e fechamento dos estômatos, prejudicando a fotossíntese e inibindo o crescimento das plantas (ROY et al., 2014).

O acúmulo excessivo de íons nos tecidos vegetais, especialmente de Na^+ e Cl^- , pode afetar outros processos, como divisão e diferenciação celular, atividade de enzimas, absorção e distribuição de nutrientes (VOIGT et al., 2009; SÁ et al., 2015). Contudo, o grau com que o estresse salino influencia a germinação e o crescimento inicial de plântulas depende de muitos fatores como, por exemplo, a espécie vegetal, manejo de irrigação e de adubação, condições climáticas etc (DUTRA et al., 2017). Neste sentido, uma das alternativas se encontra na aclimação a partir do uso do peróxido de hidrogênio. Há de se considerar que as limitações do manejo de águas salinas no crescimento e desenvolvimento das plantas podem ser reduzidas com uso de peróxido de hidrogênio em baixas concentrações, utilizado no processo de aclimação de plantas ao estresse salino (ARAGÃO et al., 2011).

Neste contexto, várias pesquisas foram desenvolvidas avaliando os efeitos do peróxido de hidrogênio como atenuador do estresse salino, a exemplo de Silva et al. (2016) ao verificarem que a aplicação de H_2O_2 nas concentrações de 7 a 8 μM na semeadura e pulverização foliar promoveu aclimação de plantas de milho à salinidade da água de irrigação de 2,0 dS m^{-1} na fase inicial de crescimento. Silva et al. (2018) trabalhando com plantas de graviola cv. Morada Nova submetidas a salinidade da água de irrigação variando de 0,7 a 3,5 dS m^{-1} , constataram que o pré-tratamento mediante a embebição das sementes e pulverização foliar atenuaram os efeitos deletérios da salinidade da água de irrigação sobre a emergência e o crescimento da gravioleira, aos 85 e aos 145 dias após a semeadura.

Apesar de existirem pesquisas estudando os efeitos do peróxido de hidrogênio com gravioleira, os estudos se limitam apenas à aplicação de diferentes concentrações. Na literatura são incipientes informações relativas ao método de aplicação de peróxido de hidrogênio durante a formação de mudas. Por isso, objetivou-se avaliar os efeitos de quatro métodos de aplicação do peróxido de hidrogênio como atenuantes do estresse salino nas trocas gasosas e crescimento de mudas de gravioleira cv. Morada Nova.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido entre os meses de abril e setembro de 2019, sob condição casa de vegetação da Unidade acadêmica de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande (CTRN/UFCG), em Campina Grande, PB (7°15'18" S, 35° 52' 28" W e altitude de 550 m).

Os tratamentos foram constituídos da combinação de cinco níveis de condutividade elétrica da água de irrigação - CEa (0,6; 1,2; 1,8; 2,4 e 3,0 dS m^{-1}) e quatro métodos de

aplicação de peróxido de hidrogênio - H₂O₂ (M1-sem aplicação de H₂O₂, M2- aplicação via embebição das sementes, M3- aplicação por pulverização foliar e M4- aplicação por embebição das sementes e pulverização foliar), em arranjo fatorial 5 x 4, distribuídos no delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições e duas plantas por unidade experimental, totalizando 160 plantas. Os níveis salinos utilizados nesta pesquisa foram baseados em estudos realizados por Silva et al. (2019a).

No preparo das águas de irrigação foi utilizado o cloreto de sódio (NaCl), ajustando-se a concentração da água de abastecimento (0,4 dS m⁻¹) disponível no município de Campina Grande, Paraíba, considerando a relação entre CEa e a concentração de sais (mmolc L⁻¹ = 10*CEa dS m⁻¹) recomendada por Richards et al. (1954). Após preparação e calibração da CEa, as águas salinas foram armazenadas em reservatórios plásticos de 120 L de capacidade, devidamente protegidas, de modo a evitar a evaporação.

Foram utilizadas sacolas plásticas de 2 dm³, cujo o preenchimento foi realizado colocando 2,6 kg de um substrato seco ao ar composto por solo (84%), areia (15%) e húmus (1%). O solo utilizado no experimento foi um Entisol de textura franco-arenosa, coletado na camada de 0-20 cm, da área rural do município de Lagoa Seca, PB, devidamente destorroado e peneirado. As características físico-hídricas e químicas (Tabela 1) foram determinadas de acordo com a metodologia proposta por Teixeira et al. (2017).

Tabela 1. Atributos químicos e físico-hídricas do solo utilizado no experimento, antes do início do experimento.

Características químicas									
pH (H ₂ O)	M.O.	P	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺ + H ⁺	PST	CEes
(1:2, 5)	%	(mg kg ⁻¹)(cmolc kg ⁻¹).....					(%)	(dS m ⁻¹)
5,90	1,36	6,80	0,22	0,16	2,60	3,66	1,93	1,87	1,0
Características físico-hídricas									
Fração granulométrica (dag kg ⁻¹)			Classe	Umidade (kPa)		AD	Porosidade	DA	DP
Areia	Silte	Argila	textural	33,42	1519,5		total		
				dag kg ⁻¹	%	(g cm ⁻³)	
73,29	14,21	12,50	FA	11,98	4,32	7,66	47,74	1,39	2,66

M.O. – Matéria orgânica: Digestão Úmida Walkley-Black; Ca²⁺ e Mg²⁺ extraídos com KCl 1 mol L⁻¹ pH 7,0; Na⁺ e K⁺ extraídos utilizando-se NH₄OAc 1 mol L⁻¹ pH 7,0; Al³⁺ e H⁺ extraídos com acetato de cálcio 1 mol L⁻¹ pH 7,0; PST- Percentagem de sódio trocável; CEes – Condutividade elétrica do extrato de saturação; FA – Franco Arenoso; AD – Água disponível; DA- Densidade aparente; DP- Densidade de partículas

A cultivar de gravioleira Morada Nova foi escolhida por ser o material genético preferido dos agricultores do Nordeste, compondo a maioria dos pomares comerciais no Brasil, pois apresenta maior número de caracteres favoráveis, tais como, alta produtividade, melhor qualidade do fruto e menor suscetibilidade à broca do fruto (*Cerconota anonnella* Sepp.) (COSTA et al., 2016).

As sementes utilizadas no experimento foram obtidas de frutos colhidos em um pomar comercial localizado no município de Sousa, PB. O processo de extração da semente ocorreu de forma manual; depois foram secas ao ar e realizado o processo de quebra de dormência por meio do corte distal ao embrião, conforme metodologia proposta por Mendonça et al. (2007).

As sementes dos tratamentos embebição e embebição + pulverização passaram por um pré-tratamento com peróxido de hidrogênio, onde foram embebidas na concentração de 20 μM por um período de 36 h no escuro. A concentração de peróxido de hidrogênio e o tempo de embebição foram estabelecidos com base no estudo desenvolvido por Silva et al. (2019a), sendo a concentração obtida por diluição de H_2O_2 em água destilada, logo após a preparação ela foi armazenada em um ambiente escuro. Em seguida, foram semeadas três sementes de gravioleira a 3 cm de profundidade e distribuídas de forma equidistante; aos 40 dias após semeio foi realizado o desbaste, com a finalidade de se ter apenas uma planta por sacola, sendo escolhida a que apresentava o melhor vigor.

Antes da semeadura elevou-se o teor de umidade do solo até alcançar a capacidade de campo utilizando a água conforme o tratamento. A irrigação foi feita diariamente aplicandoem cada sacola plástica um volume de água de forma a manter a umidade do substrato próximo à capacidade de campo, sendo o volume aplicado determinado de acordo com a necessidade hídrica das plantas, estimada pelo balanço de água mediante subtração de volume drenado do volume aplicado na irrigação anterior, acrescido de uma fração de lixiviação de 0,10 a cada 20 dias (AYERS & WESTCOT, 1999), buscando evitar acumulação excessiva de sais na zona radicular.

A adubação com nitrogênio, potássio e fósforo foi realizada em cobertura, baseada na recomendação contida em Novais et al. (1991). Aplicou-se 0,58 g de ureia, 0,65 g de cloreto de potássio e 1,56 g de fosfato monoamônio, o equivalente a 100, 150 e 300 mg kg^{-1} de N, K_2O e P_2O_5 , respectivamente, aplicados em quatro aplicações iguais via fertigação, em intervalos de 15 dias, com a primeira aplicação realizada aos 15 dias após semeadura (DAS). Visando suprir a necessidade de micronutrientes, foram aplicadas via foliar, aos 60, 75 e 90, 105, 120 e 135 DAS, 2,5 g L^{-1} de uma solução com a seguinte composição: N (15%); P_2O_5 (15%); K_2O (15%); Ca (1%); Mg (1,4%); S (2,7%); Zn (0,5%); B (0,05%); Fe (0,5%); Mn (0,05%); Cu (0,5%); Mo (0,02%).

Aos 70, 85, 100, 115 e 130 DAS as plantas do tratamento M3 (pulverização foliar) e M4 (embebição das sementes + pulverização foliar) foram submetidas a aplicações de H_2O_2 (20 μM). As aplicações foram feitas manualmente às 17:00 horas, pulverizando as faces abaxial e

adaxial das folhas, de modo a se obter o molhamento completo das folhagens através de um borrifador.

A partir disso, os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F aos níveis de 0,05 e 0,01 de probabilidade e, quando significativo, realizou-se análise de regressão polinomial linear e quadrática para o fator níveis salinos, enquanto que para os métodos de aplicação de H₂O₂ aplicou-se teste de Tukey ($p \leq 0,05$) pelo software estatístico SISVAR (FERREIRA, 2014).

Aos 145 dias após a semeadura (DAS) foram analisadas as trocas gasosas através da condutância estomática - g_s (mol de H₂O m⁻² s⁻¹), transpiração - E (mmol de H₂O m⁻² s⁻¹), taxa de assimilação de CO₂ - A (μmol m⁻² s⁻¹) e a concentração interna de CO₂ - C_i (μmol m⁻² s⁻¹) avaliadas na terceira folha, contada a partir do ápice, usando o equipamento portátil de medição de fotossíntese “LCPro⁺” da ADC BioScientific Ltda. A partir desses dados, foram quantificadas a eficiência instantânea no uso da água (EIUA) (A/E) [(μmol m⁻² s⁻¹) (mol H₂O m⁻² s⁻¹)⁻¹] e da carboxilação (EiCi) (A/C_i) [(μmol m⁻² s⁻¹) (μmol mol⁻¹)⁻¹]. Já nos 85 e 145 dias após a semeadura (DAS) observou-se as seguintes variáveis de crescimento: altura de plantas (AP), diâmetro de caule (DC), número de folhas (NF), área foliar (AF) e aos 145 DAS.

A altura de plantas (cm) foi medida tomando como referência a distância do colo da planta à inserção do meristema apical, o DC (mm) foi medido a 2 cm do colo da planta e o número de folhas foi obtido pela contagem de folhas totalmente expandidas com comprimento mínimo de 3 cm em cada planta.

A área foliar (cm²) foi determinada, conforme recomendação de Almeida et al. (2006), considerando-se a Eq.1:

$$AF = 5,71 + 0,647CL \quad Eq. 1$$

Onde:

AF - área foliar (cm²);

C - comprimento da folha (cm);

L-largura da folha (cm).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verifica-se através dos resumos da análise de variância (Tabela 2), efeito significativo ($p \leq 0,01$) da interação entre os métodos de aplicação de peróxido de hidrogênio e a salinidade da água de irrigação para condutância estomática (g_s), transpiração (E) e taxa de assimilação

de CO₂ (A). O fator salinidade da água de irrigação influenciou de forma isolada ($p \leq 0,01$) todas as variáveis analisadas, exceto a *Ci*. Já os métodos de aplicação do peróxido de hidrogênio contribuíram de forma isolada ($p \leq 0,01$) a *gs*, *E*, *A*, e a *Ci*.

Tabela 2. Resumos da análise de variância referente à condutância estomática (*gs*), transpiração (*E*), taxa de assimilação de CO₂ (*A*), concentração interna de CO₂ (*Ci*), eficiência instantânea da carboxilação (*EiCi*) e a eficiência instantânea no uso da água (*EiUA*) da gravioleira cv. Morada nova irrigada com águas salinas e submetida a diferentes métodos de aplicação de peróxido de hidrogênio, aos 145 dias após a semeadura.

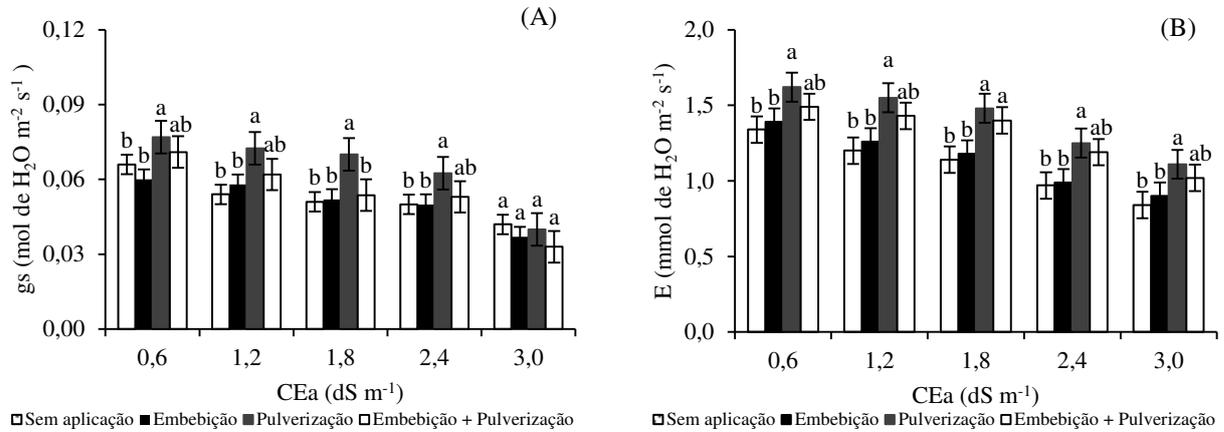
Fonte de variação	GL	Quadrados Médios					
		<i>G_s</i>	<i>E</i>	<i>A</i>	<i>Ci</i>	<i>EiCi</i>	<i>EiUA</i>
Níveis Salinos (NS)	4	0,00075**	0,2056**	5,061**	1623,80 ^{ns}	0,000173**	0,1202**
Regressão linear	1	0,00066**	0,0695**	1,637**	4781,55 ^{ns}	0,000061**	0,367**
Regressão quadrática	1	0,00031 ^{ns}	0,0796 ^{ns}	1,525 ^{ns}	1089,49 ^{ns}	0,000153 ^{ns}	0,0001 ^{ns}
Metodos de aplicação (MA)	3	0,00080**	0,3654**	8,0284**	4180,24**	0,000084 ^{ns}	0,0385 ^{ns}
Interação (NS x MA)	12	0,00051**	0,1466**	5,013**	1604,05 ^{ns}	0,000191 ^{ns}	1,130 ^{ns}
Resíduo	3	0,00004	0,1734	0,2555	498,91	0,000031	0,176
CV (%)		14,63	17,18	8,87	12,87	10,26	6,39

ns, **, * não significativo, significativo a $p \leq 0,01$ e a $p \leq 0,05$, respectivamente, GL-graus de liberdade, CV-coeficiente de variação

O aumento da salinidade da água de irrigação a partir de 1,2 dS m⁻¹ afetou negativamente a condutância estomática (Figura 1A) e a transpiração (Figura 1B) das plantas de gravioleira, nota-se redução de 36,37% (0,024 mol de H₂O m⁻² s⁻¹) na *gs* e 37,31% (0,5 mmol de H₂O m⁻² s⁻¹) na *E* nas plantas que não receberam H₂O₂, irrigadas com as águas de maior salinidade (3,0 dS m⁻¹) em relação as de menor nível salino (0,6 dS m⁻¹). A redução na *gs* e na *E* ocorreu devido ao estresse osmótico, que pode ocasionar mudanças fisiológicas nas plantas como fechamento dos estômatos, com conseqüente diminuição da transpiração e redução da taxa fotossintética (NEVES et al., 2009).

Contudo, apesar das reduções na *gs* e na *E* com o aumento da salinidade, nota-se que as mudas que tiveram as suas folhas pulverizadas com peróxido de hidrogênio alcançaram uma maior *gs* (0,077, 0,0725, 0,070 e 0,0625 mol de H₂O m⁻² s⁻¹) respectivamente para 0,6, 1,2, 1,8 e 2,4 dS m⁻¹ e os maiores valores de *E* (1,62, 1,55, 1,40, 1,25 e 1,11 mmol de H₂O m⁻² s⁻¹) até o maior nível de salinidade (3,0 dS m⁻¹), quando comparado aos demais métodos de aplicação. Para Formam et al. (2010), as plantas pré-expostas a metabólitos sinalizadores como o H₂O₂ ou a estresses moderados pode resultar numa sinalização metabólica da célula e assim, ter melhor desempenho fisiológico quando exposta a condições de estresse severo, fato

que pode ter ocorrido nesse estudo com as plantas submetidas ao método de aplicação por pulverização foliar com H_2O_2 .



Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Figura 1. Condutância estomática - g_s (A) e Transpiração - (E) (B) das plantas de gravioleira cv. Morada Nova em função da interação entre a salinidade da água de irrigação- CEa e os métodos de aplicação de peróxido de hidrogênio, aos 145 dias após semeadura.

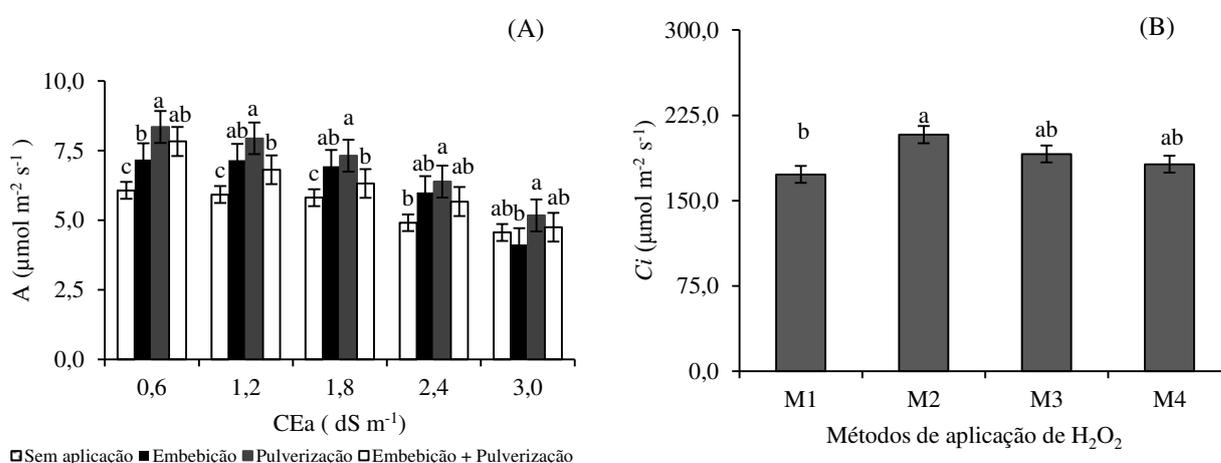
De forma similar a g_s e a E (Figuras 1A e 1B), a taxa de assimilação CO_2 das plantas de gravioleira também foi influenciada pela interação entre os fatores níveis salinos e métodos de aplicação de H_2O_2 e conforme teste de comparação de médias (Figura 2A) houve redução na A com o aumento da CEa. A diminuição na taxa de assimilação de CO_2 pode ser resultado da baixa disponibilidade de água para as plantas, devido ao aumento da CEa ocasionando fechamento estomático, que por sua vez, restringe a entrada de CO_2 nas células do mesófilo foliar (MUNNS E TESTER, 2008; SILVA et al., 2010)

Apesar da redução na A , nota-se que as plantas de gravioleira que receberam H_2O_2 via pulverização foliar obtiveram os maiores valores de A (8,35, 7,94, 7,32, 6,39 e 5,17 $\mu mol m^{-2} s^{-1}$) respectivamente para 0,6, 1,2 1,8, 2,4 e 3,0 dS m^{-1} . Para as plantas que não receberam aplicação de H_2O_2 e que foram irrigadas com água de 3,0 dS m^{-1} verifica-se redução de 24,87% (1,51 $\mu mol m^{-2} s^{-1}$), em relação ao menor nível salino (0,6 dS m^{-1}). Silva et al. (2019b), estudando o estresse salino (CEa variando de 0,7 a 3,5 dS m^{-1}) e aplicação exógena de peróxido de hidrogênio nas variáveis fotossintéticas da gravioleira, observaram que o pré-tratamento das plantas de graviola com peróxido de hidrogênio por meio da embebição das sementes (25 e 50 μM) atenuou os efeitos deletérios do estresse salino sobre a condutância estomática e taxa de assimilação de CO_2 , resultados contrários aos percebidos nesse estudo.

A concentração interna de CO_2 (C_i) das plantas de gravioleira diferiu significativamente entre os métodos de aplicação de peróxido de hidrogênio. Como indicado na Figura 2B, o método de aplicação de H_2O_2 por embebição das sementes resultou no maior valor de (C_i)

($208 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), correspondendo a um aumento de 16,82% ($35 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) em relação às plantas que não foram submetidas ao peróxido de hidrogênio.

O método de aplicação de peróxido de hidrogênio via embebição das sementes alcançou maior valor na *CI* possivelmente, pelo fato, de que as sementes tiveram um contato prévio com o H_2O_2 antes da exposição ao estresse salino. De forma similar, em pesquisa desenvolvida por Silva et al. (2019b) em plantas de maracujá sob estresse salino (0,7, 1,4, 2,1 e $2,8 \text{ dS m}^{-1}$), foi constatado que a aplicação de peróxido de hidrogênio (0, 25, 50 e $75 \mu\text{M}$) por meio da embebição das sementes mitigou os efeitos deletérios causados pela salinidade da água de irrigação na concentração interna de CO_2 .



M1 =Sem aplicação de H_2O_2 ; M2 = Embebição das sementes; M3 = Pulverização foliar; M4 = Embebição das sementes + Pulverização foliar; Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Figura 2. Taxa de assimilação de CO_2 - A (A) da gravioleira cv. Morada Nova, em função da interação entre a salinidade da água de irrigação - CEa e métodos de aplicação de peróxido de hidrogênio e concentração interna de CO_2 - Ci (B) em função dos métodos de aplicação do peróxido de hidrogênio, aos 145 dias após semeadura

A salinidade da água de irrigação inibiu a *EiCi* (Figura 3A) e a *EiUA* (Figura 3B) da gravioleira aos 145 DAS; de acordo com as equações de regressão nota-se declínios na *EiCi* de 8,50% e 4,97% na *EiUA* por incremento unitário da CEa. Ao comparar em termos relativos os resultados obtidos nas plantas irrigadas com água de maior salinidade ($3,0 \text{ dS m}^{-1}$) em relação as plantas irrigadas com o menor nível salino ($0,6 \text{ dS m}^{-1}$) constata-se redução de 24,32% [$0,009 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ($\mu\text{mol mol}^{-1}$)] na *EiCi* e 13,54% [$0,75 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$)⁻¹] na *EiUA*. De acordo com Oliveira et al. (2017), com o aumento da concentração salina no solo, a planta apresenta maior dificuldade em absorver água e nutrientes, desta forma, para evitar a perda excessiva de água ocorre o fechamento estomático, restringindo a entrada de

CO₂ na câmara subestomática comprometendo, além de outras variáveis a eficiência de carboxilação e a eficiência no uso da água.

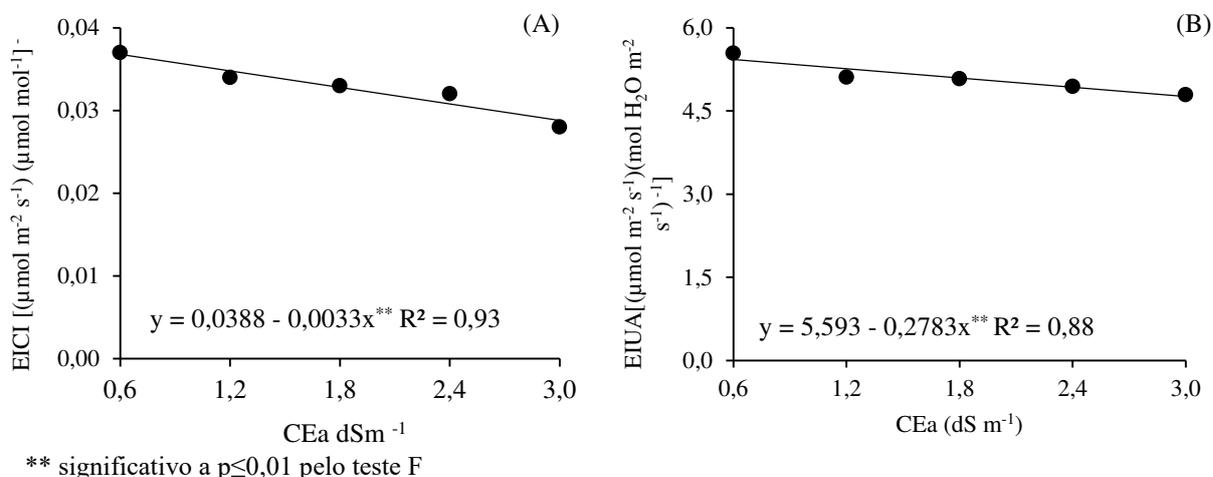


Figura 3. Eficiência instantânea de carboxilação- EiCi (A) das plantas de gravioleira cv. Morada Nova e eficiência instantânea no uso de água - EiUA (B) em função dos níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (CEa), aos 145 dias após semeadura

Avaliando o resumo da análise de variância (Tabela 3) é possível identificar efeito significativo ($p \leq 0,01$) da interação entre os fatores salinidade da água de irrigação e métodos de aplicação de peróxido de hidrogênio para altura de plantas (AP), diâmetro de caule (DC), área foliar (AF) e número de folhas (NF), aos 85 DAS e para a área foliar (AF) aos 145 DAS. O fator salinidade da água de irrigação analisado de forma isolada, contribuiu de forma relevante ($p \leq 0,01$) em todas as variáveis analisadas aos 85 e 145 DAS. Já os métodos de aplicação de peróxido de hidrogênio proporcionaram efeito considerável para AP, DC, AF e NF aos 85 e para a AF aos 145 DAS.

Tabela 3. Resumos da análise de variância referente à altura de plantas (AP), diâmetro de caule (DC), área foliar (AF) e número de folhas (NF) das plantas de gravioleira cv. Morada Nova irrigadas com águas salinas e submetidas a diferentes métodos de aplicação de peróxido de hidrogênio, aos 85 e 145 dias após a semeadura (DAS).

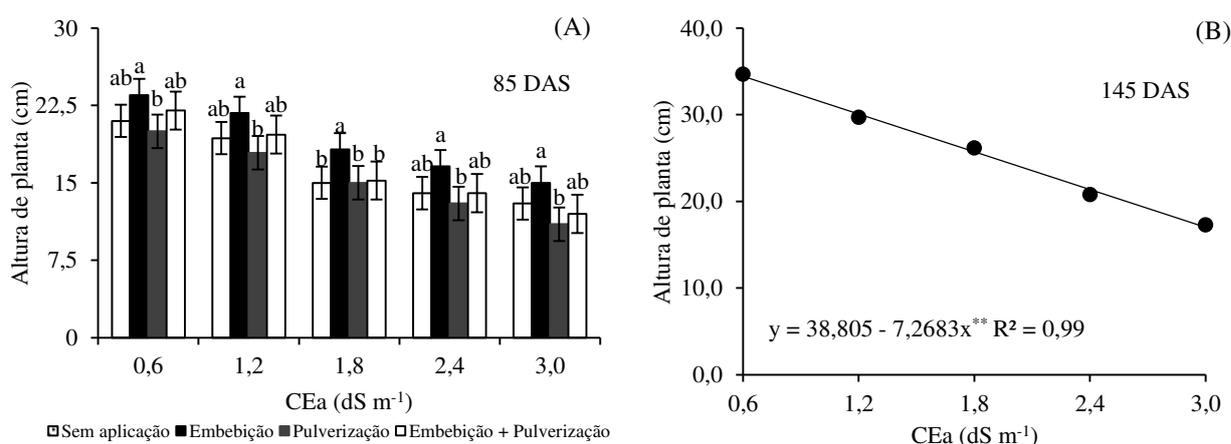
Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios							
		AP		DC		AF		NF	
		Dias após a semeadura							
		85	145	85	145	85	145	85	145

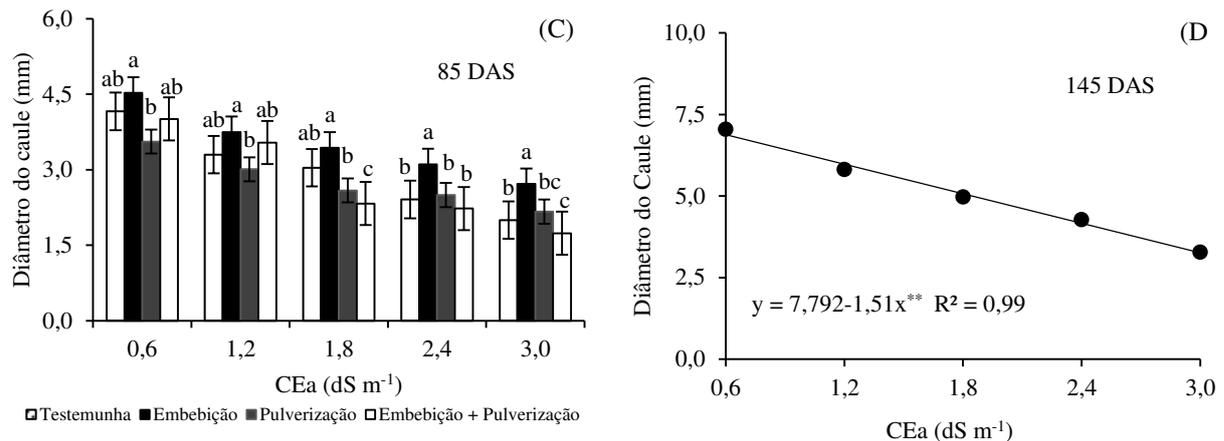
Níveis salinos (NS)	4	213,19**	763,97**	8,56**	33,09**	100882,3**	7400070,8**	78,68**	109,50**
Regressão linear	1	788,68**	3043,2**	31,60**	131,18**	393131,7**	1558713,8**	391,93**	431,22**
Regressão quadrática	1	60,14 ^{ns}	1,43 ^{ns}	2,55 ^{ns}	0,453 ^{ns}	6536,16 ^{ns}	32524,8 ^{ns}	1,08 ^{ns}	1,264 ^{ns}
Métodos de aplicação (MA)	3	21,70**	11,42 ^{ns}	1,51**	0,833 ^{ns}	12340,4**	53953,95**	8,60**	7,37 ^{ns}
Interação (NS x MA)	12	6,83**	33,79 ^{ns}	0,29**	1,94 ^{ns}	2344,54 ^{ns}	54587,0**	6,57**	16,0 ^{ns}
Resíduo	3	1,49	2,21	0,263	0,202	692,62	5967,1	0,492	7,90
CV (%)		6,41	9,09	9,29	11,99	12,73	17,64	10,87	15,27

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

Ao analisar a interação entre os níveis de salinidades da água de irrigação e os métodos de aplicação do peróxido de hidrogênio (H_2O_2) para altura de plantas de graviola (Figura 4A) é possível observar que as plantas de graviola cv. Morada Nova tiveram a sua altura de planta reduzida aos 85 DAS em função do aumento da salinidade. Pois, o método de aplicação de H_2O_2 via embebição das sementes, proporcionou os maiores valores de AP (23,5 21,75, 18,23, 16,6 e 15 cm) para os níveis de CEa de 0,6; 1,2; 1,8; 2,4 e 3,0 $dS m^{-1}$ respectivamente.

Os autores Gondim et al. (2010), analisando o pré-tratamento com H_2O_2 em sementes de milho e seus efeitos sobre a germinação e aclimação de plântulas ao estresse salino, concluíram que o pré-tratamento via embebição das sementes, diminui os efeitos deletérios da salinidade sobre o crescimento do milho. Esse resultado pode ter ocorrido em virtude do papel do peróxido de hidrogênio como molécula sinalizadora sob estresses bióticos e abióticos. Além disso, o H_2O_2 atua induzindo o sistema de defesa de enzimas antioxidantes quando aplicado em baixas concentrações, atenuando os efeitos deletérios da salinidade (CARVALHO et al., 2011; PETROV & BREUSEGEM, 2012).





** significativo a $p \leq 0,01$ pelo teste F

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Figura 4. Altura de plantas da gravioleira cv. Morada Nova aos 85 (A) dias após a semeadura (DAS) em função da interação (NS x MA) entre a salinidade da água de irrigação- CEa e os métodos de aplicação de peróxido de hidrogênio; Altura de plantas aos 145 DAS (B) em função dos níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (CEa); e diâmetro de caule aos 85 (DAS) (C) em função da interação NS x MA e aos 145 DAS (D) em função dos níveis de CEa

O aumento da salinidade da água de irrigação causou uma redução linear na altura de plantas de gravioleira aos 145 DAS e de acordo com a equação de regressão (Figura 4B), verifica-se decréscimos de 18,73% por incremento unitário da CEa, equivalente a uma redução de 50,63% (17,44 cm), nas plantas irrigadas com CEa de 3,0 dS m⁻¹ em relação as que foram submetidas à salinidade da água de 0,6 dS m⁻¹. A redução na AP com o incremento da salinidade da água pode estar relacionada ao déficit hídrico induzido pelo efeito osmótico, promovendo fechamento estomático e redução das trocas gasosas e diminuindo consequentemente, a absorção de água e nutrientes pelas plantas, o que resulta em menor crescimento (LIMA et al., 2015).

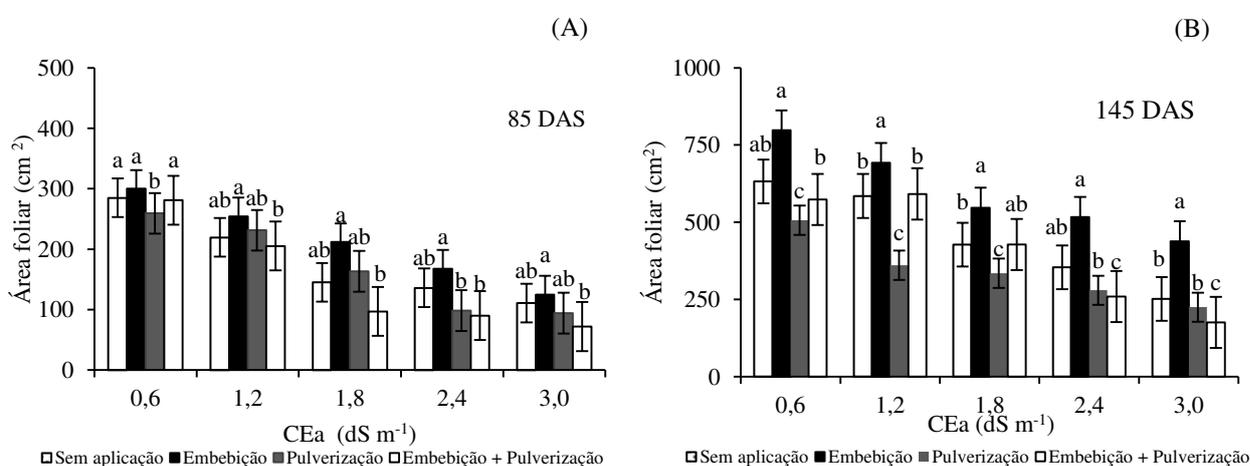
Com relação ao diâmetro do caule (DC) das plantas de gravioleira aos 85 DAS (Figura 4C), constata-se que os maiores valores de DC (4,53, 4,06, 3,43, 3,11 e 2,72 mm) foram obtidos com o método de aplicação via embebição das sementes nos níveis salinos de 0,6; 1,2; 1,8; 2,4 e 3,0 dS m⁻¹ respectivamente. Silva et al. (2019c) sinalizam que o pré-tratamento de sementes com peróxido de hidrogênio atenua os efeitos deletérios da salinidade da água de irrigação sobre o diâmetro de caule da gravioleira cv. Morada Nova aos 110 dias após a semeadura, resultado similar ao encontrado neste estudo.

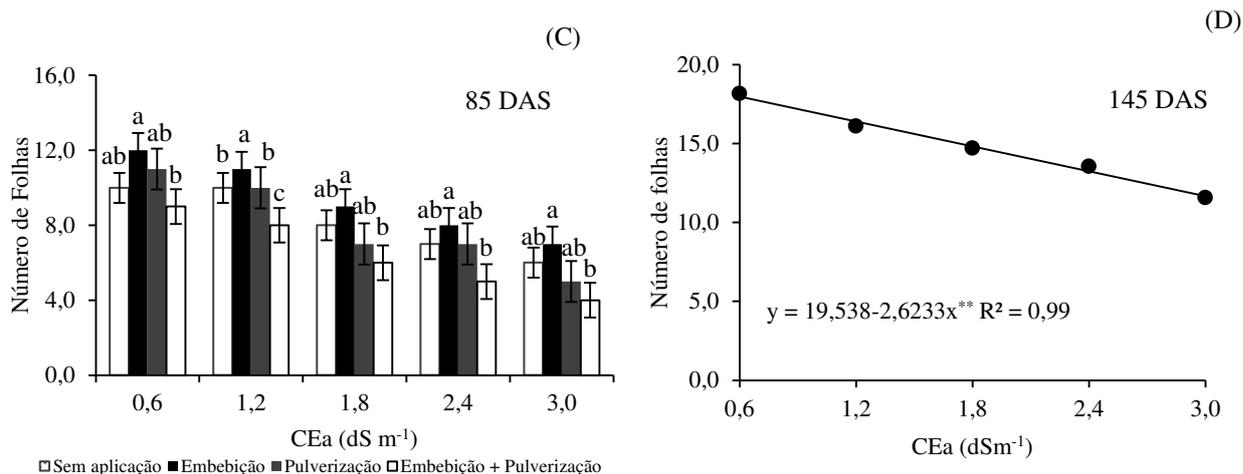
A salinidade da água inibiu o desenvolvimento do diâmetro do caule (Figura 4D) da gravioleira aos 145 DAS; de acordo com as equações de regressão nota-se declínio no DC de

19,38% por incremento unitário da CEa. Ao comparar em termos relativos os resultados obtidos nas plantas irrigadas com água de maior salinidade ($3,0 \text{ dS m}^{-1}$) as plantas irrigadas com o menor nível salino ($0,6 \text{ dS m}^{-1}$) observa-se redução de 52,63% (3,62 mm) no DC. Resultado que também foi registrado por Veloso et al. (2019) ao pesquisarem os efeitos da água salina (CEa variando de 0,3 a $3,5 \text{ dS m}^{-1}$) e aplicação exógena de peróxido de hidrogênio (H_2O_2) em mudas de graviola.

Ao estudar a interação entre os níveis salinos e os métodos de aplicação do H_2O_2 verifica-se que o aumento da condutividade elétrica da água de irrigação acima de $1,2 \text{ dS m}^{-1}$ afetou negativamente a AF aos 85 DAS (Figura 5A) e aos 145 DAS (Figura 5B). A redução da área foliar sob condições de estresse salino é comumente considerada uma estratégia de proteção e/ou aclimatação das plantas à alta salinidade, mitigando as perdas de água através do processo de transpiração e manutenção de alto potencial hídrico na célula (NASCIMENTO et al., 2019).

Entretanto, ao utilizar o H_2O_2 pelo método de aplicação por embebição das sementes, percebe-se que o efeito deletério na AF aos 85 DAS causado pelo incremento da salinidade da água de irrigação é mitigado. Além disso, o método de aplicação de H_2O_2 por pulverização foliar obteve os maiores valores de AF ($797,42, 692,44, 546,7$ e $516,93 \text{ cm}^2$) para 0,6; 1,2; 1,8 e $2,4 \text{ dSm}^{-1}$ respectivamente, aos 145 DAS. Gondim et al. (2011), avaliando os efeitos do H_2O_2 no crescimento e acúmulo de solutos em plantas de milho sob estresse salino e Silva et al. (2016) estudando métodos de aplicação de diferentes concentrações de H_2O_2 em milho sob estresse salino, verificaram que o pré-tratamento por meio da pulverização com peróxido de hidrogênio induziu a aclimatação das plantas, corroborando aos dados apresentados nessa pesquisa aos 145 DAS.





** significativo a $p \leq 0,01$ pelo teste F

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$)

Figura 5. Área foliar (A e B) das plantas de gravioleira cv. Morada Nova, aos 85 e 145 dias após semeadura (DAS), e número de folhas (C) aos 85 DAS em função da interação entre a salinidade da água de irrigação- CEA e os métodos de aplicação de peróxido de hidrogênio; e número de folhas (D) aos 145 DAS em função da dos níveis de condutividade elétrica da água de irrigação-(CEa)

Mesmo com a diminuição do número de folhas das plantas de gravioleira (NF), aos 85 DAS com incremento da salinidade da água, vê-se com base nos testes de comparação de médias (Figura 5C), que a aplicação do peróxido de hidrogênio através do método de aplicação por embebição das sementes promoveu maior valor no NF em todos os níveis salinos quando comparado aos demais métodos. Bem como Santos et al. (2019) que estudando a influência dos métodos de aplicação de H₂O₂ em plantas de melão submetidas ao estresse salino (0,3 e 2,0 dSm⁻¹) afirmam que a aplicação de H₂O₂ na embebição de sementes mitigou o efeito dos sais para o número de folhas do melão.

Quanto ao número de folhas da gravioleira aos 145 DAS (Figura D), constata-se que a irrigação com águas de salinidade crescente provocou efeito linear decrescente sobre o NF tendo ocorrido decréscimos de 13,43% por aumento unitário da CEA, ou seja, uma redução de 35,03% no NF em plantas irrigadas com a água de maior salinidade (3,0 dS m⁻¹) em relação ao menor nível salino (0,6 dS m⁻¹). Silva et al. (2019d) em sua pesquisa com mudas de gravioleira sob estresse salino (CEa variando de 0,7 a 3,5 dS m⁻¹) também constataram reduções no número de folhas com aumento da condutividade elétrica da água de irrigação aos 145 DAS.

O excesso de sais no solo dificulta a entrada de água nas células vegetais, levando a alterações na capacidade fotossintética (taxa de assimilação de CO₂, transpiração e

condutância estomática), inibindo o crescimento (Lima et al., 2016). Desta forma, a redução no número de folhas sob condições de estresse salino é um mecanismo de tolerância ao estresse adotado pela planta para reduzir as perdas de água por transpiração (NOBRE et al., 2014).

4. CONCLUSÕES

1. A salinidade da água de irrigação a partir de $0,6 \text{ dS m}^{-1}$ diminuiu as trocas gasosas aos 145 dias após a semeadura e o crescimento das plantas de gravioleira aos 85 e 145 dias após a semeadura (DAS).
2. O método de aplicação de H_2O_2 via pulverização foliar minimizou o efeito do estresse salino sobre a condutância estomática, transpiração e taxa de assimilação de CO_2 . Já o método de aplicação de H_2O_2 via embebição das sementes reduziu o estresse salino no crescimento de gravioleira aos 85 DAS.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAGÃO, G. F.; GOMES FILHO, E.; MARQUES, E. C.; PRISCO, J. T; Efeitos do H_2O_2 no crescimento e acúmulo de solutos em plantas de milho sob estresse salino. Revista Ciência Agrárias, v.42, n.2, p.373-381, 2011.
- ALMELA, B. L.; SANCHEZ, M. B.; FERNANDEZ, J. A. L.; ROCA, M. J.; RABE, V; Liquid chromatographic–mass spectrometric analysis of phenolics and free radical scavenging activity of rosemary extract from different raw material Journal Chromatogr, v.1120, n.1, p. 221-229, 2006.
- ALMEIDA, G. D.; SANTOS, J. G.; ZUCOLOTO, M.; VICENTINI, V. B.; MORAES, W. B.; BREGONCIO, I. S.; COELHO, R. I. Estimativa de área foliar de gravioleira por meio de dimensões foliares do limbo foliar. Revista Univap, v.13, n.24, p.1-4 2006.
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. A qualidade da água na agricultura. Campina Grande: UFPB, 1999. 218p. (Estudos da FAO Irrigação e Drenagem, 29).
- CARVALHO, F. E. L.; LOBO, A. K. M.; BONIFÁCIO, A.; MARTINS, M. O.; NETO, M. C. L.; SILVEIRA, J. A. G; Aclimação ao estresse salino em plantas de arroz induzida pelo pré-tratamento com H_2O_2 . Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 15, n.24, p. 416-423, 2011.

- COSTA, J. F. DE O.; ASSUNÇÃO, I. P.; LIMA, G. S. DE A.; MUNIZ, M. DE F. S.; LUZ, E. D. M. N. First report of *Phytophthora nicotianae* causing root rot of soursop in northeastern Brazil. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 38, n.1, p. 1-6, 2016.
- DADDIOUAISSA DJABIR & AMID AZURA. Anticancer Activity of Acetogenins from *Annona Muricata* Fruit. *International Medical Journal Malaysia*, v.17, n.3, 2018.
- DUTRA, T. R.; MASSAD, P. R. M.; RIBEIRO, E. S. M; Efeito da salinidade na germinação e crescimento inicial de plântulas de três espécies arbóreas florestais. *Pesquisa Florestal Brasileira*, v. 37, n.1, p. 323-330, 2017.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: A guide for its bootstrap procedures in multiple comparisons. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 38, n.2, p. 109-112, 2014.
- FORMAN, H. J.; MAIORINO, M.; URSINI, F. Signaling functions of reactive oxygen species. *Biochemistry*, v.49, n.2, p.835-842, 2010
- FREITAS, A. L. G. E.; VILASBOAS, F. S.; PIRES, M. M.; São José, A. R. Caracterização da Produção e do Mercado da Graviola (*Annona muricata L.*) no Estado da Bahia. *Informações Econômicas*, v. 43, n.3, p.23-34, 2013.
- GONDIM, F. A.; GOMES FILHO, E.; MARQUES, E. C.; PRISCO, J. T. Efeitos do H₂O₂ no crescimento e acúmulo de solutos em plantas de milho sob estresse salino. *Revista Ciência Agronômica*, v. 42, p. 373-38, 2011.
- GONDIM, F. A.; GOMES FILHO, E.; LACERDA, C. F.; PRISCO, J. T.; NETO, A. D. A.; MARQUES, E. C; Pretreatment with H₂O₂ in maize seeds: effects on germination and seedling acclimation to salt stress. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, v.22,n.2, p.103-1120,2010.
- LIMA, G. S. DE.; SANTOS, J. B. DOS.; SOARES, L. A. DOS A.; GHEYI, H. R.; NOBRE, R. G.; PEREIRA, R. F; Irrigação com águas salinas e aplicação de prolina foliar em cultivo de pimentão'All Big'. *Comunicata Scientiae*, v.7, n.4, p.513, 2016.
- LIMA, L. A.; OLIVEIRA.; F. A.; ALVEZ, R. C.; LINHAREZ, P. S. F.; MEDEIROS, A. M. A. DE.; BEZERRA, F, M. S; Tolerância da berinjela à salinidade da água de irrigação. *Revista Agroambiente*,v. 9, n.1, p. 27-34, 2015.
- MAGADI, V. P.; RAVI, V.; ARPITHA, A; Evaluation of cytotoxicity of aqueous extract of graviola leaves on squamous cell carcinoma cell-25 lines by 3-(4,5-di-methylthiazol-2-YI)-2,5-diphenyltetrazolium bromide assay and determination of percentage of cell inhibition at G2M phase of cell by flow cytometry:na in vitro study.*Contemp.clen.Dent*.v.6, n.4, p.529,2015.

- MENDONÇA, V.; RAMOS, J. D.; PIO, R.; GONTIJO, T. C. A.; TOSTA, M DA S;
Superação de dormência e profundidade de semeadura de sementes de gravioleira.
Revista Caatinga, v. 20, n.2, p.73-78, 2007.
- MUNNS, R & TESTER, M. Mechanism of salinity tolerance. Annual Review of Plant
Biology. v. 59, n.1, p.651-681, 2008.
- NASCIMENTO, E. C. S. NASCIMENTO, R. DO.; SILVA, A. A. R. DA.; BEZERRA, C. V.
C.; BATISTA, M. C.; VELOSO, L. L. S. A.; PEREIRA, M. C. A.; Oliveira, H; Growth
and photosynthetic pigments of cotton cultivars irrigated with saline water. Agricultural
sciences, v. 10, n.1, p. 81-91, 2019.
- NEVES, A. L. R.; LACERDA, C. F. DE.; GUIMARÃES, F. V. A.; HERNADEZ, F. F. F.;
SILVA, F. B. DA.; PRISCO, J. T.; GHEYI, H. R; Acumulação de biomassa e extração
de nutrientes por plantas de feijão de corda irrigadas com água salina em diferentes
estádios de desenvolvimento. Ciência Rural, v.39, n.3, p.758-765, 2009.
- NOBRE, R. G.; LIMA, G. S.; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A. A.; 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.
- 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, W. J. DE.; SOUZA, E. R. DE.; CUNHA, J. C.; SILVA, E. F. F.; VELOSO, V. L;
Gas exchange in cowpea and CO₂ efflux in soil irrigated with saline water. Revista
Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.21, n.1, p. 32-37, 2017.
- PETROV, V. D.; BREUSEGEM, F. V. Hydrogen peroxide: a central hub for information
flow in plant cell. AoB Plants, v. 2012, n.1, p. 1-13, 2012.
- QUILEZ, A. M.; LA PAZ, M. DE.; ARCHE, A. F.; PUERTA, R. DE LA.; GIMENEZ, D. G;
Diets supplemented with *Annona muricata* improve the symptoms of fibromyalgia.
Pharma Nutrition, v.6, n.3, p.81-84, 2018.
- RICHARDS, L. A. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Washington: U. S,
Department of Agriculture, 1954. 160 p.
- ROY, S. J.; NEGRÃO, S.; TESTER, M. Salt resistant crop plants. London, Current Opinion
in Biotechnology, v. 26, n. 1, p. 115-124, 2014.
- SÁ, F. V. DA S.; BRITO, M. E. B.; PEREIRA, I. B.; ANTÔNIO NETO, P.; SILVA, L. DE
A.; COSTA, F. B. da. Balanço de sais e crescimento inicial de mudas de pinheira

- (*Annona squamosa* L.) sob substratos irrigados com água salina. Irriga, v.20, n.3, p.544-556, 2015.
- SANTOS, A. S.; ALMEIDA, J. F.; SILVA, M. S. DE.; NOBREGA, J. S.; QUEIROGA, B. DE.; PEREIRA, J. A. R.; LINNÉ, J. A.; GOMES, F. A. L. DE. The Influence of H₂O₂ Application Methods on Melon Plants Submitted to Saline Stress. Journal of Agricultural Science, v.11, n.11, p.245-252, 2019.
- SILVA, A. A. R.; LIMA, G. S. DE.; AZEVEDO, C. V. DE.; VELOSO, L. L. S.; CAPITULINO, J. D.; GHEYI, H. R.; Induction of tolerance to salt stress in soursop seedlings using hydrogen peroxide. Comunicata Scientiae, v.10, n.4, p. 484-490, 2019a.
- SILVA, A. A. R. DA.; LIMA, G. S. DE.; AZEVEDO, C. A. V. DE.; VELOSO, L. L. DE S. A.; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A. DOS A. Salt stress and exogenous application of hydrogen peroxide on photosynthetic parameters of soursop. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.23, n.4, p. 257-263, 2019b.
- SILVA, A. A. R. DA.; LIMA, G. S. DE.; AZEVEDO, C. A. V. DE.; GHEYI, H. R.; SOUSA, L.P. VELOSO, L. L. DE S. Gas exchanges and growth of passion fruit seedlings under salt stress and hydrogen peroxide. Revista Pesquisa Agropecuária Tropical v. 49, n.1, p.55671, 2019c.
- SILVA, A. A. R.; LIMA, G. S. DE.; VELOSO, L. L. D. S. A.; AZEVEDO, C. A. V. DE.; GHEYI, H. R., FERNANDES, P. D.; SILVA, L. A. DE. Hydrogen peroxide on acclimation of soursop seedlings under irrigation water salinity. Semina: Ciências Agrárias, v.40, n.4, p.1441-1454, 2019d.
- SILVA, E. M. DA.; LIMA, G. S. DE.; GHEYI, H. R.; NOBRE, R. G.; SÁ, F. V. DA S.; SOUZA, L. DE P. Growth and gas exchanges in soursop under irrigation with saline water and nitrogen sources. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.22, n.11, p. 776-78, 2018.
- SILVA, E. M. DA.; LACERDA, F. H. D.; MEDEIROS, S. A. DE.; SOUZA, L. P. DE.; PEREIRA, F. H. F. Métodos de aplicação de diferentes concentrações de H₂O₂ em milho sob estresse salino. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, v.11, n.3, p. 01-07, 2016.
- SILVA, C. D. S.; SANTOS, P. A. A.; LIRA, J. M. S.; SANTANA, M. C.; SILVA JUNIOR, C. D. Curso diário das trocas gasosas em plantas de feijão-caupi submetidas à deficiência hídrica. Revista Caatinga, v.23, n.4, p.7-13, 2010.

- SUNS, S.; LIU, J.; SUN, X.; ZHU, W.; YANG, F.; FELCZAK, L.; DOU, Q. P.; ZHOU, K. Novel Annona ceous acetogenins from graviola (*Annona muricata*) and their anti-proliferation on human prostate cancer cell Pc-3. *Tetrahedron Letters*, v.26, n.19, p.4382-4385, 2017.
- TABART, C. J.; KEVERS, A.; SIPEL, J.; PINCEMAIL, J. O.; DEFRAIGNE, J. Dommes. Optimisation of extraction of phenolics and antioxidants from black currant leaves and buds and of stability during storage. *Food Chemistry*, v.105, n.3, p.1268-1275, 2007.
- TEIXEIRA, P. C.; DONALGEMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. Manual de métodos de análise de solos. 3 ed. Revista e ampliada, Brasília, DF: Embrapa, 2017, 573p.
- VELOSO, L. L. S. A.; AZEVEDO, C.A.V. DE.; SILVA, A. A. R. DA.; LIMA, G. S. DE .; GHEYI, H.R.; NOBREGA, R.A.; ALVES, F.W.; MOREIRA, R.C. Effects of saline water and exogenous application of hydrogen peroxide (H₂O₂) on Soursop (*Annona muricata* L.) at vegetative stage. *Australian Journal of Crop Science*, v. 13, n.3, p. 472-479, 2019.
- VELOSO, L. L. S. A.; NOBRE, R. G.; LIMA, G. S.; BARBOSA, J. L.; MELO, E. N.; GHEYI, H. R.; GONÇALVES, E. B.; SOUZA, C. M. A. Quality of soursop (*Annona muricata* L.) seedlings under different water salinity levels and nitrogen fertilization. *Australian Journal of Crop Science* v.12, n.2, p.306-310, 2018.
- VOIGT, E. L.; ALMEIDA, T. D.; CHAGAS, R. M.; PONTE, L. F. A.; VIÉGAS, R. A.; SILVEIRA, J. A. G. Source-sink regulation of cotyledonary reserve mobilization during cashew (*Anacardium occidentale*) seedling establishment under NaCl salinity. *Journal of Plant Physiology*, v. 166, n.1, p. 80-89, 2009.

PIGMENTOS FOTOSSINTÉTICOS E EFICIÊNCIA FOTOQUÍMICA DE GRAVIOLEIRA SOB MÉTODOS DE APLICAÇÃO DE H₂O₂ COMO ATENUANTES DO ESTRESSE SALINO

RESUMO: A aclimação das plantas ao estresse salino, por meio de aplicação de peróxido de hidrogênio pode ocorrer pela ativação do sistema de defesa antioxidante. Neste sentido, objetivou-se avaliar os teores de pigmentos fotossintéticos e a eficiência fotoquímica de mudas de gravioleira sob irrigação com águas salinas e distintos métodos de aplicação de peróxido de hidrogênio. O estudo foi realizado em condições de casa de vegetação, em esquema fatorial 5 x 4, sendo cinco níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (0,6; 1,2; 1,8; 2,4 e 3,0 dS m⁻¹) e quatro métodos de aplicação de peróxido de hidrogênio (M1-sem aplicação de H₂O₂, aplicação via embebição das sementes, aplicação via pulverização foliar e aplicação via embebição das sementes + pulverização foliar). A salinidade da água de irrigação até 1,4 e 1,1 dS m⁻¹ causou aumento na síntese de clorofila *b* e carotenoides, respectivamente. Já a irrigação com água a partir de 0,6 dS m⁻¹ reduziu a síntese de clorofila *a* e total das plantas de gravioleira cv. Morada Nova. A aplicação de 20 µm de H₂O₂ via embebição da semente resultou em aumento nos teores de clorofila *a* e *b*, *total*, fluorescência máxima e variável das mudas de gravioleira cv. Morada Nova. A embebição das sementes com peróxido de hidrogênio aumentou a fluorescência inicial da clorofila nas plantas irrigadas com água de 1,2 dS m⁻¹.

Palavras-chave: *Annona muricata* L., sistema de defesa antioxidante, aclimação á salinidade

PHOTOSYNTHETIC PIGMENTS AND PHOTOCHEMICAL EFFICIENCY OF GRAVIOLEIRA UNDER METHODS OF APPLICATION OF H₂O₂ AS ATTENUENTES OF SALINE STRESS

ABSTRACT: The acclimatization of plants to salt stress, through the application of hydrogen peroxide, occurs due to the activation of the antioxidant defense system. In this sense, the aim of the study was to evaluate the levels of photosynthetic pigments and the photochemical efficiency of soursop seedlings under irrigation with saline water and different methods of applying hydrogen peroxide. The study was carried out under greenhouse conditions, in a 5 x 4 factorial scheme, with five levels of electrical conductivity of the irrigation water - CEa

(0.6, 1.2, 1.8, 2.4 and 3.0 dS m⁻¹) and four methods of application of hydrogen peroxide-H₂O₂ (M1-without application of H₂O₂, application via seed soaking, application via leaf spray and application via seed soaking + leaf spray). The salinity of irrigation water up to 1.4 and 1.1 dS m⁻¹ caused an increase in the synthesis of chlorophyll b and carotenoids, respectively. Irrigation with water from 0.6 dS m⁻¹ reduced the synthesis of chlorophyll a and total of soursop plants cv. New address. The application of 20 µm H₂O₂ via seed imbibition results in an increase in the levels of chlorophyll a and b, total, maximum and variable fluorescence of the soursop seedlings cv. New address. The imbibition of the seeds with hydrogen peroxide increased the initial fluorescence of chlorophyll in plants irrigated with water of 1.2 dS m⁻¹.

Key words: *Annona muricata* L., antioxidant defense system, acclimatation to salinity.

1. INTRODUÇÃO

A gravioleira (*Annona muricata* L.) é considerada uma anonácea importante em níveis de produção e área cultivada no Brasil, especialmente no sul da Bahia. O interesse pela fruteira cresce pelas suas inúmeras utilidades alimentícias e farmacêuticas, prevenindo uma série de distúrbios crônico-degenerativos (DAUDA et al., 2018). No entanto, o cultivo da gravioleira no semiárido Nordeste, como já mencionado anteriormente, tem sido limitado por causa da salinidade da água utilizada na irrigação nessa região (SILVA et al., 2018).

Essa região, por sua vez, é caracterizada pela variabilidade na distribuição espacial e temporal das chuvas, o que favorece a escassez de água e o aumento da salinidade da água e do solo, resultando no comprometimento de todo o ciclo produtivo das culturas. Geralmente, quando as plantas sensíveis à salinidade são submetidas ao estresse salino elas podem apresentar modificações fisiológicas e bioquímicas, em razão dos efeitos tóxicos, osmóticos e nutricionais causados pelo excesso de sais (SANTANA JUNIOR et al., 2020).

Ademais, a resposta das plantas à salinidade é complexa, e a eficiência dos mecanismos fisiológicos e bioquímicos, além do ajuste molecular que é necessário para sua sobrevivência em ambientes salinos, irão depender da espécie, genótipo ou cultivar, concentração e composição dos sais na água de irrigação ou na solução do solo (RODRIGUES et al., 2019; BRÁZ et al., 2019).

A salinidade também induz estresse oxidativo devido ao acúmulo de espécie reativas de oxigênio (EROs) como peróxido de hidrogênio (H₂O₂) e radicais livres, superóxido (O₂⁻) e hidroxil (OH) que em altas concentrações, podem causar danos oxidativos aos lipídios da

membrana, proteínas e ácidos nucléicos. No entanto, a aclimação das plantas por meio de aplicação de H_2O_2 em quantidades adequadas pode ativar o sistema de defesa das plantas promovendo mudanças metabólicas que são responsáveis pelo aumento de sua tolerância a uma nova exposição ao estresse, a exemplo do estresse salino (NUNES et al., 2019; GOHARI et al., 2019).

Em relação a isso, alguns estudos foram realizados demonstrando a eficiência da aplicação exógena de H_2O_2 na aclimação das culturas ao estresse salinidade (BAGHERI et al., 2019), no entanto, na literatura não há relatos sobre a melhor forma de aplicação desse produto no cultivo agrícola. Por essa razão, este estudo teve como objetivo avaliar o efeito dos distintos métodos de aplicação de peróxido de hidrogênio como atenuantes do estresse salino nos teores de pigmentos fotossintéticos e na eficiência fotoquímica de mudas de gravioleira cv. Morada Nova.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido entre os meses de abril e setembro de 2019, sob condição casa de vegetação da Unidade acadêmica de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande (CTRN/UFCG), em Campina Grande, PB (7° 15' 18" S, 35° 52' 28" W e altitude de 550 m).

Os tratamentos foram constituídos da combinação de cinco níveis de condutividade elétrica da água de irrigação - CEa (0,6; 1,2; 1,8; 2,4 e 3,0 $dS\ m^{-1}$) e quatro métodos de aplicação de peróxido de hidrogênio - H_2O_2 (M1-sem aplicação de H_2O_2 , M2- aplicação via embebição das sementes, M3- aplicação por pulverização foliar e M4- aplicação por embebição das sementes e pulverização foliar), em arranjo fatorial 5 x 4, distribuídos no delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições e duas plantas por unidade experimental, perfazendo o total de 160 plantas. Os níveis salinos utilizados nesta pesquisa foram baseados em estudos realizados por Silva et al. (2019a).

No preparo das águas de irrigação foi utilizado o cloreto de sódio (NaCl), ajustando a concentração da água de abastecimento (0,4 $dS\ m^{-1}$) disponível no município de Campina Grande, Paraíba, considerando a relação entre CEa e a concentração de sais ($mmolc\ L^{-1} = 10 * CEa\ dS\ m^{-1}$) recomendada por Richards et al. (1954). Após preparação e calibração da CEa, as águas salinas foram armazenadas em reservatórios plásticos de 120 L de capacidade, devidamente protegidas, de modo a se evitar a evaporação.

Foram utilizadas sacolas plásticas de 2 dm³, cujo o preenchimento foi realizado colocando 2,6 kg de um substrato seco ao ar composto por solo (84%), areia (15%) e húmus (1%). O solo utilizado no experimento foi um Entisol de textura franco-arenosa, coletado na camada de 0-20 cm, da área rural do município de Lagoa Seca, PB, devidamente destorroado e peneirado. As características físico-hídricas e químicas (Tabela 1) foram determinadas de acordo com a metodologia proposta por Teixeira et al. (2017).

Tabela 1. Atributos químicos e físico-hídricos do solo utilizado no experimento, antes do início do experimento.

Características químicas									
pH (H ₂ O) (1:2, 5)	M.O. (%)	P (mg kg ⁻¹)	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺ + H ⁺	PST (%)	CEes (dS m ⁻¹)
..... (cmolc kg ⁻¹)									
5,90	1,36	6,80	0,22	0,16	2,60	3,66	1,93	1,87	1,0
Características físico-hídricas									
Fração granulométrica (dag kg ⁻¹)			Classe textural	Umidade (kPa)		AD	Porosidade total %	DA	DP
Areia	Silte	Argila		33,42	1519,5				
..... dag kg ⁻¹									
73,29	14,21	12,50	FA	11,98	4,32	7,66	47,74	1,39	2,66

M.O. – Matéria orgânica: Digestão Úmida Walkley-Black; Ca²⁺ e Mg²⁺ extraídos com KCl 1 mol L⁻¹ pH 7,0; Na⁺ e K⁺ extraídos utilizando-se NH₄OAc 1 mol L⁻¹ pH 7,0; Al³⁺ e H⁺ extraídos com acetato de cálcio 1 mol L⁻¹ pH 7,0; PST- Percentagem de sódio trocável; CEes – Condutividade elétrica do extrato de saturação; FA – Franco Arenoso; AD – Água disponível; DA- Densidade aparente; DP- Densidade de partículas.

Nesta pesquisa, avaliou-se a cultivar de gravioleira Morada Nova, por ser o material genético preferido pelos agricultores da região Nordeste, compondo a maioria dos pomares comerciais no Brasil, pois apresenta maior número de caracteres favoráveis, tais como, alta produtividade, melhor qualidade do fruto e menor suscetibilidade à broca do fruto (*Cerconota anonnella* Sepp.) (COSTA et al., 2016).

As sementes utilizadas no experimento foram obtidas de frutos colhidos em um pomar comercial localizado no município de Sousa, PB. O processo de extração da semente ocorreu de forma manual; posteriormente foram secas ao ar e realizado o processo de quebra de dormência por meio do corte distal ao embrião, conforme metodologia proposta por Mendonça et al. (2007).

As sementes dos tratamentos embebição e embebição + pulverização passaram por um pré-tratamento com peróxido de hidrogênio, onde foram embebidas na concentração de 20 µM por um período de 36 h no escuro. A concentração de peróxido de hidrogênio e o tempo de embebição foram estabelecidos de acordo com um estudo desenvolvido por Silva et al. (2019a), sendo a concentração obtida por diluição de H₂O₂ em água destilada; logo após a preparação a mesma foi armazenada em um ambiente escuro.

Em seguida, foram semeadas três sementes de gravioleira a 3 cm de profundidade e distribuídas de forma equidistante; aos 40 dias após semeio foi realizado o desbaste, com a finalidade de se ter apenas uma planta por sacola, deixando apenas a que apresentava o melhor vigor.

Antes da semeadura, elevou-se o teor de umidade do solo até alcançar a capacidade de campo utilizando-se a água conforme o tratamento. A irrigação foi realizada diariamente aplicandoem cada sacola plástica um volume de água de forma a manter a umidade do substrato próximo à capacidade de campo, sendo o volume aplicado determinado de acordo com a necessidade hídrica das plantas, estimada pelo balanço de água mediante subtração de volume drenado do volume aplicado na irrigação anterior, acrescido de uma fração de lixiviação de 0,10 a cada 20 dias (AYERS & WESTCOT, 1999), visando evitar acumulação excessiva de sais na zona radicular.

A adubação com nitrogênio, potássio e fósforo foi realizada em cobertura, partindo da recomendação contida em Novais et al. (1991). Aplicou-se 0,58 g de ureia, 0,65 g de cloreto de potássio e 1,56 g de fosfato monoamônio, o equivalente a 100, 150 e 300 mg kg⁻¹ de N, K₂O e P₂O₅, respectivamente, aplicados em quatro aplicações iguais via fertigação, em intervalos de 15 dias, com a primeira aplicação realizada aos 15 dias após semeadura (DAS). Procurando suprir a necessidade de micronutrientes, foram aplicados via foliar, aos 60, 75 e 90, 105, 120 e 135 DAS, 2,5 g L⁻¹ de uma solução com a seguinte composição: N (15%); P₂O₅ (15%); K₂O (15%); Ca (1%); Mg (1,4%); S (2,7%); Zn (0,5%); B (0,05%); Fe (0,5%); Mn (0,05%); Cu (0,5%); Mo (0,02%).

Aos 70, 85, 100, 115 e 130 DAS às plantas do tratamento M3 (pulverização foliar) e M4 (embebição das sementes + pulverização foliar) foram submetidas a aplicações de H₂O₂ (20 µM). As aplicações eram feitas manualmente às 17:00 h, pulverizando as faces abaxial e adaxial das folhas, de modo a se obter o molhamento completo das folhagens utilizando um borrifador.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F em nível de 0,05 e 0,01 de probabilidade e nos casos de significância, realizou-se análise de regressão polinomial linear e quadrática para os níveis de salinidade da água de irrigação; e para os métodos de aplicação de H₂O₂ comparou-se as médias pelo teste de Tukey no nível de probabilidade de 0,05, utilizando-se o software estatístico SISVAR (FERREIRA et al., 2014).

Determinou-se a fluorescência inicial (Fo), máxima (Fm) e variável (Fv), eficiência quântica do FSII (Fv/Fm), teor de clorofila *a*, *b*, *total* e carotenoides. Aos 145 DAS a

eficiência fotoquímica foi mensurada em folhas pré-adaptadas ao escuro, mediante uso de pinças foliares durante 30 minutos, entre às 7:00 e 8:00 h da manhã, na folha mediana do ramo produtivo intermediário da planta, utilizando-se fluorômetro modulado, modelo OS5p da Opti Science.

Os pigmentos fotossintéticos foram quantificados seguindo o método laboratorial desenvolvido por Arnon (1949), em que os extratos vegetais são obtidos a partir de amostras de discos da terceira folha madura do ápice. Esses extratos foram utilizados para determinar os teores de clorofilas *a* e *b*, total e carotenóides nas soluções utilizando um espectrofotômetro nos comprimentos de onda da absorvância (ABS) (470, 646 e 663 nm), utilizando as seguintes equações: Clorofila *a* (Cl *a*) = (12,21 x ABS663) - (2,81 x ABS646); Clorofila *b* (Cl *b*) = (20,13 x ABS64) - (5,03 x ABS663) e Carotenóides (Caro) = [(1000 x ABS470) - (1,82 x Cl *a*) - (85,02 x Cl *b*)]/198. Os valores obtidos para os teores de clorofila *a*, *b*, total e carotenóides nas folhas foram expressos em mg g⁻¹ MF (matéria fresca).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

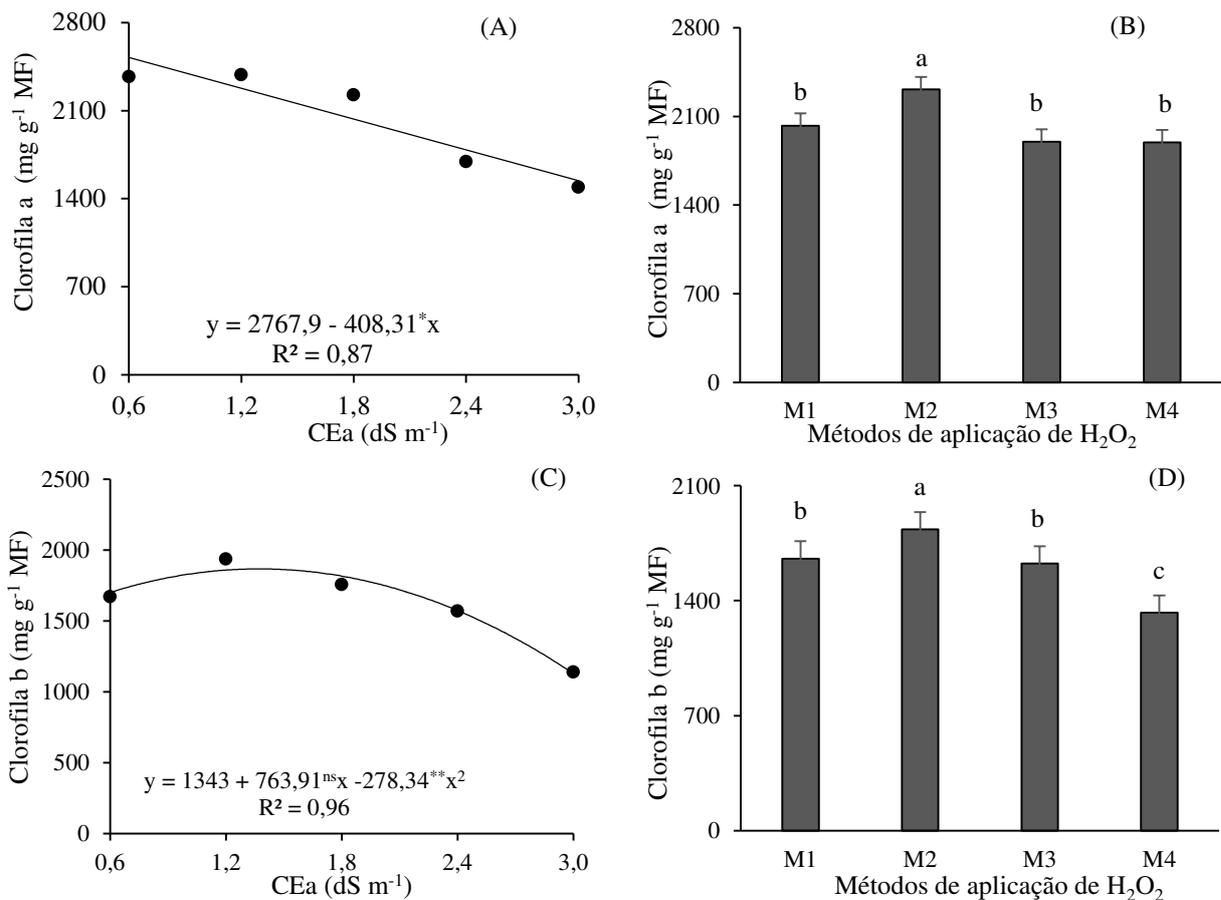
A partir da análise de variância (Tabela 2) observa-se efeito expressivo dos níveis de salinidade da água de irrigação sobre a clorofila *a* e *b* total e carotenoides das plantas de gravioleira. Quanto aos métodos de aplicação de peróxido de hidrogênio houve diferença significativa apenas para a clorofila *b*. Não ocorrendo efeito significativo da interação entre os fatores (NS x MA) sobre as variáveis mensuradas.

Tabela 2. Resumo da análise de variância para clorofila *a* (Cl*a*), clorofila *b* (Cl*b*), clorofila total (Cl*total*) e carotenóides (Car) das plantas de gravioleira cv. Morada Nova irrigadas com águas salinas e submetidas a diferentes métodos de aplicação de peróxido de hidrogênio (H₂O₂), aos 145 dias após a semeadura (DAS)

Fonte de variação	GL	Quadrados Médios			
		Cl <i>a</i>	Cl <i>b</i>	Cl <i>total</i>	Car
Níveis salinos (NS)	4	2089131,7 ^{**}	11733778,8 ^{**}	5900951,4 ^{**}	625117,5 ^{**}
Regressão linear	1	6166132,4 ^{**}	1160243,6 ^{ns}	1267581,8 ^{ns}	19188,23 ^{**}
Regressão quadrática	1	1441644,8 ^{ns}	3060474,7 ^{**}	8703159,5 ^{**}	32941,1 ^{ns}
Métodos de aplicação (MA)	3	598617,32 ^{**}	904425,25 ^{**}	2260975,1 ^{**}	30851,9 ^{ns}
Interação (NS x MA)	12	726923,98 ^{ns}	5335544,1 ^{ns}	2051553,9 ^{ns}	57832,0 ^{ns}
Resíduo	3	411672,59	1637829,7	3412116,6	43210,7
CV (%)		17,08	23,53	17,20	23,22

^{ns}, ^{**}, ^{*} não significativo, significativo a p ≤ 0,01 e a p ≤ 0,05 respectivamente, GL- graus de liberdade, CV- coeficiente de variação.

A irrigação com água de diferentes níveis salinos afetou o teor de clorofila *a* das mudas de gravioleira, de acordo com a equação de regressão (Figura 1A) tem-se decréscimo linear de 14,75% por incremento unitário da CEa, resultando em uma redução de 38,84 % nas plantas irrigadas com água de CEa de 3,0 dSm⁻¹ em comparação com as submetidas a salinidade da água de 0,6 dS m⁻¹. A redução na síntese de pigmentos fotossintéticos pode está relacionado com a ativação da enzima clorofilase, que ocorre em plantas estressadas, e é o principal fator relacionado à redução dos pigmentos fotossintéticos. Ademais, os danos causados aos pigmentos promovem alterações bioquímicas que podem limitar a atividade fotossintética, podendo resultar em danos oxidativos às células (MONTEIRO et al., 2018). Em pesquisa desenvolvida por Silva et al. (2019b), avaliando a salinidade da água na síntese de pigmentos fotossintéticos da gravioleira, constataram que o estresse salino ocasionou redução de 15,2% na síntese de clorofila *a* de plantas de gravioleira irrigadas com CEa de 3,5 dS m⁻¹, aos 120 dias após o semeio.



ns, **, * não significativo, significativo a $p \leq 0,01$ e a $p \leq 0,05$ pelo teste F, respectivamente.

M1= sem aplicação de H₂O₂, M2= aplicação via embebição das sementes, M3= aplicação via pulverização foliar e M4= aplicação via embebição das sementes + pulverização foliar; médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Figura 1. Clorofila *a* e *b* de plantas de gravioleira cv. Morada Nova em função da condutividade elétrica da água de irrigação – CEa (A e C) e dos métodos de aplicação do H₂O₂ (B e D), aos 145 dias após o semeio (DAS).

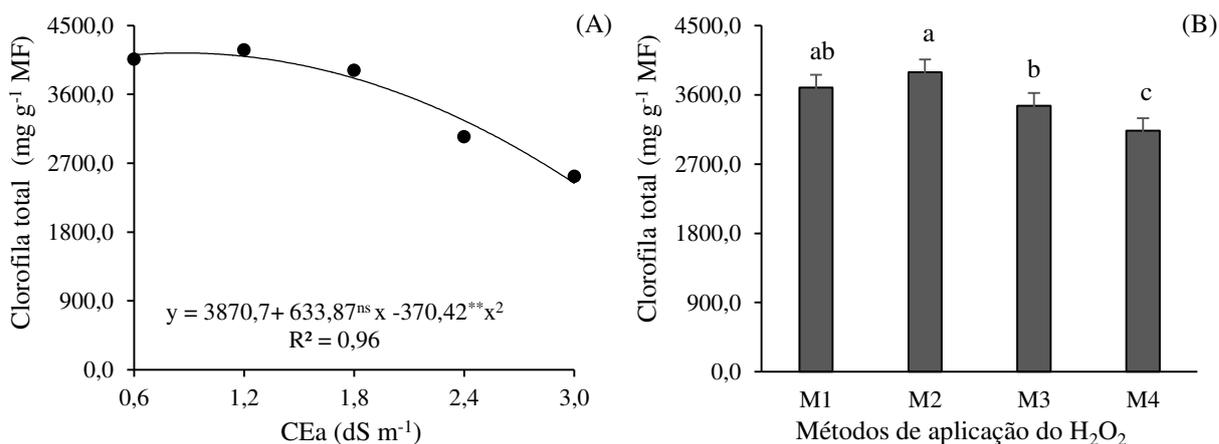
De acordo com o teste de comparação de médias para clorofila *a* (Figura 1B), a aplicação de 20 µm de H₂O₂, por meio da embebição das sementes, diferiu estatisticamente dos outros métodos de aplicação (M1, M3 e M4), tendo um acréscimo na ordem de 287,8 µm g⁻¹ MF em relação às plantas submetidas ao tratamento M1 (sem aplicação de H₂O₂). O efeito positivo do H₂O₂ na síntese de clorofila, especialmente, nas plantas que o receberam via embebição da semente, pode ser explicado, pelo fato de ter sido iniciado desde a hidratação da semente, haja vista, o papel desempenhado pelo peróxido de hidrogênio, envolvendo interações com hormônios controladores da germinação, produção de O₂ para respiração mitocondrial e a atividade metabólica, auxílio na superação de dormência tegumentar, permitindo maior absorção de água, além de contribuir para decomposição de inibidores da germinação (OLIVEIRA JUNIOR, 2017); proteger as plântulas do estresse biótico e abiótico subsequentemente, nas sementes embebidas, muitos processos são desencadeados, modificações genéticas e bioquímicas, constituindo uma ‘memória de estresse’, na qual pode ser expressa durante outras fases do desenvolvimento da planta (SANTOS et al., 2019).

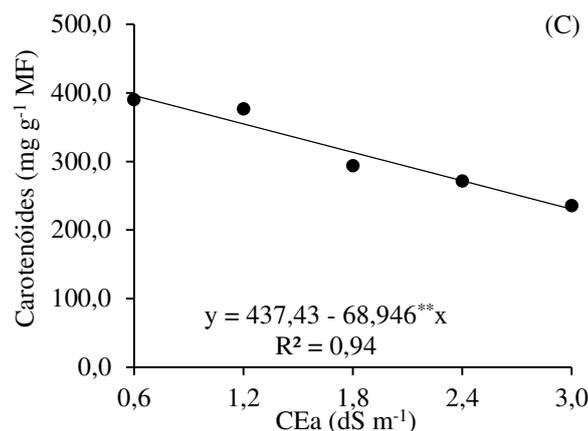
Quanto à síntese de clorofila *b*, através da equação de regressão (Figura 1C) visualiza-se que o aumento da condutividade elétrica da água de irrigação ocasionou efeito quadrático, cujo valor máximo estimado foi 1866,9 mg g⁻¹ MF obtido ao irrigar com água de 1,4 dS m⁻¹, a partir desse nível ocorreu redução sendo alcançado o valor mínimo de 1129,67 mg g⁻¹ MF nas plantas de gravioleira irrigadas com água de 3,0 dS m⁻¹. Lima et al. (2019), verificaram redução no conteúdo de clorofila *b* das plantas de cajueiro com o aumento da salinidade da água de irrigação e atribuíram à capacidade de adaptação das plantas ao estresse do salino, levando à economia de energia devido à menor captura de energia luminosa e, consequentemente, redução do estresse foto-oxidativo.

Semelhante ao observado para clorofila *a* (Figura 1B), verifica-se por meio do teste de comparação de médias (Figura 1D), que a aplicação de H₂O₂ via embebição da semente (M2) apresentou a maior síntese de clorofila *b*, diferindo de forma considerável em relação as plantas que não receberam a aplicação de peróxido de hidrogênio (M1), via pulverização foliar (M3) e aplicação via embebição das sementes + pulverização foliar (M4). Este resultado pode está relacionado com a menor eficiência de absorção pela folha, devido á cutina presente

na superfície das folhas, que determina a capacidade de penetração dos compostos, enquanto que a aplicação via embebição da semente foi mais eficiente na absorção do peróxido de hidrogênio. A pulverização foliar de H₂O₂ teve início aos 70 dias após o semeio, ou seja, o H₂O₂ tenha agido tardiamente em comparação com o método via embebição das sementes, em que a exposição prévia ao H₂O₂ tenha resultado numa aclimação mais efetiva às condições de estresse salino (SILVA et al., 2016).

A clorofila total das mudas de gravioleira foi afetada consideravelmente pela salinidade da água de irrigação (Figura 2A). É possível identificar também que o aumento da condutividade elétrica da água de irrigação proporcionou efeito quadrático na clorofila *total*, sendo o valor máximo (4141,87 mg g⁻¹ MF) alcançado quando as plantas foram submetidas a irrigação com água de 0,85 dS m⁻¹. Pereira Filho et al. (2019), verificaram redução no teor de clorofila *total* em plantas submetidas a níveis elevados de salinidade, podendo caracterizar como indicativo de estresse oxidativo, provavelmente por causa da foto-oxidação de pigmentos associada à degradação das moléculas de clorofila, uma vez que, o estresse salino causa desequilíbrios entre produção e remoção de espécies reativas de oxigênio, levando a uma série de implicações negativas para os mecanismos metabólicos associados aos processos fotossintéticos. Os autores Silva et al. (2017) em pesquisa com a gravioleira sob condições de estresse salino, também verificaram redução nos teores de clorofila de gravioleira devido ao aumento da CEa da água de irrigação.





ns, **, * não significativo, significativo a $p \leq 0,01$ e a $p \leq 0,05$ pelo teste F, respectivamente.

M1= sem aplicação de H₂O₂, M2= aplicação via embebição das sementes, M3= aplicação via pulverização foliar e M4= aplicação via embebição das sementes e pulverização foliar; médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Figura 2. Clorofila total e carotenóides de mudas de gravioleira cv. Morada Nova em função da condutividade elétrica da água de irrigação - CEa (A e C) e clorofila total em função dos métodos de aplicação do H₂O₂ (B), aos 145 após a semeadura (DAS)

O teor de clorofila total se diferenciou estatisticamente entre as mudas de gravioleira submetidas a 20 μm de peróxido de hidrogênio via embebição da semente (M2) e pulverizações foliares (M3) e embebição + pulverização (M4) e, com base no teste de comparação de médias, as mudas sob o método M2 tiveram um aumento de 11,16% em relação as mudas sob o método M3. As limitações na pulverização foliar com H₂O₂ podem estar relacionadas às barreiras físicas, como a epiderme e a camada da cutícula, que se tornam mais espessas em plantas com estresse salino, fato que acabou por contribuir para a menor absorção foliar de H₂O₂ (ARIAS et al., 2018).

De acordo com a análise de regressão (Figura 2C), o teor de carotenóides das mudas de gravioleira reduziu 15,76% por aumento unitário da salinidade da água de irrigação, ou seja, houve uma redução de 41,78% no teor de carotenóides nas plantas irrigadas com água de CEa de 3,0 dS m⁻¹ se comparadas as plantas cultivadas sob a menor salinidade da água (0,6 dS m⁻¹). Souza et al. (2017), observaram redução no teor de carotenóides de plantas de citros com o aumento da condutividade elétrica da água de irrigação e atribuíram ao fato de que o estresse salino leva a uma redução na produção de pigmentos fotossintéticos, induzindo a degradação de β -caroteno, causando uma diminuição no conteúdo de carotenóides.

Constata-se através dos resumos da análise de variância (Tabela 3), interação significativa entre os fatores (NS x MA) para a fluorescência inicial das plantas de gravioleira. Os níveis salinos da água afetaram de forma intensa apeans a Fo. Já os métodos de aplicação

de peróxido de hidrogênio proporcionaram efeito significativo para as fluorescências máxima e variável das mudas de gravioleira cv. Morada Nova aos 145 DAS.

Tabela 3. Resumo da análise de variância para fluorescência inicial (Fo), fluorescência máxima (Fm), fluorescência variável (Fv) e eficiência quântica do fotossistema II (Fv/Fm) da gravioleira irrigada com águas salinas e submetidas a diferentes métodos de aplicação de peróxido de hidrogênio (H₂O₂), aos 145 dias após a semeadura (DAS).

Fonte de variação	GL	Quadrados Médios			
		Fo	Fm	Fv	Fv/Fm
Níveis salinos (NS)	4	5326,3 ^{**}	220564,7 ^{ns}	175283,1 ^{ns}	0,003911 ^{ns}
Regressão linear	1	4162,6 ^{**}	382564,2 ^{ns}	378841,4 ^{ns}	0,000722 ^{ns}
Regressão quadrática	1	1276,3 ^{ns}	89604,0 ^{ns}	42695,55 ^{ns}	0,002188 ^{ns}
Métodos de aplicação (MA)	3	6766,9 ^{ns}	389020,5 ^{**}	361145,8 ^{**}	0,004005 ^{ns}
Interação (NS * MA)	12	5083,9 ^{**}	107356,7 ^{ns}	142256,0 ^{ns}	0,002566 ^{ns}
Resíduo	3	2979,2	30599,2	45973,4	0,000678
CV (%)		2,97	5,05	6,01	3,36

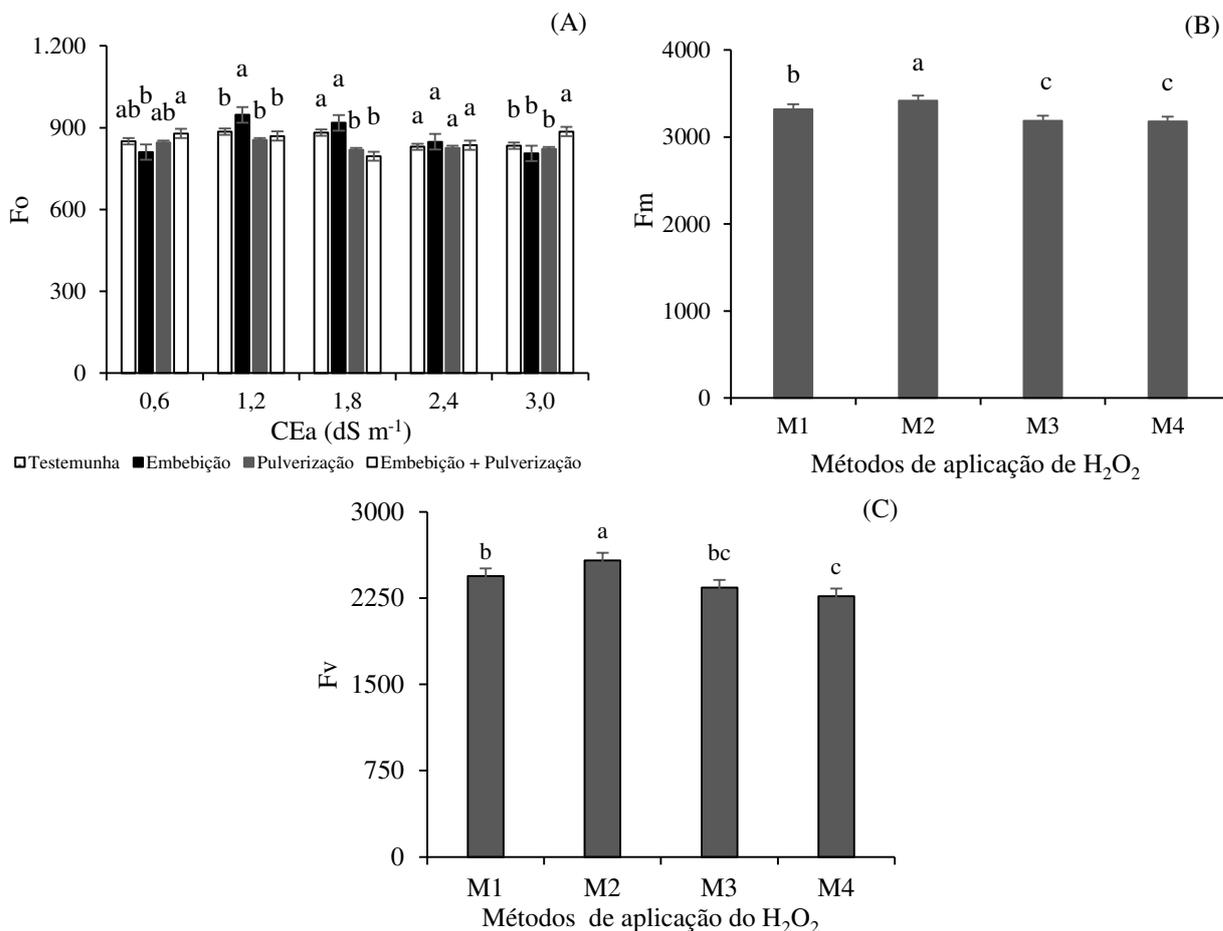
^{ns}, ^{**}, ^{*} não significativo, significativo a p < 0,01 e p < 0,05 respectivamente, GL- graus de liberdade, CV- coeficiente de variação

Ao analisar a interação entre os distintos métodos de aplicação de peróxido de hidrogênio e as condutividades elétricas da água de irrigação (Figura 3A), nota-se que não houve diferença relevante entre os métodos de aplicação nas plantas irrigadas com água de 2,4 dS m⁻¹. No entanto, as plantas submetidas ao método M2 (embebição da semente) e irrigadas com água de 1,2 dS m⁻¹ tiveram um aumento de 62, 92 e 70 na fluorescência inicial quando comparadas aos métodos de aplicação M1, M3 e M4, respectivamente.

Quanto às plantas irrigadas com água de 1,8 dS m⁻¹, observa-se que a Fo das plantas introduzidas aos métodos M1 e M2 diferiram estatisticamente dos métodos M3 e M4. Já as plantas que foram irrigadas com água de 3,0 dS m⁻¹, tiveram maior valor da Fo (886) nas do método M4 (embebição + pulverização). De forma geral, plantas em estresse tendem a ter um aumento na Fo, evidenciando a ocorrência de alterações estruturais nos pigmentos fotossintéticos, comprometendo, assim, a eficiência da energia de excitação a partir da antena coletora de luz e danos aos centros de reação do FSI (TATAGIBA et al., 2014). Diferentemente dos resultados encontrados nesta pesquisa, Veloso et al. (2020) dizem que a aplicação exógena de 20 µm de peróxido de hidrogênio promoveu uma redução da Fo de mudas de gravioleira mesmo no maior nível salino (3,0 dS m⁻¹), no qual mostraram que concentrações adequadas de H₂O₂ podem trazer benefícios para a planta, em especial, para a fluorescência inicial da clorofila.

Seguindo com a leitura do teste de comparação de média para fluorescência máxima e variável (Figuras 3B e 3C), vê-se que as plantas que tiveram as sementes embebidas em

peróxido de hidrogênio (M2) tiveram os valores máximos de fluorescência máxima (3418,6) e fluorescência variável (2577,3). Desta forma, pode-se dizer que houve eficiência na fotorredução de quinona A e no fluxo de elétrons entre os fotossistemas, promovendo uma adequada atividade do PSII na membrana do tilacóide, influenciando diretamente o fluxo de elétrons entre os fotossistemas.



M1= sem aplicação de H₂O₂, M2= aplicação via embebição das sementes, M3= aplicação via pulverização foliar e M4= aplicação via embebição das sementes e pulverização foliar; médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

Figura 3. Fluorescência inicial (Fo) de mudas de gravioleira cv. Morada Nova em função da interação entre a salinidade da água de irrigação-CEa e os métodos de aplicação do peróxido de hidrogênio (A) e fluorescência máxima e fluorescência variável em função dos métodos de aplicação do H₂O₂ (B e C), aos 145 dias após a semeadura (DAS)

O aumento da fluorescência variável das mudas submetidas a exposição prévia ao H₂O₂ (M2) é um indicativo de aumento na eficiência fotoquímica das folhas que não foi prejudicada, visto que o aumento da Fv retrata a capacidade dos porta-enxertos em transferir a energia dos elétrons lançados pelas moléculas dos pigmentos para a formação do redutor

NADPH, ATP e ferredoxina reduzida (Fdr), aumentando assim, a capacidade de assimilação do CO₂ na fase bioquímica da fotossíntese (DIAS et al., 2018).

4. CONCLUSÕES

1. A salinidade da água de irrigação até 1,4 e 1,1 dS m⁻¹ provocou aumento na síntese de clorofila *b* e carotenoides, respectivamente. Já a irrigação com água a partir de 0,6 dS m⁻¹ reduziu a síntese de clorofila *a* e total das plantas de gravioleira cv. Morada Nova, aos 145 dias após a semeadura.
2. Não há danos na eficiência quântica do fotossistema II das plantas de gravioleira quando irrigadas com água de condutividade elétrica até 3,0 dS m⁻¹ e métodos de aplicação do peróxido de hidrogênio.
3. A aplicação de 20 µm de peróxido de hidrogênio via embebição da semente resulta em aumentos nos teores de clorofila *a*, *b* e *total*, e de fluorescência máxima e variável das mudas de gravioleira.
4. A salinidade da água de 1,2 dS m⁻¹ e aplicação de H₂O₂ via embebição das sementes ocasionou maior fluorescência inicial nas plantas de gravioleira.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AYRES, R. S.; WESTCOT, D. W. A qualidade da água na agricultura. 2.ed. Campina Grande: UFPB, 1999. 153p.
- ARIAS, C.; SERRAT, X.; MOYSSET, L.; PERISSÉ, P.; NOGUÉS, S. Morpho-physiological responses of alamo switchgrass during germination and early seedling stage under salinity or water stress conditions. *BioEnergy Research*, v.11, n.1, p. 677-688, 2018.
- ARNON, D. I. Copper enzymes in isolated chloroplasts: Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiology*, v. 24, n.1, p.1-15, 1949.
- BAGHERI, M.; GHOLAMI, M.; BANINASAB, B. Hydrogen peroxide-induced salt tolerance in relation to antioxidant systems in pistachio seedlings. *Scientia Horticulturae*, v. 243, n.3, p. 207-213, 2019.
- BRAZ, R. DOS S.; LACERDA, C. F. DE; ASSIS JÚNIOR, R. N. DE; FERREIRA, J. F. DA S.; OLIVEIRA, A. C. DE; RIBEIRO, A. DE A. Growth and physiology of maize under water salinity and nitrogen fertilization in two soils. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 23, n.12, p. 907-913, 2019.

- COSTA, J. F. DE O.; ASSUNÇÃO, I. P.; LIMA, G. S. DE A.; MUNIZ, M. DE F. S.; LUZ, E. D. M. N. First report of *Phytophthora nicotianae* causing root rot of soursop in northeastern Brazil. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 38, n.1, p.1-6,2016.
- DAUDA, A. O.; SALAMI, K. O.; OYEYINKA, S. A.; ESAN, O. T.; ARISE, A. K.; ASIJE, A. R. An Assessment of the Preservative Potentials of Soursop (*Annona muricata*) Seed Oil on Plantain and Orange Juice. *Global Advanced Research Journal of Microbiology*, v.7, n.1, p. 113-120, 2018.
- DIAS, A. S.; LIMA, G. S.; GHEYI, H. R.; NOBRE, R. G.; FERNANDES, P. D.; SILVA, A. DA S. Gas exchanges and photochemical efficiency of sesame under saline stress and nitrate ammonium fertilization. *Irriga*, v.23, n.2, p.220–234,2018.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: A guide for its bootstrap procedures in multiple comparisons. *Ciências Agrotécnicas*, v.38, n.2, p. 109-112, 2014.
- GOHARI, G.; ALAVI, Z.; ESFANDIARI, E.; PANAHIRAD, S.; HAJIHOSEINLOU, S.; FOTOPOULOS, V. Interaction between hydrogen peroxide and sodium nitroprusside following chemical priming of *Ocimum basilicum* L. against salt stress. *Physiologia plantarum*, v.21, n.2, p.1-13, 2019.
- LIMA, G. S. DE; NETO, V. E. DA S.; GHEYI, H. R.; NOBRE, R. G.; DINIZ, G. L. SOARES, L. A. A. DOS; FERNANDES, P. D.; FERNANDES, A. DE A.; PINHEIRO, F. W. A. Photosynthetic pigments and photochemical efficiency of precocious dwarf cashew (*Anacardium occidentale* L.) under salt stress and potassium fertilization. *AIMS Agriculture and Food*, v.4, n.4, p.1007–1019, 2019.
- MONTEIRO, D. R.; MELO, H. F. DE; LINS, C. M. T.; DOURADO, P. R. M.; SANTOS, H. R. B.; SOUZA, E. R. DE. Chlorophyll a fluorescence in saccharine sorghum irrigated with saline water. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.22, n.10, p. 673-678, 2018.
- NOVAIS, R. F.; NEVES, J. C. L.; BARROS, N. F. ENSAIO EM AMBIENTE CONTROLADO. IN: OLIVEIRA, A. J. DE; GARRIDO, W. E.; ARAÚJO, J. D. DE; LOURENÇO, S. (eds.). Métodos de pesquisa em fertilidade do solo. Brasília: Embrapa-SEA, 1991. p.189-253. Documentos, 3.
- NUNES, L. R. DE L.; PINHEIRO, P. R.; CABRAL, F. A. S.; SILVA, J. B. DA; DUTRA, A. S. Ascorbic acid of cowpea seeds under saline stress. *Journal of Seed Science*. v. 41, n.4, p. 441-451, 2019.

- OLIVEIRA JUNIOR, L. D. DE. Tratamento pré-germinativo de sementes florestais com peróxido de hidrogênio. (Dissertação Mestrado). Universidade Federal da Lavras, Lavras. 2017, 173p.
- PEREIRA FILHO, J. V.; VIANA, T. V. DE A.; SOUSA, G. G. DE; CHAGAS, K. L.; AZEVEDO, B. M. DE; PEREIRA, C. C. M. DE S. Physiological responses of lima bean subjected to salt and water stresses. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.23, n.12, p.959-965, 2019.
- RICHARDS, L. A. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Washington: U.S. Department of Agriculture, 1954. 160p.
- RODRIGUES, V. DOS S.; BEZERRA, F. M. L.; SOUSA, G. G. DE; FIUSA, J. N.; LEITE, K. N.; VIANA, T. V. DE A. Yield of maize crop irrigated with saline waters. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.24, n.2, p.101-105, 2019.
- SANTANA JÚNIOR, E. B.; COELHO, E. F.; GONÇALVES, K. S.; CRUZ, J. L. Physiological and vegetative behavior of banana cultivars under irrigation water salinity. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.24,n.2, p.82-88, 2020.
- SANTOS, B. D. B. DOS; BONOU, S. I.; DE MATOS, R. M.; DA SILVA, P. F.; DE ANDRADE CABRAL, J. H.; DE OLIVEIRA, R. C.; DE LIMA, V. L. A. Tratamento pré-germinativo de sementes de cebolinha com peróxido de hidrogênio. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*, v.10, n.5, p. 307-313, 2019.
- SILVA, A. A. R.; LIMA, G. S. DE.; AZEVEDO, C. V. DE.; VELOSO, L. L. S. ; CAPITULINO, J. D.; GHEYI, H. R; Induction of tolerance to salt stress in soursop seedlings using hydrogen peroxide. *Comunicata Scientiae*, v.10, n.4, p. 484-490, 2019a.
- SILVA, A. A. R. DA; LIMA, G. S. DE; AZEVEDO, C. A. V. DE; VELOSO, L. L. DE S. A.; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A. DOS A. Salt stress and exogenous application of hydrogen peroxide on photosynthetic parameters of soursop. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.23, n.4, p. 257-263, 2019b.
- SILVA, E. M. DA; LIMA, G. S. DE; GHEYI, H. R.; NOBRE, R. G.; SÁ, F. V. DA S.; SOUZA, L. DE P. Growth and gas exchanges in soursop under irrigation with saline water and nitrogen sources. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.22, n.11, p. 776-78, 2018.
- SILVA; E. M. DA; LIMA; G. S. DE; GHEYI, H. R.; NOBRE, R. G.; SÁ, F. V. DA S.; SOUZA, L. DE P.; SOARES, L. A. DOS A.; Fernandes, P. D. Photosynthetic Pigments

- and Photochemical Efficiency in Soursop under Saline Water Irrigation and Nitrogen Sources. *Journal of Agricultural Science*; v.9, n.4, p. 325-329, 2017.
- SILVA, E. M. DA; LACERDA, F. H. D.; MEDEIROS, A. DE S.; SOUZA, L. DE P.; PEREIRA, F. H. F. Métodos de aplicação de diferentes concentrações de H₂O₂ em milho sob estresse salino, v.11, n.3, p. 1-7, 2016.
- SOUSA, J. R. M. DE; GHEYI, H. R.; BRITO, M. E. B.; SILVA, F. DE A. F. D. DE; LIMA, G. S. de. Dano na membrana celular e pigmentos clorofilianos de citros sob águas salinas e adubação nitrogenada. *Irriga*, v.22, n.2, p.353-368, 2017.
- TATAGIBA, S. D.; MORAES, G. A. B. K.; NASCIMENTO, K. J. T.; PELOSO, A. F. Limitações fotossintéticas em folhas de plantas de tomateiro submetidas a crescentes concentrações salinas. *Revista engenharia na agricultura-reveng*, v.22, n.2, p.138-149, 2014.
- TEIXEIRA, P. C.; DONALGEMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. Manual de métodos de análise de solos. 3 ed. Revista e ampliada, Brasília, DF: Embrapa, 2017, 573p.

TOLERÂNCIA DE MUDAS DE GRAVIOLEIRA AO ESTRESSE SALINO SOB DIFERENTES MÉTODOS DE APLICAÇÃO DE H₂O₂

RESUMO: Esse estudo teve como intuito avaliar o efeito de diferentes métodos de aplicação de peróxido de hidrogênio do estresse salino como atenuante sobre a produção de fitomassas e qualidade de mudas de gravioleira cv. Morada Nova. Ele foi conduzido em casa de vegetação, utilizando um Entisol de textura franco-arenosa em Campina Grande, PB. Os tratamentos foram distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, em arranjo fatorial 5 x 4, sendo cinco níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (0,6; 1,2; 1,8; 2,4 e 3,0 dS m⁻¹) e quatro métodos de aplicação de peróxido de hidrogênio (M1- sem aplicação; M2- aplicação por embebição das sementes; aplicação por pulverização e aplicação por embebição e pulverização), com duas plantas por parcela e quatro repetições. A salinidade da água de irrigação a partir de 0,6 dS m⁻¹ inibiu a produção de fitomassas, os índices fisiológicos e a qualidade de mudas de gravioleira cv. Morada Nova. A aplicação exógena de peróxido de hidrogênio por embebição das sementes se mostrou eficiente na atenuação do estresse salino sobre a fitomassa fresca e seca da raiz, suculência foliar, área foliar específica, razão de área foliar e qualidade de mudas. O uso de águas salinas, com condutividade elétrica até 3,0 dS m⁻¹ permitiu a produção de mudas de qualidade, sobretudo, quando se utiliza o método de aplicação de peróxido de hidrogênio via embebição das sementes, pois, o Índice de Qualidade de Dickson (IQD) foi superior ao mínimo aceitável.

Palavras-chave: *Annona Muricata* L.; águas salinas; enzimas antioxidantes; peróxido de hidrogênio.

TOLERANCE OF SOURSOP SEEDLINGS SALINE STRESS UNDER DIFFERENT H₂O₂ APPLICATION METHODS

ABSTRACT: The objective of the present study was to evaluate the effect of different methods of applying hydrogen peroxide from saline stress as a mitigation on the production of phytomass and the quality of soursop seedlings cv. New address. The study was conducted in a greenhouse, using an Entisol with a sandy-loam texture in Campina Grande, PB. The

treatments were distributed in a completely randomized design, in a 5 x 4 factorial arrangement, with five levels of electrical conductivity of the irrigation water (0.6, 1.2, 1.8, 2.4 and 3.0 dS m⁻¹) and four methods of application of hydrogen peroxide (M1- without application; M2- application by soaking the seeds; application by spraying and application by soaking and spraying), with two plants per plot and four repetitions. The salinity of the irrigation water from 0.6 dS m⁻¹ inhibited the production of phytomass, the physiological indexes and the quality of soursop seedlings cv. New address. The exogenous application of hydrogen peroxide by soaking the seeds proved to be efficient in attenuating salt stress on fresh and dry root phytomass, leaf succulence, specific leaf area, leaf area ratio and seedling quality. The use of saline water, with electrical conductivity up to 3.0 dS m⁻¹ allowed the production of quality seedlings, especially when using the method of applying hydrogen peroxide via imbibition of the seeds, since the Dickson Quality Index (IQD) was higher than the minimum acceptable.

Key words: *Annona Muricata* L.; saline waters; antioxidant enzymes; hydrogen peroxide.

1. INTRODUÇÃO

A salinidade da água de irrigação e/ou do solo é um dos principais fatores que limitam a produção agrícola em todo o mundo, principalmente, em regiões semiáridas (SCUDEIRO, et al., 2016). De acordo com Lhissou et al. (2014), a salinidade afeta negativamente 1 bilhão de hectares mundialmente e aumentará uma taxa de 2 milhões de hectares por ano, devido sobretudo, a fatores naturais e pela ação antrópica.

Especificamente na região semiárida do Nordeste brasileiro é comum a irregularidade espacial e temporal das precipitações, além disso, a elevada evaporação favorece o aumento dos níveis salinos nas fontes de água disponíveis para irrigação. Segundo Zhu et al. (2019), a salinidade provoca reduções expressivas nas variáveis morfológicas e fisiológicas, densidade estomática e condutância da água, que são consequências da redução do potencial osmótico do solo, toxidade causada pela absorção excessiva de íons Na⁺ e Cl⁻, desbalanço nutricional e estresse oxidativo, em especial, nas plantas sensíveis ao estresse salino.

Diante dessa problemática da salinidade, estudos que viabilizem a utilização de águas salinas na agricultura têm se tornado uma necessidade para garantir a sustentabilidade dos cultivos nessas regiões. Neste contexto, o uso de peróxido de hidrogênio na aclimação das plantas tem surgido como alternativa empregada para minimizar os efeitos danosos causados

pelo alto teor de sais nas plantas (HASAN et al., 2016). Tendo em vista que, a aplicação exógena de peróxido de hidrogênio em baixas concentrações promove uma condição de estresse moderado, que resulta em acúmulo de sinais latentes em diferentes partes da planta e, quando exposto a uma condição de estresse mais severo, os sinais armazenados conduzirão a ajustes moleculares, resultando em mecanismos de aclimação (SAVVIDES et al., 2016).

Com grande relevância socioeconômicas para a Região Nordeste do Brasil, destaca-se a gravioleira (*Annona muricata* L.) (LEMOS et al., 2014). Estudos envolvendo a graviola vem aumentando nos últimos anos, isso ocorre pelo fato da cultura apresentam propriedades alimentares, nutricionais e características farmacêuticas, sendo utilizada no tratamento de diversas doenças (BENTO et al., 2016).

Algumas pesquisas têm sido realizadas com a utilização do peróxido de hidrogênio em mudas de gravioleira sob estresse salino (SILVA et al., 2019b; VELOSO et al., 2020). No entanto, não há informações sobre identificação de um método para aplicação do H₂O₂. Por isso, objetivou-se com o presente estudo avaliar o efeito de diferentes métodos de aplicação de peróxido de hidrogênio como atenuante do estresse salino, sobre a produção de fitomassa e qualidade de mudas de gravioleira cv. Morada Nova.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido entre os meses de abril e setembro de 2019, sob condição casa de vegetação da Unidade acadêmica de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande (CTRN/UFCG), em Campina Grande, PB (7° 15' 18" S, 35° 52' 28" W e altitude de 550 m).

Os tratamentos foram constituídos da combinação de cinco níveis de condutividade elétrica da água de irrigação - CEa (0,6; 1,2; 1,8; 2,4 e 3,0 dS m⁻¹) e quatro métodos de aplicação de peróxido de hidrogênio - H₂O₂ (M1-sem aplicação de H₂O₂, M2- aplicação via embebição das sementes, M3- aplicação por pulverização foliar e M4- aplicação por embebição das sementes e pulverização foliar), em arranjo fatorial 5 x 4, distribuídos no delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições e duas plantas por unidade experimental totalizando 160 plantas. Os níveis salinos utilizados nesta pesquisa foram baseados em estudos realizados por Silva et al. (2019a).

No preparo das águas de irrigação foi utilizado o cloreto de sódio (NaCl), ajustando-se a concentração da água de abastecimento (0,4 dS m⁻¹) disponível no município de Campina Grande, Paraíba, considerando a relação entre CEa e a concentração de sais (mmolc L⁻¹ =

10*CEa dS m⁻¹) recomendada por Richards et al. (1954). Após preparação e calibração da CEa, as águas salinas foram armazenadas em reservatórios plásticos de 120 L de capacidade, devidamente protegidas para evitar a evaporação.

Foram utilizadas sacolas plásticas de 2 dm³, cujo o preenchimento foi realizado colocando 2,6 kg de um substrato seco ao ar composto por solo (84%), areia (15%) e húmus (1%). O solo utilizado no experimento foi um Entisol de textura franco-arenosa, coletado na camada de 0-20 cm, da área rural do município de Lagoa Seca, PB, devidamente destorroado e peneirado. As características físico-hídricas e químicas (Tabela 1) foram determinadas de acordo com a metodologia proposta por Teixeira et al. (2017).

Tabela 1. Atributos químicos e físico- hídricos do solo utilizado no experimento, antes do início do experimento.

Características químicas									
pH (H ₂ O) (1:2, 5)	M.O. (%)	P (mg kg ⁻¹)	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺ + H ⁺	PST (%)	CEes (dS m ⁻¹)
5,90	1,36	6,80	0,22	0,16	2,60	3,66	1,93	1,87	1,0
Características físico-hídricas									
Fração granulométrica (dag kg ⁻¹)			Classe textural	Umidade (kPa)		AD	Porosidade total %	DA	DP
Areia	Silte	Argila		33,42	1519,5 dag kg ⁻¹				
73,29	14,21	12,50	FA	11,98	4,32	7,66	47,74	1,39	2,66

M.O. – Matéria orgânica: Digestão Úmida Walkley-Black; Ca²⁺ e Mg²⁺ extraídos com KCl 1 mol L⁻¹ pH 7,0; Na⁺ e K⁺ extraídos utilizando-se NH₄OAc 1 mol L⁻¹ pH 7,0; Al³⁺ e H⁺ extraídos com acetato de cálcio 1 mol L⁻¹ pH 7,0; PST- Percentagem de sódio trocável; CEes – Condutividade elétrica do extrato de saturação; FA – Franco Arenoso; AD – Água disponível; DA- Densidade aparente; DP- Densidade de partículas.

Nesta pesquisa, avaliou-se a cultivar de gravioleira Morada Nova, por ser o material genético preferido pelos agricultores da região Nordeste, compondo a maioria dos pomares comerciais no Brasil, pois apresenta maior número de caracteres favoráveis, tais como, alta produtividade, melhor qualidade do fruto e menor suscetibilidade à broca do fruto (*Cerconota anonnella* Sepp.) (COSTA et al., 2016).

As sementes utilizadas no experimento foram obtidas de frutos colhidos em um pomar comercial localizado no município de Sousa, PB. O processo de extração da semente ocorreu de forma manual, posteriormente, foram secas ao ar e realizado o processo de quebra de dormência por meio do corte distal ao embrião, conforme metodologia proposta por Mendonça et al. (2007).

As sementes dos tratamentos embebição e embebição + pulverização passaram por um pré-tratamento com peróxido de hidrogênio, onde foram embebidas na concentração de 20 µM por um período de 36 h no escuro. A concentração de peróxido de hidrogênio e o tempo de embebição foram estabelecidos de acordo com um estudo desenvolvido por Silva et al. (2019a), sendo a concentração obtida por diluição de H₂O₂ em água destilada; logo após a

preparação foram armazenadas em um ambiente escuro. Em seguida, foram semeadas três sementes de gravioleira a 3 cm de profundidade e distribuídas de forma equidistante; aos 40 dias após semeio foi realizado o desbaste, com a finalidade de se ter apenas uma planta por sacola, deixando a que apresentava o melhor vigor.

Antes da semeadura, elevou-se o teor de umidade do solo até alcançar a capacidade de campo utilizando a água conforme o tratamento. A irrigação foi realizada diariamente aplicandoem cada sacola plástica, um volume de água de forma a manter a umidade do substrato próximo à capacidade de campo, sendo o volume aplicado determinado de acordo com a necessidade hídrica das plantas, estimada pelo balanço de água mediante subtração de volume drenado do volume aplicado na irrigação anterior, acrescido de uma fração de lixiviação de 0,10 a cada 20 dias (AYERS & WESTCOT, 1999), visando evitar acumulação excessiva de sais na zona radicular.

A adubação com nitrogênio, potássio e fósforo foi realizada em cobertura, baseada na recomendação contida em Novais et al. (1991). Aplicou-se 0,58 g de ureia, 0,65 g de cloreto de potássio e 1,56 g de fosfato monoamônio, o equivalente a 100, 150 e 300 mg kg⁻¹ de N, K₂O e P₂O₅, respectivamente, aplicados em quatro aplicações iguais via fertigação, em intervalos de 15 dias, com a primeira aplicação realizada aos 15 dias após semeadura (DAS). Visando suprir a necessidade de micronutrientes, foram aplicados via foliar, aos 60, 75 e 90, 105, 120 e 135 DAS, 2,5 g L⁻¹ de uma solução com a seguinte composição: N (15%); P₂O₅ (15%); K₂O (15%); Ca (1%); Mg (1,4%); S (2,7%); Zn (0,5%); B (0,05%); Fe (0,5%); Mn (0,05%); Cu (0,5%); Mo (0,02%).

Aos 70, 85, 100, 115 e 130 DAS às plantas do tratamento M3 (pulverização foliar) e M4 (embebição das sementes + pulverização foliar) foram submetidas a aplicações de H₂O₂ (20 µM). As aplicações eram feitas manualmente às 17:00 h, pulverizando as faces abaxial e adaxial das folhas, de modo a se obter o molhamento completo das folhagens utilizando um borrifador.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F aos níveis de 0,05 e 0,01 de probabilidade e, quando houve significância, realizou-se análise de regressão polinomial linear e quadrática para o fator níveis salinos, enquanto que o fator métodos de aplicação foi feito o teste de Tukey (p≤0,05), utilizando o software estatístico SISVAR (FERREIRA, 2014).

Os efeitos dos tratamentos foram avaliados aos 145 DAS, mediante a determinação da suculência foliar (SUC), área foliar específica (AFE), razão da área foliar (RAF), índice de

qualidade de Dickson (IQD), além da fitomassa fresca de folha (FFF), do caule (FFC) e da parte aérea (FFPA) e, a fitomassa seca de folha (FSF), do caule (FSC), da raiz (FSR) e total (FST).

A suculência foliar (SUC) foi determinada conforme a metodologia proposta por Mantovani (1999), expressa pela Equação 1.

$$SUC = \frac{(FFF - FSF)}{(AF)} \quad \text{Eq. 1}$$

Em que:

SUC – Suculência foliar (g H₂O cm²);

FFF – Fitomassa fresca da folha (g);

FSF - Fitomassa seca da folha;

AF-Área foliar (cm²).

A área foliar (cm²) foi determinada, o que diz Almeida et al. (2006). Já para a determinação da área foliar específica (AFE) e razão da área foliar (RAF) utilizou-se a metodologia proposta por Benincasa (2003):

$$AFE = \frac{(AF)}{(FSF)} \quad (2)$$

$$RAF = \frac{(AF)}{(FST)} \quad (3)$$

Em que:

AF – Área foliar (cm²);

FSF – Fitomassa seca da folha (g); e,

FST - Fitomassa seca total.

Para obtenção da fitomassa fresca, a haste de cada planta foi cortada rente ao solo e, em seguida, foram separadas as distintas partes (caule, folha e raiz) e acondicionadas em saco de papel, na sequência realizada a pesagem em balança de precisão e postas para secar em estufa com ventilação forçada de ar, na temperatura de 65 °C, até a obtenção de peso constante. Após isso, o material foi pesado, obtendo então a fitomassa seca das folhas, caule, raiz e total.

A qualidade das mudas foi estimada através do índice de qualidade de Dickson (IQD) para mudas, por meio da fórmula de Dickson et al. (1960), descrito pela equação 4.

$$IQD = \frac{FST}{(AP/DC) + (FSPA/FSR)} \quad (4)$$

Em que:

IQD - índice de qualidade de Dickson;

AP - altura de planta (cm);
 DC - diâmetro do caule (mm);
 FST - fitomassa seca total da planta (g);
 FSPA - fitomassa seca da parte aérea da planta (g); e,
 FSR - fitomassa seca de raiz da planta (g).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir do resumo da análise de variância (Tabela 2) percebe-se efeito significativo ($p \leq 0,01$) da interação entre os fatores salinidade da água de irrigação e os métodos de aplicação de peróxido de hidrogênio sobre todas as variáveis analisadas, exceto para fitomassa seca das folhas (FSF) e do caule (FSC). Já o fator salinidade da água de irrigação analisado de forma isolado, afetou grandemente ($p \leq 0,01$) todas as variáveis em estudo.

Tabela 2. Resumos da análise de variância referente à fitomassa fresca da folha (FFF), fitomassa fresca do caule (FFC), fitomassa fresca da parte aérea (FFPA), fitomassa seca das folhas (FSF), fitomassa seca do caule (FSC), da raiz (FSR) e total (FST) das mudas de gravioleira irrigadas com águas salinas e submetidas a diferentes métodos de aplicação de peróxido de hidrogênio, aos 145 dias após a semeadura.

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios						
		FFF	FFC	FFPA	FSF	FSC	FSR	FST
Níveis salino (NS)	3	79,10**	81,66**	299,04**	9,53**	4,09**	7,62**	55,65**
Regressão linear	1	278,65**	298,79**	1162,98**	37,25**	16,31**	29,08**	220,29**
Regressão quadrática	1	21,93 ^{ns}	18,33 ^{ns}	2,16 ^{ns}	0,11 ^{ns}	0,03 ^{ns}	1,13 ^{ns}	0,86 ^{ns}
Métodos de aplicação (MA)	4	17,96**	11,56**	12,82**	0,23 ^{ns}	0,11 ^{ns}	0,34**	3,29 ^{ns}
Interação (NS x MA)	12	8,58**	6,79**	12,01**	0,22 ^{ns}	0,12 ^{ns}	0,26**	1,04 ^{ns}
Resíduo	3	0,91	1,16	2,94	0,13	0,04	0,08	0,14
CV (%)		19,03	28,75	19,16	25,85	22,05	27,99	10,93

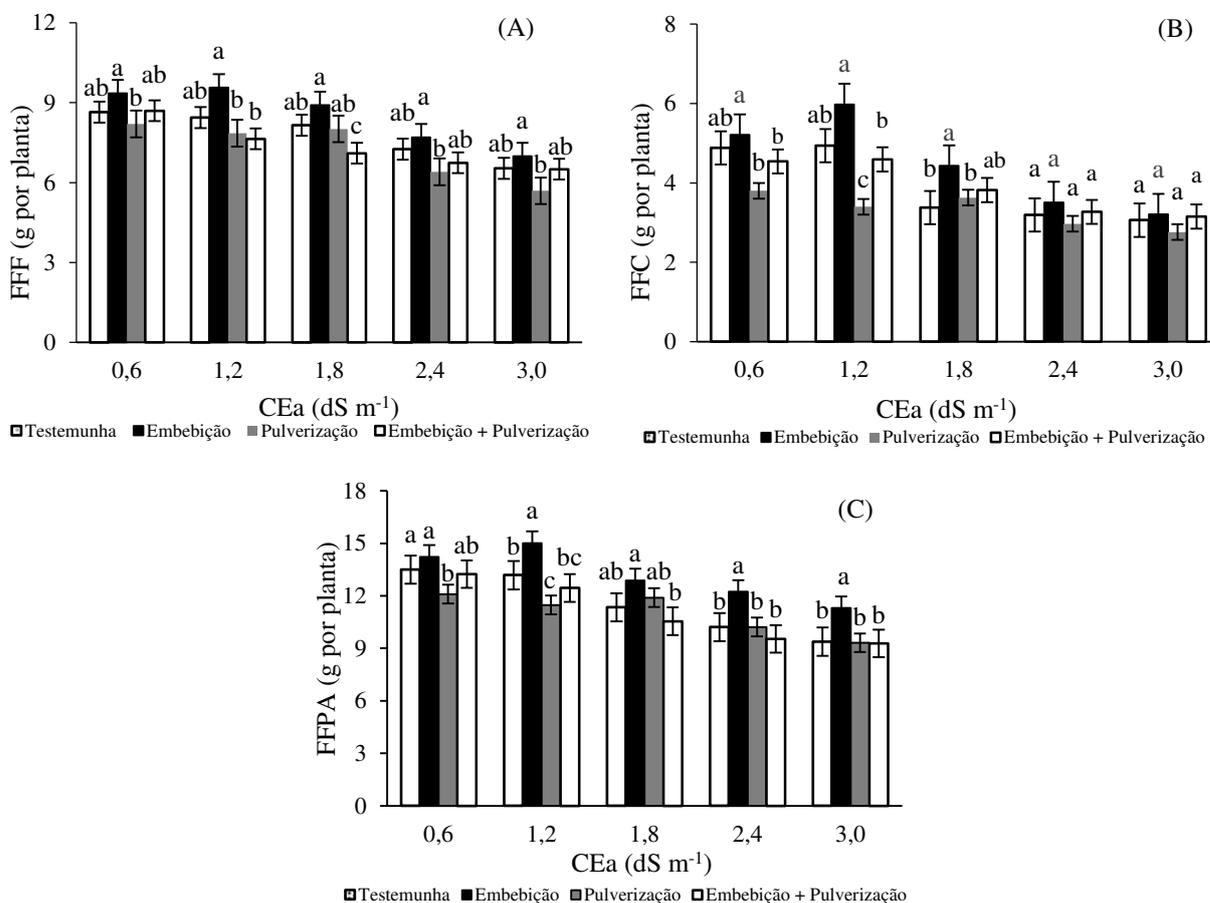
ns, **, * não significativo, significativo a $p < 0,01$ e a $p < 0,05$, respectivamente, GL-grau de liberdade, CV-coeficiente de variação

O aumento da condutividade elétrica da água de irrigação acima de $1,2 \text{ dS m}^{-1}$ afetou negativamente a FFF (Figura 1A), FFC (Figura 1B) e FFPA (Figura 1C) da gravioleira independentemente do método de aplicação do peróxido de hidrogênio. Nota-se redução de 24,42% na FFF, 37,29% na FFC e 30,52% FFPA nas plantas testemunhas irrigadas com as águas de maior salinidade ($3,0 \text{ dS m}^{-1}$) em relação às de menor nível salino ($0,6 \text{ dS m}^{-1}$). A redução na produção de fitomassas ocorreu devido dos efeitos osmóticos da salinidade na

zona radicular das plantas, causando restrição na absorção de água e no turgor das folhas, limitando desta forma o crescimento das plantas (TAIZ et al., 2017).

Apesar das reduções na FFF, FFC e FFPA com incremento da salinidade da água de irrigação, a aplicação do peróxido de hidrogênio através da embebição das sementes promoveu maior acúmulo de fitomassa seca da folha, caule e da parte aérea em todos os níveis salinos.

A aplicação exógena de H₂O₂ antes da exposição ao estresse salino induz a tolerância á salinidade pela ativação do sistema de defesa de enzimas antioxidantes, como o superóxido dismutase, catalase, guaiacol peroxidase e ascorbato peroxidase (AZEVEDO NETO et al., 2005). Além disso, o H₂O₂ pode estimular o maior acúmulo de proteínas e carboidratos solúveis, que atuam como solutos orgânicos, realizando o ajustamento osmótico das plantas sob estresse salino, permitindo maior absorção de água (CARVALHO et al., 2011). Os pesquisadores Silva et al. (2016) encontram dados parecidos em plantas de milho (*Zea mays* L) em condição de estresse salino (2,0 dS m⁻¹), onde identificaram maior acúmulo de fitomassa nas plantas expostas ao H₂O₂ antes da semeadura.

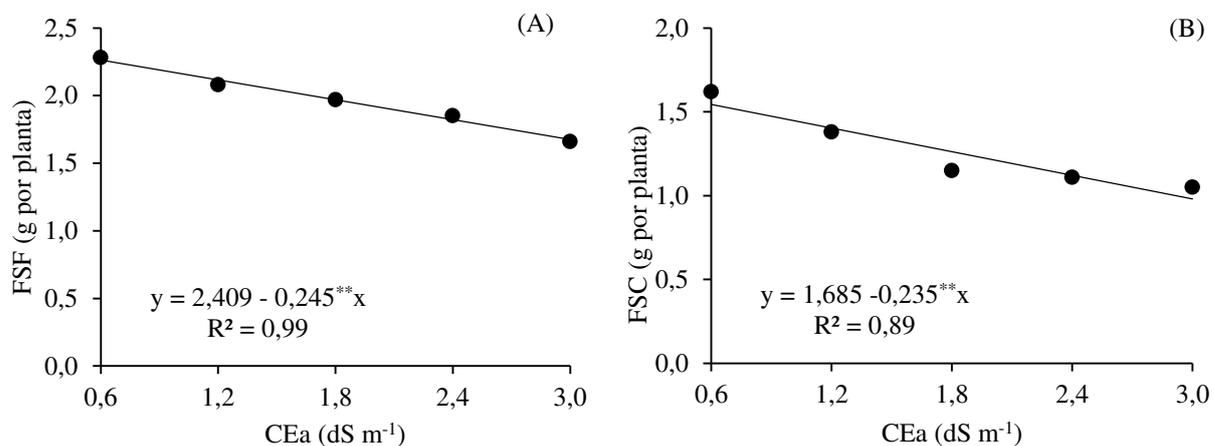


Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a ($p \leq 0,05$)

Figura 1. Fitomassa fresca das folhas – FFF (A), do caule – FFC (B) e da parte aérea – FFPA (C) de mudas de gravioleira cv. Morada Nova irrigadas com águas salinas – CEa e submetidas a diferentes métodos de aplicação de peróxido de hidrogênio, aos 145 dias após a semeadura

A salinidade da água inibiu a formação de FSF (Figura 2A) e de FSC (Figura 2B) da gravioleira aos 145 DAS; de acordo com as equações de regressão tem-se declínios na FSF de 10,17% e de 13,96 % na FSC por incremento unitário da CEa. Ao comparar em termos relativos os resultados obtidos nas plantas irrigadas com água de maior salinidade ($3,0 \text{ dS m}^{-1}$) em relação as plantas irrigadas com o menor nível salino ($0,6 \text{ dS m}^{-1}$) constata-se redução de 81,04% (1,93g) na FSF e de 80,3% (1,28g) na FSC.

A redução da fitomassa seca (Figuras 2A e B) pode estar relacionada aos efeitos deletérios causados pelo estresse salino, pois, as altas concentrações de sais de sódio afetam negativamente os aspectos fisiológicos da planta, promovendo alterações iônicas, osmóticas, hormonais e nutricionais, causando desta forma redução do crescimento e conseqüentemente, do acúmulo de fitomassa (SÁ et al., 2019). Em pesquisa desenvolvida por Silva et al. (2019) em mudas de gravioleira cv. Morada Nova com estresse salino (CEa variando de 0,7 a $3,5 \text{ dS m}^{-1}$), também visualizaram reduções no acúmulo de fitomassa seca com aumento da condutividade elétrica da água de irrigação.

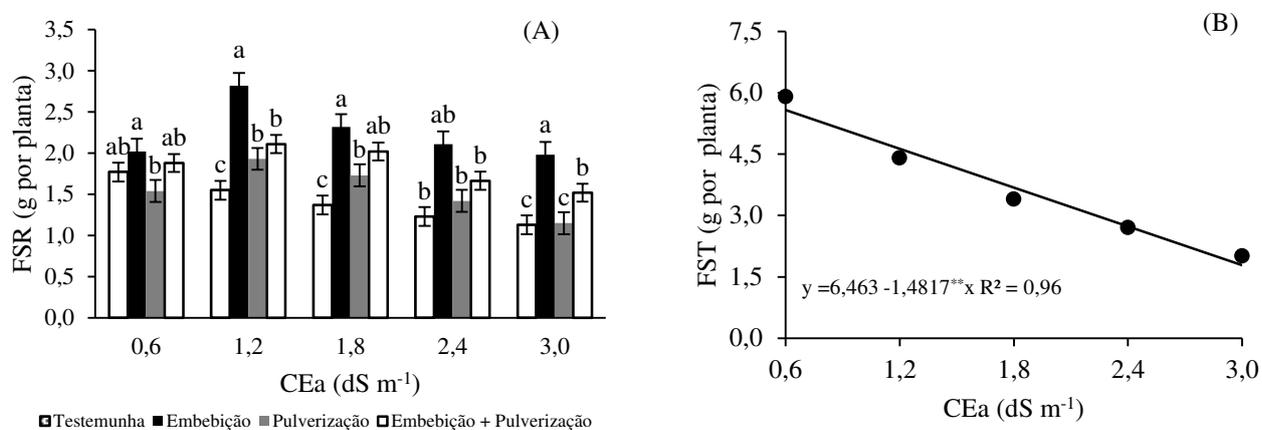


ns, **, * não significativo, significativo a $p \leq 0,01$ e a $p \leq 0,05$ pelo teste F, respectivamente.

Figura 2. Fitomassa seca das folhas – FSF (A) e do caule – FSC (B) de mudas de gravioleira cv. Morada Nova em função da condutividade elétrica da água de irrigação- CEa, aos 145 dias após a semeadura

Verifica-se ainda que os métodos de aplicação de peróxido de hidrogênio influenciaram a fitomassa seca da raiz em todos os níveis salinos (Figura 3A). As plantas que não foram

submetidas a nenhum método de aplicação de H₂O₂ (Testemunha) tiveram redução na FSR de 36,16% (0,64 g) quando irrigadas com as águas de maior salinidade (3,0 dS m⁻¹) em relação às de menor nível salino (0,6 dS m⁻¹). No entanto, quando se aplicou o H₂O₂ via embebição das sementes percebeu-se diminuição do efeito deletério do estresse salino na FSR. Com isso, o nível salino da água de irrigação de 1,2 dS m⁻¹ associado ao método de aplicação por embebição das sementes resultou na maior FSR (2,82 g planta⁻¹). Em pesquisa desenvolvida por Chauhan et al. (2019) em plantas de aveia em estresse salino (25, 50, 75 e 100 mM), foi constatado que a aplicação de ácido giberélico por meio da embebição das sementes provocou aumento na massa fresca e seca das raízes mesmo quando exposta a salinidade.



ns, **, * não significativo, significativo a $p \leq 0,01$ e a $p \leq 0,05$ pelo teste F, respectivamente
 Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$)

Figura 3. Fitomassa seca da raiz – FSR (A) e total – FST (B) de mudas de gravioleira cv. Morada Nova irrigadas com águas salinas - CEa e submetidas a diferentes métodos de aplicação de peróxido de hidrogênio, aos 145 dias após a semeadura

O efeito benéfico da aplicação de peróxido de hidrogênio pelo método de embebição das sementes pode ser atribuído ao fato de que, neste método de aplicação as sementes tiveram um contato prévio com o H₂O₂ antes da exposição ao estresse salino e, de acordo com Forman et al. (2010) a pré-exposição de plantas a estresses moderados ou a metabólitos sinalizadores tais como o H₂O₂, pode resultar numa sinalização metabólica na célula (aumento de metabólitos e/ou de enzimas antioxidativas) e, portanto, favorecendo um melhor desempenho fisiológico, quando a planta é exposta a condições de estresse mais severo.

O aumento da condutividade elétrica da água de irrigação reduziu a formação de FST (Figura 3B). Analisando a equação de regressão nota-se declínio de 22,93% na FST por incremento unitário da CEa. Ao comparar em termos relativos os resultados obtidos nas plantas irrigadas com água de maior salinidade (3,0 dS m⁻¹) em relação as plantas irrigadas

com o menor nível salino ($0,6 \text{ dS m}^{-1}$) há redução de 63,76% (3,55g) na FST. Considerando as faixas de redução relativas estabelecidas por Richards (1954), pode-se classificar as mudas de gravioleira cv. Morada Nova como Sensível ($> 60\%$).

Verifica-se, por meio do resumo da análise de variância (Tabela 3), que a interação níveis salinos \times métodos de aplicação de peróxido de hidrogênio interferiu significativamente ($p \leq 0,01$) sobre todas as variáveis analisadas isoladamente. Os fatores níveis salinos e métodos de aplicação de peróxido de hidrogênio também influenciaram de forma significativa ($p \leq 0,01$) todas as variáveis analisadas aos 145 DAS.

Tabela 3. Resumos da análise de variância referente à suculência foliar (SUC), área foliar específica (AFE), razão da área foliar (RAF) e índice de qualidade de Dickson (IQD) das mudas de gravioleira cv. Morada Nova irrigadas com águas salinas e submetidas a diferentes métodos de aplicação de peróxido de hidrogênio, aos 145 dias após a semeadura

Fonte de variação	GL	Quadrados Médios			
		SUC	AFE	RAF	IQD
Níveis salino (NS)	3	91,79**	345943,66**	114410,79**	2,96**
Regressão linear	1	352,12**	992366,55**	343572,19**	11,58**
Regressão quadrática	1	1,47 ^{ns}	208000,27 ^{ns}	86346,87*	0,03 ^{ns}
Métodos de aplicação (MA)	4	9,81**	143560,06**	41731,41**	0,26**
Interação (NS \times MA)	12	11,37**	112212,56**	19256,88**	0,10**
Resíduo	3	0,69	1883,41	295,60	0,01
CV (%)		16,69	10,44	10,17	11,67

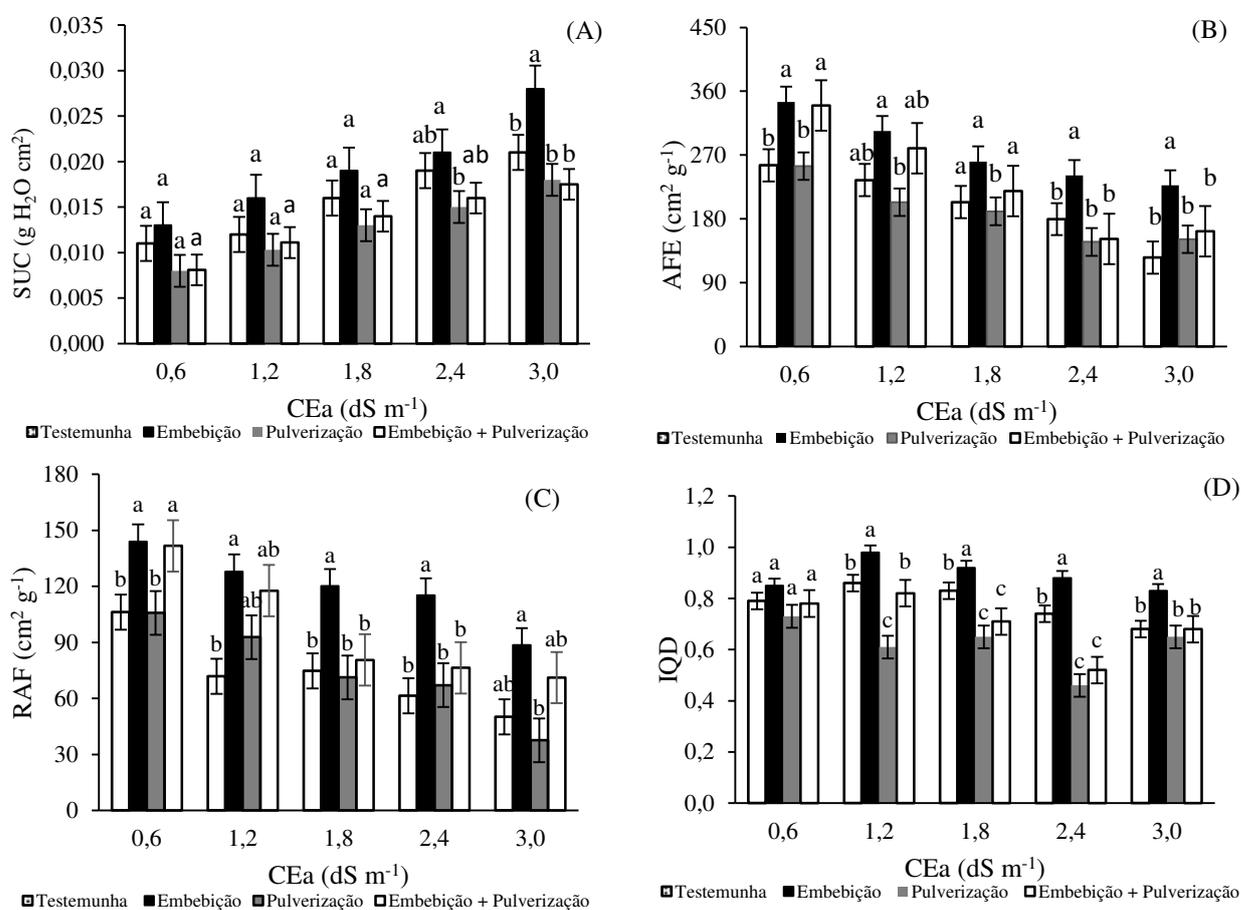
ns, **, * não significativo, significativo a $p \leq 0,01$ e a $p \leq 0,05$, respectivamente, GL- grau de liberdade; CV- coeficiente de variação

Com base na Figura 4A, percebe-se que plantas de gravioleira cv. Morada Nova irrigadas com água de $2,4$ e $3,0 \text{ dS m}^{-1}$ e que tiveram as sementes embebidas no H_2O_2 (M2) alcançaram as maiores médias de SUC. O tratamento M2 (aplicação via embebição das sementes), por sua vez, associado ao nível salino da água de $3,0 \text{ dS m}^{-1}$ resultou na maior suculência foliar ($0,028 \text{ g H}_2\text{O cm}^2$). O aumento da suculência foliar observado nas plantas que tiveram suas sementes embebidas no H_2O_2 pode ser um indicativo de ter ocorrido um ajustamento osmótico, visto que o H_2O_2 atua na regulação osmótica, mantendo o turgor nas células protetoras, aumentando seu potencial osmótico, o que leva à absorção de água e, conseqüentemente, ao aumento do turgor e da abertura estomática (GE et al., 2015).

A elevação da condutividade elétrica da água de irrigação comprometeu a área foliar específica (Figura 4B) e a razão de área foliar (Figura 4C) da gravioleira aos 145 DAS independentemente do método de aplicação de peróxido de hidrogênio. No entanto, é possível

observar que, apesar das reduções notadas na AFE e na RAF, as plantas que tiveram suas sementes embebidas no H_2O_2 , quando expostas a salinidade da água de irrigação elas conseguiram as maiores médias e, de acordo com teste de comparação de médias, os maiores valores de AFE ($344,71 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$) e de RAF ($144,06 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$) foram encontrados nas plantas irrigadas com água de $0,6 \text{ dS m}^{-1}$.

O efeito benéfico da aplicação de H_2O_2 via embebição das sementes, ocorre devido à utilização do H_2O_2 em concentrações adequadas favorecer as plantas em maior absorção de água e nutrientes, entre eles íons essenciais para o crescimento e desenvolvimento das plantas, incluindo N, P e K (FAROUK & AMIRA, 2018).



Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a ($p \leq 0,05$)

Figura 4. Suculência foliar - SUC (A), área foliar específica - AFE (B), razão da área foliar - RAF (C) e índice de qualidade de Dickson – IQD (D) de mudas de gravioleira cv. Morada Nova irrigadas com águas salinas – CEa e submetidas a diferentes métodos de aplicação de peróxido de hidrogênio, aos 145 dias após a semeadura

A qualidade das mudas de gravioleira cv. Morada Nova, avaliada por meio do índice de qualidade de Dickson (IQD) foi influenciada pelos métodos de aplicação de peróxido de hidrogênio quando irrigadas com água de 1,2; 1,8; 2,4 e 3,0 dS m^{-1} levando em consideração

o teste de comparação de médias, o maior valor de IQD (0,98) foi nas plantas que tiveram suas sementes embebidas no peróxido de hidrogênio (M2) e irrigadas com água de 1,2 dS m⁻¹. Ao comparar as plantas irrigadas com água de 1,2 dS m⁻¹ e que não receberam tratamento com H₂O₂ em relação às que foram submetidas ao método de embebição de sementes constata-se uma redução de 13,26% (0,13) no IQD.

O índice de qualidade de Dickkson é uma variável morfológica usada para expressar a qualidade e a rusticidade das mudas, avaliando a capacidade de crescimento e de sobrevivência (OLIVEIRA et al., 2013). Nessa pesquisa, foi avaliado que, mesmo as plantas irrigadas com o maior nível salino (3,0 dS m⁻¹), apresentaram IDQ aceitável, já que mudas com IQD superior a 0,2 são consideradas de boa qualidade; entretanto, quanto maior o valor de IQD, melhor será a qualidade da muda, pois, expressa robustez e equilíbrio na distribuição de biomassa.

Acrescido a isso, o método de aplicação exógena de peróxido de hidrogênio por meio da embebição das sementes foi eficaz na indução á tolerância ao estresse salino, se destacando entre os demais métodos de aplicação. Sendo assim, pode-se concluir que na fase de produção de mudas de gravioleira cv. Morada Nova não há necessidade de aplicação de peróxido de hidrogênio pelo método de pulverização, o que contribui de forma direta com a economia na produção de mudas de gravioleira cv. Morada Nova, pois, ocorrerá redução de custos com mão-de-obra e aquisição do produto.

4. CONCLUSÕES

1. A salinidade da água de irrigação a partir de 0,6 dS m⁻¹ comprometeu a produção de fitomassas e os índices fisiológicos mudas de gravioleira cv. Morada Nova, aos 145 após a semeadura.
2. O método de aplicação de peróxido de hidrogênio por embebição das sementes atenuou o efeito do estresse salino sobre a produção de fitomassas, suculência foliar, índices fisiológicos e qualidade das mudas de gravioleira.
3. O uso de águas salinas, com condutividade elétrica até 3,0 dS m⁻¹ permitiu a produção de mudas gravioleira cv. Morada Nova de qualidade, sobretudo, quando se utiliza o método de aplicação de peróxido de hidrogênio via embebição das sementes.
4. Com base na redução relativa da fitomassa seca total, a gravioleira na fase de formação de mudas é classificada como sensível à salinidade.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, G. D.; SANTOS, J. G.; ZUCOLOTO, M.; VICENTINI, V. B.; MORAES, W. B.; BREGONCIO, I. S.; COELHO, R. I. Estimativa de área foliar de gravioleira por meio de dimensões foliares do limbo foliar. *Revista UNIVAP*, v.13, n.1, p.1-4 2006.
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. A qualidade da água na agricultura. Campina Grande: UFPB, 1999. 218p. (Estudos da FAO Irrigação e Drenagem, 29).
- AZEVEDO-NETO, A. D.; PRISCO, J. T.; ENEAS-FILHO, J.; MEDEIROS, J. V. R.; AND GOMES-FILHO, E. Hydrogen peroxide pre-treatment induces salt-stress acclimation in maize plants. *Journal of Plant Physiology*, v. 162, n.10, p.1114–1122, 2005.
- BENINCASA, M. M. P. Análise de crescimento de plantas, noções básicas. 2.ed. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 41p.
- BENTO, E. B.; MONTEIRO, Á. F.; LEMOS, I. C. S.; BRITO JUNIOR, F. E. DE; OLIVEIRA, D. R. DE; MENEZES, I. R. A. DE; Kerntopf, M. R. Estudio etnofarmacológico comparativo en la región del Araripe de la *Annona muricata* L. (Graviola). *Revista Cubana de Plantas Medicinai*s, v.2, n.1, p.9-19, 2016.
- CHAUHAN, A.; AMARAH, B. A. A.; KUMAR, A.; VERMEI, J. S.; GHRAMH, H. A.; KHALID, A. K.; ANSANI, M. J; Influence of gibberellic acid and different salt concentrations on germination percentage and physiological parameters of oat cultivars. *Saudi Journal of Biological Sciences*, v. 26, n.10, p. 1298-1304, 2019.
- CARVALHO, F. E. L.; LOBO, A. K. M.; BONIFACIO, A.; MARTINS, M. O.; NETO, M. C. L.; SILVEIRA, J. A. G. Aclimação ao estresse salino em plantas de arroz induzida pelo pré-tratamento com H₂O₂. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.15, n.4, p.416-423, 2011.
- COSTA, J. F. DE O.; ASSUNÇÃO, I. P.; LIMA, G. S. DE A.; MUNIZ, M. DE F. S.; LUZ, E. D. M. N. First report of *Phytophthora nicotianae* causing root rot of soursop in northeastern Brazil. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 38, n.1, p. 1-6, 2016.
- DICKSON, A.; LEAF, A. L.; HOSNER, J. F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. *The Forest Chronicle*, v. 36, n.1, p. 10-13, 1960.
- FAROUK, S & AMIRA, M. S. A. Q. Enhancing seed quality and productivity as well as physio-anatomical responses of pea plants by folic acid and/or hydrogen peroxide application. *Scientia horticulturae*, v. 240, n.1, p. 29-37, 2018.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 38, n.2, p. 109-112, 2014.

- FORMAN, H. J.; MAIORINO, M.; URSINI, F. Signaling functions of reactive oxygen species. *Biochemistry*, v.49, n.1, p. 835-842, 2010.
- GE, X. M.; CAI, H.L.; ZHOU, X.; YUE, MING.; HE, J. M; Heterotrimeric G protein mediates ethylene-induced stomatal closure via hydrogen peroxide synthesis in *Arabidopsis*. *The Plant Journal*, v. 82, n.1, p. 138-150, 2015.
- HASAN, S. A.; IRFAN, M.; MASRAHI, Y. S.; KHALAF, M. A.; HAYAT, S.; TEJADA MORAL, M. Growth, photosynthesis, and antioxidant responses of *Vigna unguiculata* L. treated with hydrogen peroxide. *Cogent Food & Agriculture*, v. 2, n.1, p.1155331, 2016.
- LEMOS, E. E. P. A produção de ananás no Brasil. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 36, n.1, p. 77-85, 2014.
- LHISSOUI, R.; EL HARTI, A.; CHOKMANI, K. Mapping soil salinity in irrigated land using optical remote sensing data. *Eurasian Journal of Soil Science*, v. 3, n.2, p. 82-88, 2014.
- MANTOVANI, A. A method to improve leaf succulence quantification. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, v. 42, n.1p. 9-14, 1999.
- MENDONÇA, V.; RAMOS, J. D.; PIO, R.; GONTIJO, T. C. A.; TOSTA, M. DA S; Superação de dormência e profundidade de semeadura de sementes de graviola. *Revista Caatinga*, v. 20, n.1, p. 73-78, 2007.
- 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. T.; HALFE, O. M.; MENDONÇA, V.; MOREIRA, J. N.; JUNIOR, E. B. P; Fontes orgânicas e volumes de recipiente no crescimento inicial de porta-enxertos de goiabeira. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v.7, n.2 p.97-103, 2013.
- RICHARDS, L. A. *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils*. Washington: U. S. Department of Agriculture (Agriculture Handbook, 60), 1954. 160p.
- SÁ, F. V. D. S.; SOUTO, L. S.; PAIVA, E. P.; TORRES, S. B.; OLIVEIRA, F.A DE; Initial development and tolerance of pepper species to salinity stress. *Revista Caatinga*, v.32, n.3, p. 826-833, 2019.
- SAVVIDES, A.; ALI, S.; TESTER, T.; FOTOPOULOS, V. Chemical Priming of Plants Against Multiple Abiotic Stresses: Mission Possible? *Trens in plant Science*, v.21, n.1, p.329-340,2016.

- SCUDIERO, E.; SKAGGS, T. H.; CORWIN, D. L. Comparative regional-scale soil salinity assessment with near-ground apparent electrical conductivity and remote sensing canopy reflectance. *Ecological indicators*, v. 70, n.1, p. 276-284, 2016.
- SILVA, E. M. DA, LACERDA, F. H. D.; MEDEIROS, S. A. DE.; SOUZA, L. P. DE.; PEREIRA, F. H.F. Métodos de aplicação de diferentes concentrações de H₂O₂ em milho sob estresse salino. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v.11, n.3, p. 01-07, 2016.
- SILVA, A. A. R.; LIMA, G.S. DE.; AZEVEDO, C. V. DE.; VELOSO, L. L. S. ; CAPITULINO, J. D.; GHEYI, H.R. Induction of tolerance to salt stress in soursop seedlings using hydrogen peroxide. *Comunicata Scientiae*, v.10, n.4, p. 484-490, 2019a.
- SILVA, A. A. R.; LIMA, G. S.; AZEVEDO, C. A. V.; VELOSO, L. L. S. A.; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A. DOS A. Salt stress and exogenous application of hydrogen peroxide on photosynthetic parameters of soursop. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 23, n.4, p. 257-263, 2019b.
- SILVA, A. A. R.; VELOSO, L. L. S. A.; LIMA, G. S.; AZEVEDO, C. A. V.; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A. DOS A. SOUZA, L. P.; CAPITULINO, J. D. Growth and quality of soursop (*Annona muricata*, L.) seedlings under saline stress and hydrogen peroxide (H₂O₂). *Australian Journal of Crop Science*, v. 13, n.11, p. 1643-1649, 2019c.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, M. I.; MURPHY, A; *Fisiologia e desenvolvimento vegetal*. 6.ed. Artmed, 2017. 858p.
- TEIXEIRA, P. C.; DONALGEMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. *Manual de métodos de análise de solos*. 3 ed. Revista e ampliada, Brasília, DF: Embrapa, 2017, 573p.
- ZHU G.; AN, L.; JIAO, X.; CHEN, X.; ZHOU, G.; MCLAUGHLIN. Effects of gibberellic acid on water uptake and germination of sweet sorghum seeds under salinity stress. *Chilean journal of agricultural research*, v.79, n.1, p. 415-424, 2019.