



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DO SOLO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO

GARDEANE DA SILVA

**SINERGISMO DO BIOCHAR E BIOESTIMULANTE NA MITIGAÇÃO DO
ESTRESSE SALINO EM MELOEIRO**

FORTALEZA

2025

GARDEANE DA SILVA

SINERGISMO DO BIOCHAR E BIOESTIMULANTE NA MITIGAÇÃO DO ESTRESSE
SALINO EM MELOEIRO

Dissertação apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciência do Solo. Área de concentração: Química, Fertilidade e Biologia do Solo.

Orientador: Prof. Dr. Claudivan Feitosa de Lacerda.

Coorientadora: Prof.^a. Dra. Rosilene Oliveira Mesquita.

FORTALEZA

2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- S58s Silva, Gardeane da.
Sinergismo do biochar e bioestimulante na mitigação do estresse salino em meloeiro / Gardeane da Silva.
– 2025.
67 f. : il.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Mestrado Profissional em Avaliação de Políticas Públicas, Fortaleza, 2025.
Orientação: Prof. Dr. Claudivan Feitosa de Lacerda.
Coorientação: Prof. Dr. Rosilene Oliveira Mesquita.
1. salinidade. 2. biocarvão. 3. bioinsumo. 4. Cucumis melo L. I. Título.
- CDD 320.6
-

GARDEANE DA SILVA

SINERGISMO DO BIOCHAR E BIOESTIMULANTE NA MITIGAÇÃO DO ESTRESSE
SALINO EM MELOEIRO

Dissertação apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciência do Solo. Área de concentração: Química, Fertilidade e Biologia do Solo.

Orientador: Prof. Dr. Claudivan Feitosa de Lacerda.

Coorientadora: Prof.^a. Dra. Rosilene Oliveira Mesquita.

Aprovada em 21/02/2025

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Claudivan Feitosa de Lacerda. (Orientador:)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof.^a. Dra. Rosilene Oliveira Mesquita. (Coorientadora)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Antonio João de Lima Neto
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dr. Johny de Souza Silva
Embrapa Agroindústria Tropical

A Deus, que sempre me deu força para continuar, e à minha família, que está sempre ao meu lado, apoiando e vibrando com cada uma das minhas conquistas.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, por me conceder a força e a coragem para alcançar meus objetivos e sonhos. Este processo de mestrado revelou a minha resiliência e me ensinou a importância de acreditar em mim mesmo, mesmo diante dos desafios.

Agradeço especialmente aos meus pais, Sonete e Aleomar, irmãos meus, Kauê e Somaria, os meus sobrinhos, Léo e Ana, que foram meus maiores incentivadores. O apoio deles foi fundamental nos momentos mais difíceis da minha trajetória acadêmica.

À minha família e amigos, que torcem pelo meu sucesso pessoal e acadêmico, agradeço por todo o carinho e cuidado. Também agradeço pelo carinho dos meus amigos Murilo e Marie, pela ajuda e por tornarem esse processo mais leve.

À Dra. Rosilene Oliveira Mesquita e à Dra. Adriana Guirado Artur, agradeço pela orientação, pelo acolhimento, pelos ensinamentos e pela paciência durante todo o processo. Deixo aqui meus sinceros agradecimentos.

Agradeço à Universidade Federal do Ceará (UFC), ao Programa de Pós-graduação em Ciências do Solo (PPGCS) e aos discentes por todo o apoio e conhecimento adquiridos.

Agradeço ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) também a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Agradeço à Lyvia, Ryan Felipe, Raquel e ao senhor Pedro por toda a ajuda durante a condução do experimento.

Agradeço ao Fanzer e ao pessoal do laboratório de física do solo toda a ajuda prestada. Também agradeço à equipe da Embrapa Agroindústria Tropical, às Me. Márcia Regia, a Lilian e ao Dr. Carlos Alberto Kenji Taniguchi, pela disponibilidade e toda a ajuda.

Agradeço Dr. Carlos Tadeu dos Santos Dias pelo apoio inestimável na parte estatística deste trabalho.

Por fim, agradeço a todos que direta ou indiretamente contribuíram para a conquista desse título.

Muito Obrigada!

Faça o teu melhor na condição que você tem,
enquanto você não tem condições melhores
para fazer melhor ainda!
“Mário Sergio Cortella”

RESUMO

A produção de melão (*Cucumis melo* L.) no Nordeste brasileiro depende da irrigação suplementar, devido à irregularidade das chuvas. No entanto, a água subterrânea utilizada apresenta alta salinidade, o que pode causar estresse salino, comprometendo o desenvolvimento e a produtividade da cultura. Para mitigar esses efeitos, o uso de biochar e bioestimulantes tem se mostrado eficaz, promovendo melhorias fisiológicas e de crescimento nas plantas. Este estudo avaliou o efeito combinado do biochar de casca de coco verde, como fonte de potássio na adubação de plantio, e de um bioestimulante foliar à base de extrato de algas marinhas e substâncias fúlvicas, sobre o crescimento, fisiologia, nutrição e produção do meloeiro sob estresse salino. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, utilizando vasos com capacidade de 8 L. O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial 2×4 , correspondendo a dois níveis de salinidade da água de irrigação (0,3 e 4,0 dS m⁻¹) e quatro manejos de adubação: (1) Controle (adubação potássica convencional no plantio, sem uso de bioestimulante); (2) Biochar (aplicação de biochar como fonte de K no plantio); (3) Bioestimulante (adubação potássica convencional no plantio com aplicação foliar de bioestimulante); (4) Biochar + Bioestimulante (biochar como fonte de K no plantio e aplicação foliar do bioestimulante), totalizando oito tratamentos, com cinco repetições, perfazendo 40 unidades experimentais. Durante o período experimental, foram realizadas avaliações não destrutivas de crescimento e trocas gasosas das plantas aos 25, 40 e 55 dias após a semeadura (DAS). Ao final do ciclo, foram realizadas análises do estado nutricional das plantas, da qualidade dos frutos e análises químicas do solo. Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F e, quando significativos, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, a 1% e 5% de probabilidade, além da análise por dendrograma. Os resultados obtidos confirmaram o efeito deletério da salinidade da água de irrigação (4,0 dS m⁻¹) sobre o cultivar Goldex F1 de melão. Além disso, o efeito sinérgico entre o biochar e o bioestimulante foi limitado, sem resultados expressivos sobre o estado nutricional e a qualidade dos frutos. O biochar, proveniente da casca de coco verde, mostrou-se uma fonte sustentável de potássio (K⁺) na adubação de plantio. Por sua vez, o bioestimulante não apresentou efeitos significativos na fisiologia e no desempenho das plantas de meloeiro.

Palavras-chave: salinidade; biocarvão; bioinsumo; *Cucumis melo* L.

ABSTRACT

Melon (*Cucumis melo* L.) production in Northeast Brazil depends on supplemental irrigation due to irregular rainfall. However, the groundwater used for irrigation has high salinity, which can cause salt stress, compromising plant development and crop yield. To mitigate these effects, the use of biochar and biostimulants has proven effective, promoting physiological improvements and plant growth. This study evaluated the combined effect of biochar derived from green coconut husk, as a potassium source in planting fertilization, and a foliar biostimulant based on seaweed extract and fulvic substances, on the growth, physiology, nutrition, and yield of melon plants under salt stress. The experiment was conducted in a greenhouse using 8 L pots. The experimental design was completely randomized (CRD) in a 2×4 factorial scheme, corresponding to two irrigation water salinity levels (0.3 and 4.0 dS m⁻¹) and four fertilization managements: (1) Control (conventional potassium fertilization at planting, no biostimulant); (2) Biochar (biochar applied as a K source at planting); (3) Biostimulant (conventional K fertilization at planting with foliar application of the biostimulant); and (4) Biochar + Biostimulant (biochar at planting and foliar biostimulant), totaling eight treatments with five replications, resulting in 40 experimental units. Non-destructive evaluations of plant growth and gas exchange were conducted at 25, 40, and 55 days after sowing (DAS). At the end of the cycle, plant nutritional status, fruit quality, and soil chemical properties were analyzed. Data were subjected to analysis of variance (ANOVA) using the F-test, and when significant, means were compared using Tukey's test at 1% and 5% significance levels, in addition to dendrogram analysis. The results confirmed the harmful effect of irrigation water salinity (4.0 dS m⁻¹) on the Goldex F1 melon cultivar. Furthermore, the synergistic effect between biochar and the biostimulant was limited, showing no significant improvements in plant nutrition or fruit quality. Biochar from green coconut husk proved to be a sustainable potassium (K⁺) source for planting fertilization. However, the biostimulant showed no significant effects on melon plant physiology or performance.

Keywords: salinity; biochar; bioinput; *Cucumis melo* L.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Casa de vegetação utilizada no experimento.....	24
Figura 2 -	Temperatura máxima e mínima (°C), umidade relativa (%) e precipitação (mm) registrados ao longo do experimento.....	25
Figura 3 -	Sistema tutorado vertical para condução do experimento.....	29
Figura 4 -	Melão nas diferentes fases de desenvolvimento: fase vegetativa (A), fase da floração (B), fase inicial da frutificação (C), fase de maturação (D), fruto maduro (E) e frutos colhidos (F).....	30
Figura 5 -	A) - pH do solo, (B) - Condutividade elétrica pelo estrato de saturação (CEes), (C) - Concentração de potássio (K ⁺) e (D) - Concentração de sódio (Na ⁺) no solo cultivado meloeiro submetido a diferentes com condutividades elétricas da água de irrigação (0.3 e 4.0 dS m ⁻¹) e manejo com KCl, Biochar e Bioestimulante.....	35
Figura 6 -	(A) Concentração de cálcio (Ca ²⁺), (B) - Magnésio (Mg ²⁺), (C)- Fósforo (P) e (D)- Matéria orgânica (MO) no solo cultivado meloeiro submetido a diferentes com condutividades elétricas da água de irrigação (0.3 e 4.0 dS m ⁻¹) e manejos com KCl, Biochar e Bioestimulante.....	37
Figura 7 -	Altura de plantas (A), Diâmetro de caule (B) e Área foliar (C) das plantas de meloeiro em diferentes níveis de salinidade da água de irrigação (CEa de 0,3 e 4,0 dS m ⁻¹).....	39
Figura 8 -	(A)Taxa de fotossíntese líquida (A), (B)- Condutância estomática (gs) em diferentes níveis de salinidade (0.3 dS m ⁻¹ e 4.0 dS m ⁻¹) e tratamentos.....	40
Figura 9 -	- (A)Taxa transpiração (E), (B)-Relação concentração de CO ₂ interna /atmosférico (Ci/Ca), (C)- Fotossistema II (PSII) e (D)- quenching não-fotoquímico (qN).....	42
Figura 10 -	Teores de nitrogênio (A), fósforo (B), cálcio (C) e sódio (D) no tecido foliar de plantas melão.....	45
Figura 11 -	Interação entre diferentes níveis de salinidade e tratamentos sobre o teor de manganês na folha de meloeiro.....	46
Figura 12 -	- Peso dos frutos (A) e pH do fruto (B) sob dois níveis de salinidade da água de irrigação (0,3 e 4,0 dS m ⁻¹).....	48
Figura 13 -	Dendrograma de agrupamento hierárquico das variáveis analisadas.....	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Caracterização química do solo corrigido e granulométrica.....	25
Tabela 2 -	Características químicas do biochar de casca de coco verde.....	26

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANOVA	Análise de variância
CE	Condutividade elétrica
CEes	Condutividade elétrica no extrato da pasta saturada
CEa	Condutividade elétrica da solução
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
CC	Capacidade de campo
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
pH	Potencial hidrogeniônico
KCl	Cloreto de potássio
GL	Grau de liberdade
CV	Coefficiente de variação
DAS	Dias após a semeadura
Dm	Decímetro
Ds	Densidade do solo
dS m ⁻¹	Decisiemens por metro
g	Gramas

LISTA DE SIMBOLOS

Ca^{2+}	Cálcio
Cl^-	Cloro
CO_2	Dióxido de carbono
K^+	Potássio
Mg^{2+}	Magnésio
Mn^{2+}	Manganês
Na^+	Sódio

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	15
2	HIPÓTESE.....	17
3	OBJETIVOS.....	17
3.1	Objetivo geral.....	17
3.2	Objetivos específicos	17
4	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	18
4.1	Aspectos gerais da cultura do melão.....	18
4.2	Efeito da salinidade na fisiologia e na nutrição do meloeiro.....	19
4.3	O biochar produzido da casca de coco verde.....	21
4.4	Bioestimulantes à base de algas marinhas e ácidos fúlvicos	22
5	MATERIAL E MÉTODOS	24
5.1	Localização da área de estudo.....	24
5.2	Caracterização do solo.....	25
5.3	Caracterização química do biochar da casca de coco verde.....	25
5.4	Delineamento experimental.....	26
5.5	Preparo do solo.....	26
5.6	Caracterizações dos materiais.....	27
<i>5.6.1</i>	<i>Matéria vegetal.....</i>	<i>26</i>
<i>5.6.2</i>	<i>Bioestimulante.....</i>	<i>27</i>
<i>5.6.3</i>	<i>Produções das mudas e transplântio</i>	<i>27</i>
<i>5.6.4</i>	<i>Manejo da irrigação.....</i>	<i>28</i>
<i>5.6.5</i>	<i>Adubação.....</i>	<i>28</i>
5.7	Parâmetros biométricos.....	29
5.8	Análises fisiológicas.....	30
5.9	Análises do Solo.....	31
5.10	Colheita dos frutos.....	32
<i>5.10.1</i>	<i>Análises da qualidade dos frutos.....</i>	<i>32</i>
<i>5.10.2</i>	<i>Peso fresco do fruto.....</i>	<i>32</i>
<i>5.10.3</i>	<i>pH do fruto.....</i>	<i>32</i>
<i>5.10.4</i>	<i>Sólidos solúveis totais</i>	<i>33</i>
<i>5.10.5</i>	<i>Acidez titulável.....</i>	<i>33</i>

5.10.6	<i>Relação sólidos solúveis e acidez titulável.....</i>	33
5.11	Análises químicas de tecido foliar.....	33
5.12	Análise estatística	34
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	35
6.1	Atributos químicos do solo.....	35
6.2	Variáveis biométricas.....	39
6.3	Variáveis fisiológicas.....	40
6.4	Avaliação do estado nutricional.....	43
6.5	Qualidade dos frutos.....	45
6.6	Dendrograma	49
7	CONCLUSÃO.....	50
	REFERÊNCIAS.....	51
	APÊNDICE A - RESUMO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA (ANOVA) PARA OS DADOS DE PH (POTENCIAL HIDROGENIÔNICO), CE (CONDUTIVIDADE ELÉTRICA), K⁺ (POTÁSSIO), NA⁺ (SÓDIO), CA²⁺ (CÁLCIO), MG²⁺ (MAGNÉSIO), P (FÓSFORO) E MO (MATÉRIA ORGÂNICA)	63
	APÊNDICE B - RESUMO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA (ANOVA) PARA OS DADOS DE ALTURA DAS PLANTAS (AP), DIÂMETRO DO CAULE (DC), NÚMERO DE FOLHAS (NF) E ÁREA FOLIAR (AF).....	64
	APÊNDICE C - RESUMO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA (ANOVA) PARA OS DADOS DE FOTOSSÍNTESE LIQUIDA (A), CONDUTÂNCIA ESTOMÁTICA (GS), TRANSPIRAÇÃO (E), RAZÃO ENTRE A CONCENTRAÇÃO INTERNA DE CO₂ E AMBIENTAL (CI/CA)FOTOSSISTEMA II (PSII) QUENCHING FOTOQUÍMICO (QP), QUENCHING NÃO FOTOQUÍMICO (QN), TAXA DE TRANSPORTE DE ELÉTRONS (ETR), EFICIÊNCIA INSTANTÂNEA DO USO DA ÁGUA (EUA), EFICIÊNCIA INSTANTÂNEA DE CARBOXILAÇÃO (EIC).....	65

APÊNDICE D - RESUMO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA (ANOVA) PARA OS DADOS DE TEOR NUTRICIONAL: N (NITROGÊNIO), P (FÓSFORO), K⁺ (POTÁSSIO), CA²⁺ (CÁLCIO), MG²⁺ (MAGNÉSIO), S (ENXOFRE), NA⁺ (SÓDIO), NA⁺/ K⁺ (RAZÃO SÓDIO/ POTÁSSIO), CU (COBRE), FE (FERRO), ZN (ZINCO), MN (MANGANÊS) E B (BORO)..... 66

APÊNDICE E - RESUMO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA (ANOVA) PARA PESO DOS FRUTOS (PF), POTENCIAL HIDROGÊNIO (PH), SÓLIDOS SOLÚVEIS (BRUX), ACIDEZ DO FRUTO (ACF), RELAÇÃO SOLIDO SOLÚVEIS/ACIDEZ TITULÁVEL (BRUX/ACF) 67

.....

1 INTRODUÇÃO

O melão (*Cucumis melo* L.), pertencente à família das cucurbitáceas, é uma hortícola frutífera muito consumida e apreciada em todo o mundo, sendo uma cultura rentável e lucrativa, cultivada geralmente em condições de campo (Lozano et al., 2018). No Brasil, o Nordeste responde por 93,62% da produção de melão, que é cultivado nos estados do Rio Grande do Norte (63,22%), Ceará (12,43%), Bahia (12,06%) e Pernambuco (5,92%) (IBGE, 2022a). Isso ocorre, devido a hortaliça apresentar boa adaptação às condições climáticas da região semiárida (Meghwal et al., 2022).

Em regiões áridas e semiáridas, caracterizadas por elevadas taxas de evaporação e baixa precipitação, tornado a irrigação essencial para a viabilidade da produção agrícola. Contudo, o uso recorrente de águas com elevada condutividade elétrica, associadas à ausência de sistemas de drenagem adequados, tem contribuído significativamente para o aumento da salinidade dos solos agrícolas (FIGUEIREDO et al., 2019). No entanto, o manejo inadequado dessa prática pode intensificar o estresse salino nas culturas, comprometendo seu desenvolvimento e rendimento (Medeiros et al., 2017).

Estima-se que cerca de dezesseis milhões de hectares de solos são afetados por sais no Brasil, com aproximadamente 70% na região Semiárida (Gheyi et al., 2022). Por consequência, a produção agrícola é severamente afetada devido à presença de águas de qualidade inferior (salobras) utilizadas na irrigação, que contêm elevados teores de íons tóxicos para as culturas, como o sódio (Na^+) e o cloro (Cl^-) (Lessa et al., 2023). As plantas são afetadas de forma direta nas raízes devido à redução do potencial osmótico do solo, o que reduz a absorção de íons, provocando o desbalanço nutricional nas plantas (Araújo et al., 2016). No entanto, a adoção de práticas conservacionistas de solo, tais como a aplicação de biochar em solos agriculturáveis, têm atraído atenção nos últimos anos, devido ao seu potencial como condicionador de solo.

O biochar, um material rico em carbono, é obtido pela pirólise de biomassa sob condições de oxigênio limitado. Pode ser produzido a partir de diferentes materiais, como resíduos vegetais, industriais e animais (Baninajarian & Shirvani, 2020). De acordo com Akhtar et al. (2015), a aplicação do biochar no solo reduz a absorção Na^+ nas plantas, causando diminuição no estresse osmótico pelo aumento no teor de água do solo e pela liberação de nutrientes minerais como K^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} para a solução do solo. Além disso, o melão é uma cultura bastante exigentes em nutrientes, especialmente o potássio (K^+) (Aguiar Neto et al., 2014).

A aplicação do biochar como condicionador de solo tem proporcionado aumento na produtividade das culturas em solos degradados, nos quais elas enfrentam vários tipos de estresse (Thomas et al., 2013). Diversos estudos têm comprovado a eficiência do uso do biochar como fonte de carbono orgânico recalcitrante, contribuindo para a recuperação da fertilidade do solo e redução da acidez em regiões tropicais (Lima et al., 2018; Lima et al., 2019; Medeiros et al., 2020). A casca de coco, conforme Carrijo et al. (2002), apresenta níveis significativos de cloreto de potássio, sendo uma fonte promissora de adição de potássio ao solo. No entanto, o biochar quando aplicado sozinho não enriquece diretamente o solo com nutrientes e pode causar imobilização de N ao elevar a relação C/N. Portanto, o biochar deve ser usado em combinação com outras fontes de nutrientes, como fertilizantes (Schulz et al., 2013).

O uso de fertilizantes orgânicos é uma alternativa para o aumento da produtividade das culturas, assim, reduz a pressão agrícola sobre o meio ambiente. Os bioestimulantes vegetais podem ser definidos como substâncias que promovem efeitos benéficos às culturas, estimulando processos fisiológicos, morfológicos e bioquímicos, principalmente relacionados à assimilação de nutrientes, ao crescimento aprimorado das plantas e à produção de biomassa (Rouphael, 2020). Além disso, os efeitos benéficos dos bioestimulantes podem frequentemente estar relacionados à melhoria da qualidade dos produtos finais e ao aumento da capacidade da planta de lidar com estresses bióticos e abióticos (Rouphael, 2020).

De acordo com a atual regulamentação de fertilizantes da União Europeia (2019), os bioestimulantes são substâncias que estimulam os processos de nutrição das plantas, aumentam a disponibilidade de nutrientes nos solos, melhoram a tolerância aos estresses abióticos e as características de qualidade das plantas (Rosa et al., 2021). Além disso, são produtos cujas propriedades melhoram os processos fisiológicos e metabólicos das plantas, estimulando o crescimento das raízes e aumentando a absorção de água e nutrientes do solo (Bulgari et al., 2015; Mariani & Errante, 2017; Yakhin et al., 2017).

Segundo Antón-herrero et al., 2022, o uso do biochar e bioestimulante de forma combinada, protegem as plantas contra o acúmulo de elementos tóxicos. No entanto, são escassas as informações sobre o uso combinado desses produtos como uma alternativa mitigadora os danos causados pelos estresses nas plantas. Portanto, diante do exposto, objetiva-se avaliar o potencial sinérgico entre biochar derivado da casca de coco verde e o bioestimulante produzido a partir do extrato de algas marinhas e ácidos fúlvicos na mitigação do estresse salino na cultura do meloeiro.

2 HIPÓTESE

A aplicação conjunta de biochar derivado da casca de coco verde e bioestimulante à base de *Ascophyllum nodosum* e ácidos fúlvicos reduzirá os efeitos negativos da salinidade no crescimento, fisiologia e qualidade dos frutos do melão amarelo.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Avaliar o potencial sinérgico entre o biochar obtido da casca de coco verde e o bioestimulante a base de *Ascophyllum nodosum* e ácidos fúlvicos na mitigação do estresse salino na cultura do meloeiro.

3.2 Objetivos específicos

Avaliar a interação entre o biochar e o bioestimulante na redução dos efeitos deletérios da salinidade no crescimento, na fisiologia, no estado nutricional e na qualidade dos frutos do meloeiro.

Avaliar o efeito isolado da aplicação do bioestimulante no crescimento e nos parâmetros fisiológicos das plantas de meloeiro.

Investigar a influência da aplicação isolada do biochar nos atributos químicos do solo e nas plantas de melão.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 Aspectos gerais da cultura do melão

Originário da África, o melão se popularizou em regiões tropicais como a Índia, onde encontrou condições ideais para seu cultivo. Devido às condições climáticas semelhantes às das regiões semiáridas. O melão é uma dicotiledônea, que pertence à família das Cucurbitáceas. Esta espécie apresenta sistema radicular do tipo ramificado e vigoroso, sendo constituído por uma raiz central, pequena e densa, da qual partem às raízes secundárias, concentrando-se na profundidade que varia de 25 a 40 cm abaixo da superfície do solo (Maroto, 1995; Gomes, 2007).

O meloeiro é considerado uma hortaliça do tipo fruto por apresentar característica herbácea do tipo rasteiro, de ciclo curto e com que exige tratos culturais intensivos (Barreto, 2018). Os frutos do meloeiro são bagas carnudas que apresentam tamanhos, formatos e colorações variadas. O início da colheita dos frutos pode variar entre 64 e 70 dias após a semeadura, correspondendo ao início do ciclo de colheita da cultura (Salviano et al., 2017).

A cultura do melão apresenta maiores exigências em temperaturas, variando entre 25 °C e 35 °C, umidade do ar compreendida entre 65% e 75%, solos de textura média ou arenosa, profundos, de boa porosidade, boa drenagem, pH em torno de 6,0 a 6,5, boa fertilidade e baixos níveis de salinidade, tanto no solo quanto na água utilizada para a irrigação, quando comparada com outras cucurbitáceas (Salviano et al., 2017).

O sistema radicular do melão desempenha um papel fundamental na sua tolerância ao estresse salino. Como a planta possui um sistema radicular superficial e altamente ramificado, a absorção de água e nutrientes pode ser afetada pela alta concentração de sais no solo. O estresse salino reduz o potencial osmótico do solo, dificultando a captação de água pelas raízes, o que pode levar a um desbalanço nutricional e impactos negativos no crescimento da planta. Além disso, a presença excessiva de íons como sódio (Na^+) pode competir com nutrientes essenciais como potássio (K^+) e cálcio (Ca^{2+}), prejudicando o metabolismo da planta. Algumas estratégias de mitigação incluem o uso de biochar e bioestimulantes, que podem melhorar a retenção de água no solo e reduzir os efeitos tóxicos do sódio nas raízes.

No Brasil, a região Nordeste tem uma produção contínua e em larga escala, sendo a maior região produtora de melão do país para exportação (Araújo, 2016). O melão amarelo tem a produtividade média 28, 2 t/ha (IBGE, 2023). De acordo Landau et al. (2020), o melão produzido na Região Nordeste é internacionalmente competitivo, pela boa qualidade dos frutos e em função da duração reduzida do ciclo (~60 dias¹), permitindo até três safras anuais.

Apesar do meloeiro ser naturalmente adaptado às condições climáticas da região Nordeste, o cultivo requer o uso de irrigação suplementar, por ser uma cultura de ciclo curto. Com isso, a produção só é possível com a prática da irrigação, que muitas vezes é feita utilizando águas de qualidade inferior (maior teor de sais dissolvidos, principalmente sódio), uma vez que a disponibilidade de água com qualidade para fins de irrigação é pouca e ainda possui custo elevado (Queiroga et al., 2006; Medeiros et al., 2010; Dantas et al., 2018).

O melão é classificado como moderadamente sensível à salinidade da água (2,2 dS m⁻¹), e reduções na produtividade já foram observadas com o aumento da salinidade na água de irrigação (Akrami & Arzani, 2019). Segundo dados (FAO, 2015), as perdas de produção para cultura do melão com a salinidade da água são as seguintes: a) queda na produção de 10 % quando irrigado com água de 2,4 dS m⁻¹; b) queda de 25 % quando irrigado com água de 3,8 dS m⁻¹; c) queda de 50 % quando irrigado com água de 6,1 dS m⁻¹; e d) perda total quando irrigada com água com teores de sais maiores que 16 dS m⁻¹.

4.2 Efeito da salinidade na fisiologia e na nutrição do meloeiro.

Devido à escassez hídrica que ocorre na região Semiárida, tanto quantitativa como qualitativamente, o uso da irrigação torna-se o único meio de garantir a segurança da produção agrícola (Dalchiavon et al., 2016). A exploração da irrigação com água subterrânea pode aliviar em grande parte a escassez hídrica nos sistemas agrícolas. Porém, o uso da irrigação com água salina, causa acúmulo de sais no solo (Baath et al., 2020). A utilização de águas de qualidade inadequada, falta de sistema de drenagem e o manejo incorreto do sistema solo-planta-água, ocasiona severos danos a produtividade das culturas (Oliveira et al, 2012).

A salinidade pode ocasionar nas plantas estresse osmótico, interferindo na absorção de água e nutrientes, sendo esse estresse iônico provocado pelo acúmulo excessivo de íons tóxicos, o que causa citotoxicidade, e, conseqüentemente, dificultando que as plantas consigam expressar todo o potencial produtivo (Taiz et al., 2017). O estresse salino também prejudica as funções fisiológicas, provocando o fechamento estomático, uma das primeiras respostas ao estresse para evitar a perda excessiva de água pela planta em condições de restrição hídrica (Taiz et al., 2017).

A salinidade afeta a nutrição das culturas por alterar os processos de absorção, transporte, assimilação e distribuição de nutrientes (Sousa et al., 2020). Entre os principais efeitos está a toxicidade do íon Na⁺, que compete com a absorção de nutrientes essenciais como K⁺ e Ca²⁺, resultando em desequilíbrios nutricionais, frequentemente expressos por um aumento nas razões Na⁺/K⁺ e Na⁺/Ca²⁺ no tecido vegetal (Ran et al., 2022).

O crescimento inicial e a floração são as fases de desenvolvimento do melão mais sensíveis à salinidade; nessas fases, o estresse salino limita as trocas gasosas e a produção de fotoassimilados, devido, principalmente, à dificuldade de absorção de nutrientes do solo e seu transporte na planta, reduzindo o crescimento e a produtividade da cultura (SOUSA *et al.*, 2021). A salinidade é considerada um dos estresses abióticos que têm os maiores efeitos prejudiciais no crescimento e desenvolvimento das plantas (Khan *et al.*, 2017).

A nutrição mineral é um dos principais fatores que influenciam a produtividade dos frutos de meloeiro, sendo necessário, um manejo nutricional eficiente da cultura (Faria *et al.*, 1994; Silva *et al.*, 2003). Desta forma, a cultura do meloeiro é bastante exigente em potássio (K^+), sendo o nutriente extraído em maior quantidade pelas plantas (Medeiros *et al.*, 2008; Aguiar Neto *et al.*, 2014; Oliveira *et al.*, 2021).

A utilização de águas salinas na irrigação causa graves restrições no equilíbrio nutricional, no crescimento e na produtividade do meloeiro (Pereira *et al.*, 2017). Ela causa redução da absorção de elementos essenciais à planta, como cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}) e potássio (K^+), devido à competição por sítios de absorção com íons de sódio (Na^+) que se encontram em excesso no ambiente radicular (Acosta *et al.*, 2017). O K^+ é o nutriente mais prejudicado nessa relação, por ter valência e raio iônico semelhantes ao do Na^+ , isso faz com que eles compitam pelo mesmo sítio de absorção (Silva & Trevizam, 2015).

As plantas de melão desviam energia do crescimento para excluir Na^+ e Cl^- e para a síntese de solutos compatíveis, como prolina e citrulina, para ajustar o potencial osmótico no interior da célula (Sarabi *et al.*, 2017). Desta forma, o desequilíbrio nutricional provocado pela salinidade é decorrente principalmente da absorção excessiva de Na^+ e Cl^- , como também dos distúrbios na absorção ou distribuição de vários outros elementos essenciais, contribuindo para o ajuste osmótico (Flowers *et al.*, 2015).

O estresse salino afeta as plantas restringindo a absorção de água, rompendo membranas, desequilíbrio iônico, dano oxidativo e desequilíbrio nutricional, reduzindo a divisão e expansão celular, taxa de fotossíntese, metabolismo lipídico e causando reduções de rendimento. Como resultado, a salinidade reduz a condutância estomática e perturba os fotossistemas e as enzimas fotossintéticas nas plantas, resultando na geração de espécies reativas de oxigênio (ROS) (Hasanuzzaman *et al.*, 2018).

Em um estudo conduzido por Morais *et al.* (2018), foram observadas mudanças fisiológicas no cultivo de melão quando exposto à água salina, tendo variações na concentração interna de CO_2 , condutância estomática, transpiração e taxa de assimilação de CO_2 . Além das alterações fisiológicas, há possibilidade de danos fotoquímicos na planta de melão, sugerindo

que a clorofila, o pigmento essencial para a fotossíntese, é particularmente suscetível ao estresse salino na produção da cultura (Melo et al., 2017).

A redução do crescimento e rendimento das plantas cultivadas sob estresse salino ocorre devido as alterações fisiológicas, entre elas, alterações no processo de fotossíntese. Muitos estudos relatam alterações nos parâmetros fisiológicos de meloeiro cultivado em níveis mais elevados de salinidade (Sousa et al., 2018; Morais et al., 2018).

4.3 O biochar produzido da casca de coco verde

O coco (*Cocos nucifera*. L) foi introduzida no Brasil em 1553, no estado da Bahia adaptando-se às condições geográficas de algumas regiões brasileiras, permitindo uma intensa utilização comercial dos produtos derivados, além da utilização industrial, artesanal e medicinal (Silva et al., 2016). O Brasil é o quinto maior produtor, com a participação de 4,5% do total mundial (Brainer & Ximenes, 2020).

A produção de coco no Brasil em 2022, alcançou 1.829.612 mil frutos, com a contribuição dos estados do Nordeste com cerca de 78,81% e do Norte com 10,14% da produção nacional (IBGE, 2022b). O aumento do consumo de água de coco e polpa do coco verde aumentou a geração de cascas de coco (Ayrilmis et al., 2011), que em algumas regiões causam impactos ambientais (Biggs et al., 2015), por necessitar de maior espaço de armazenamento, em função da sua forma e difícil decomposição (Dias et al., 2019).

A casca do coco representa cerca de 85% do peso do fruto (Ayrilmis et al., 2011). Devido ao grande consumo, o aumento da produção e descarte dos resíduos do coco verde passou a ser uma tendência natural, trazendo problemas para as áreas urbanas e causando uma conseqüente elevação na geração de resíduos sólidos (cascas). O acúmulo das cascas de coco verde causa transtornos, principalmente nas cidades litorâneas (Lacerda & Leitão, 2021). Devido ao seu longo tempo de decomposição, levando mais de oito anos para se decompor na natureza (Albuquerque et al., 2021).

A biomassa da casca de coco é composta principalmente de lignina, celulose e hemiceluloses (Borel et al., 2021). Os resíduos das cascas de coco verde têm o potencial da reutilização, assim, proporcionando uma redução dos impactos ao meio ambiente (Lacerda & Leitão, 2021). Portanto, os resíduos de coco são um excelente material para a produção de biochar (Lita et al., 2022, Zaitun et al., 2022).

O biochar, por exemplo, funciona como uma tecnologia viável, já sendo comprovado a sua eficiência como condicionador de solo, podendo aumentar a retenção de água no solo (Srinivasan et al., 2015; Garg et al., 2022), a disponibilidade de nutrientes (Liu et al.,

2022), e a capacidade de troca catiônica (Srinivasan et al., 2015), diminuem a acidez do solo (Shetty et al., 2021), aumenta o rendimento das culturas (Herviyanti et al., 2020), reduz a erosão do solo, previne a lixiviação de nutrientes e promove a atividade microbiana (Jahan et al., 2023; Siedt et al., 2021).

O biochar é um material semelhante ao carvão, rico em carbono orgânico, produzido a partir de biomassa como madeira, folhas, sementes/frutas, grama ou resíduos agrícolas, por meio do processo de pirólise (lenta, intermediária, rápida e gaseificação) em altas temperaturas em um ambiente com baixo teor de oxigênio ou sem oxigênio (Nguyen et al., 2022). Esse material é altamente poroso e possui elementos orgânicos e inorgânicos em sua composição a depender do material de origem (Novak et al., 2016).

O biochar é bem conhecido por suas propriedades únicas, como ter uma alta área de superfície e porosidade, baixa densidade aparente, alta capacidade de troca catiônica (CTC), pH neutro a alcalino e alto teor de carbono, e também contém alguns nutrientes de plantas, como nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K^+), cálcio (Ca^{2+}) e magnésio (Mg^{2+}), que são necessários para o crescimento e desenvolvimento das culturas (Nepal et al., 2023).

A adição de biochar ao solo pode melhorar o conteúdo de carbono orgânico do solo, a CTC e a porosidade do solo; estabilizar o pH do solo; aumentar a atividade microbiana do solo; aumentar a retenção e disponibilidade de umidade; imobilizar elementos tóxicos como metais pesados; e aumentar a biodisponibilidade de minerais, resultando em melhor desenvolvimento das raízes e absorção de nutrientes (Kabir et al., 2023; Sifton et al., 2023).

O aumento da fertilidade do solo com o uso do biochar está diretamente ligado aos vários nutrientes desse material que estão presentes na forma lábil, o que mantém grandes quantidades de elementos essenciais em formas disponíveis no solo, contribuindo para a melhoria da fertilidade (Silva et al., 2019). Desta forma, visando mitigar os impactos negativos causados pelo estresse salino às plantas, o uso de condicionadores de solo, como os biochar que são produtos com o poder de mitigar a ação salina, além de apresentar um baixo custo e de uma alta eficiência (Lefebvre et al., 2019; Neogi et al., 2022).

4.4 Bioestimulantes à base de algas marinha e ácidos fúlvicos

Os bioestimulantes são substâncias ou microrganismos que são aplicados a plantas, solo ou sementes, para melhorar o crescimento, desenvolvimento, desempenho e qualidade das colheitas (Moura, 2023a). Conforme regulamentação da União Europeia (EBIC), o bioestimulante vegetal é um produto que estimula os processos de nutrição vegetal independentemente do conteúdo de nutrientes do produto com o único objetivo de melhorar

uma ou mais das seguintes características da planta ou da rizosfera vegetal: (a) eficiência no uso de nutrientes; (b) tolerância ao estresse abiótico; (c) características de qualidade; (d) disponibilidade de nutrientes confinados no solo ou na rizosfera (Rouphael & Colla, 2020).

As formulações de bioestimulantes podem ser classificadas em quatro grupos a partir de sua composição: 1) extratos de algas; 2) carboidratos, proteínas, aminoácidos e lipídios; 3) ácidos húmicos e fúlvicos; e 4) microrganismos que afetam a tolerância ao estresse. Estas substâncias estão sendo cada vez mais utilizadas na produção agrícola por trazer benefícios como: aumentar a absorção de nutrientes e a tolerância das plantas aos estresses abióticos, melhorar o tamanho e a qualidade dos frutos (Tarantino et al., 2018).

Os bioestimulantes compostos por extrato de alga *Ascophyllum nodosum* promovem o crescimento vegetativo, melhoram a eficiência na absorção de nutrientes, estimulam as respostas antioxidantes e o acúmulo de metabólitos de defesa celular, conferindo às plantas maior proteção contra estresses ambientais e contra perdas de rendimento nessas condições (Di Stasio et al., 2018; Goñi et al., 2018; Jithesh et al., 2019). Além, de retardarem a senescência foliar, melhoram a condutância estomática das folhas, regulam a temperatura foliar, aumentam os mecanismos de defesa a espécies reativas de oxigênio (ROS), a fototolerância, atividade fotossintética, o teor de clorofilas, absorção de nutrientes, reduzem fotoinibição do fotossistema II (PSII), a peroxidação lipídica e danos oxidativos aos tecidos (Martynenko et al., 2016; Shukla et al., 2017).

Esses efeitos promovidos pelas algas podem ser explicados pela riqueza destes organismos em reguladores de crescimento (citocininas, auxinas, giberelinas, betaínas), macronutrientes (P, K e Ca) e micronutrientes (Fe, Cu, Zn B, Mn, Co e Mo) (Dapper et al., 2014). Os ácidos húmicos e fúlvicos são produzidos pela biodegradação da matéria orgânica resultando em uma mistura de ácidos contendo grupos fenolato e carboxila (Sousa et al., 2021). Porém, possui baixo peso molecular, alta quantidade de compostos fenólicos e grupos carboxílicos e baixa quantidade de estruturas aromáticas, o que lhe confere melhor solubilidade em água e maior CTC (Canellas et al., 2014). Os ácidos fúlvicos possuem maior teor de oxigênio e menor peso molecular (Bulgari et al., 2015). Além disso, promove o crescimento das raízes e da parte aérea, atua no aumento da absorção de íons, respiração, fotossíntese, teor de clorofila e na produção de ATP (Calvo et al., 2014).

O bioestimulantes à base de extratos de algas marinhas, como *Ascophyllum nodosum* (L.) e ácido fúlvico têm sido amplamente utilizados para aumentar a produção agrícola, e seus efeitos isolados na melhoria da tolerância à seca em culturas já são conhecidos (Canellas et al., 2014; Di Stasio et al., 2018; Goñi et al., 2018)

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Localização da área de estudo

O experimento foi conduzido em casa de vegetação (Figura 1) pertencente ao Departamento de Fitotecnia, localizada na Universidade Federal do Ceará (UFC), no Campus do Pici, Fortaleza-CE. O local possui as coordenadas geográficas (latitude de 3°44'26.0"S, longitude de 38°34'29.2"W), com uma altitude de 16 m acima do nível do mar. Conforme classificação de ALVARES *et al.*, (2013), o clima local é do tipo “Aw”, tropical chuvoso e muito quente.

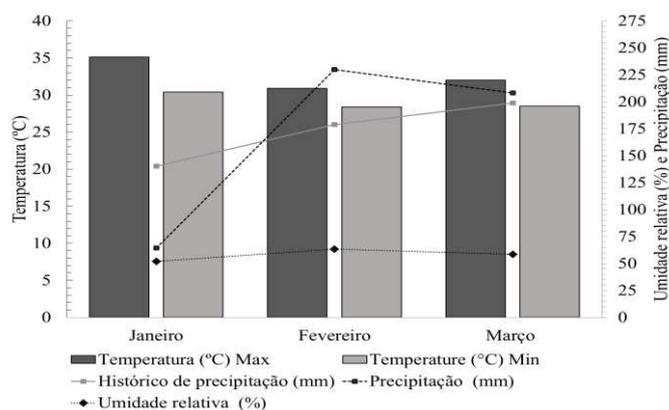
Figura 1. Casa de vegetação utilizada no experimento.



Fonte: Autora, 2024.

O experimento foi realizado entre os meses de janeiro a março de 2024. Durante esse período, a temperatura e a umidade relativa do ar (máxima e mínima) da casa de vegetação foi monitorada através do equipamento “Higrômetro digital”., cujos resultados são observados na Figura 2.

Figura 2. Temperatura máxima e mínima (°C), umidade relativa do ar (%) e precipitação (mm) registrados ao longo do experimento.



5.2 Caracterização do solo

O solo utilizado no experimento foi coletado no Campo Experimental Pacajus, pertencente à Embrapa Agroindústria Tropical, no município de Pacajus, Estado de Ceará. O solo foi classificado como Neossolo Quartzarênico (Embrapa, 2018). Após coletado, o solo foi seco ao ar livre, destorroado, peneirado e armazenado em uma caixa plástica. Sendo assim, foi retirada uma amostra representativa e enviada para o laboratório de solos da Embrapa para caracterização química e física (Tabela 1), seguido a metodologia TEIXEIRA *et al.*, (2017).

Tabela 1. Caracterização química e física após aplicação da calagem.

pH	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	H ⁺ +Al	Al ³⁺	SB	CTC	P	V
H₂O									mmol/dm³	
6,1	2,8	19,0	5,1	4,5	7,0	0,0	34,0	41,0	82,0	83,0
MO		Dp	Zn²⁺	Cu²⁺	Fe²⁺	Mn²⁺	Argila	Areia	Silte	
g/kg		g/dm³	mg/dm³			g/kg				
3,6		1,45	2,3	0,3	15,0	11,1	30,0	818,0	151,0	

Fonte: Laboratório de solos e água (Embrapa Agroindústria Tropical).

pH (Potencial Hidrogeniônico): medido na relação solo:água de 1:2,5 pelo método de Walkley-Black; P, K⁺, Na⁺, Zn²⁺, Cu²⁺, Fe²⁺ e Mn²⁺: obtidos pela extração com Mehlich 1; Ca²⁺, Mg²⁺ e Al³⁺: extraídos com KCl 1 mol/L; H⁺+Al (Acidez Potencial): determinada com (CH₃COO)₂Ca.H₂O 0,5 mol/L a pH 7; CTC (Capacidade de Troca de Cátions): calculada pela soma de (Ca²⁺ + Mg²⁺ + K⁺ + H⁺ + Al³⁺); SB (Soma de Bases): calculada pela soma de (Ca²⁺ + Mg²⁺ + K⁺ + Na⁺); V (Índice de Saturação por Bases): calculado como (SB/CTC) x 100; argila, areia e silte: determinados pelo método da pipeta.

5.3 Caracterização química do biochar da casca de coco verde

O biochar foi produzido a partir da casca de coco verde corresponde a todo o fruto, tendo apenas a sua água retirada. A produção do biochar passou pelo processo de pirolise entre as temperaturas de 400 a 500 °C na ausência de oxigênio, durante 6:00 h, até atingirem a

carbonização completa. Em seguida, o biochar foi resfriado, moído, peneirado em malha de 0,2 mm (milímetro) e armazenado em recipientes fechados. Antes da utilização no presente estudo, o biochar foi caracterizado os seus atributos químicos (Tabela 2).

Tabela 2. Características químicas do biochar de casca de coco verde.

pH	C	N	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	-SO ₄ ²⁻	Na ⁺	Zn ⁺	Cu ²⁺	Fe ²⁺	Mn ²⁺	CE
H ₂ O	g/kg						mg/kg					dS m ⁻¹	
9,2	661	16	3,4	42,7	8,9	5,7	1,0	6,3	470	22,0	2,59	57	8,65

Fonte: Moura (2023b).

5.4 Delineamento experimental

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial 2×4 , correspondendo a dois níveis de salinidade da água de irrigação (0,3 dS m⁻¹ e 4,0 dS m⁻¹) e quatro manejos de insumo: (1) Controle (adubação convencional no plantio); (2) Biochar (aplicação como fonte de K na adubação de plantio, sem aplicação de Bioestimulante); (3) Bioestimulante (Aplicação foliar de Bioestimulante e adubação potássica convencional, sem aplicação de Biochar); (4) Biochar + Bioestimulante (biochar como fonte de K no plantio e aplicação foliar de Bioestimulante). Cada tratamento teve cinco repetições, totalizando 40 unidades experimentais.

5.5 Preparo do solo e condução do experimento.

Os vasos utilizados no experimento tinham capacidade de 8 dm³. Porém, somente 7 dm³ foram preenchidos com solo, para evitar perdas de solo ou água no momento da irrigação. Cada vaso exigiu 10,15 kg de solo para preencher os 7 dm³, levando em consideração a densidade. Os solos foram pesados em sacos plásticos para realizar o processo de calagem.

A partir dos resultados da análise química do solo, concluiu-se que era necessário a correção do solo. Para avaliar a necessidade de calagem do solo, foi adotada a recomendação de saturação por bases estabelecida para a cultura do meloeiro, que é de 80%, conforme indicado por Crisóstomo et al. (2003). A partir dos cálculos, foram misturados e homogeneizados 3,43 g de calcário por saco de solo, e a umidade foi mantida para permitir que ocorresse a reação química necessária. Dessa forma, foi aplicado o calcário calcítico com o Poder Residual de Neutralização Total (PRNT) de 98%, ficando 30 dias em processo de incubação.

Após o processo de calagem no solo, foi iniciado a incorporada a dose de biochar nos respectivos tratamentos para homogeneização. A dose usada foi seguindo as recomendações de Moura (2023b). Este estudo demonstrou que a dose de 100% (11,2 g) de biochar supre a necessidade nutricional de potássio na adubação de plantio da cultura do melão.

Os sacos contendo os solos foram transferidos para os vasos identificados e, em seguida, foram feitas a saturação desses solos. No dia seguinte, foi efetuado o transplantio das mudas, seguido da adubação de plantio com as respectivas doses de ureia (0,311 g/vaso), superfosfato simples (11,2 g/vaso de P_2O_5), cloreto de potássio (0,482 g/vaso de K_2O) e biochar (11,28 g/vaso). O experimento foi conduzido com espaçamento de 70 cm entre fileiras e 20 cm entre vasos.

5.6. Caracterizações dos matérias

5.6.1 Matéria vegetal

Foram utilizadas sementes de melão híbrido tipo amarelo ‘Goldex F1’ da TOPSEED Premium (Lote: 088220, Germinação: 90% e Pureza: 99%). A escolha ocorreu por ser o híbrido mais usado na região (Landau et al., 2020). As sementes foram adquiridas no comércio local especializado em insumos agrícolas.

5.4.2 Bioestimulante

O bioestimulante utilizado foi o FH Attivus® da empresa HERINGER. As doses aplicadas do bioestimulante foram 0,25 kg/ha, e dissolvidas em água destilada e aplicadas com auxílio de um pulverizador de compressão, via foliar, num total de duas aplicações. As épocas de aplicação seguiram a recomendação do fabricante para outras culturas. A primeira aplicação foi realizada durante a fase vegetativa e a segunda durante a fase inicial da frutificação. As aplicações foram realizadas no período da tarde, entre 16:00 h e 17:00 h, em temperaturas mais amenas.

Durante as aplicações, foi usada uma capa protetora para evitar a contaminação dos demais tratamentos. Os tratamentos que não receberam o bioestimulante foram pulverizados com água.

5.6.3 Produções das mudas e transplantio

A semeadura foi realizada em bandejas de polipropileno com 162 células, preenchidas com substrato comercial Carolina Soil® e terra vegetal na proporção 1:1, e adicionada uma única semente em cada célula. As mudas foram aclimatadas em ambiente protegido, recebendo irrigação duas vezes ao dia.

Após o crescimento das plântulas até o aparecimento de duas folhas definitivas totalmente expandidas, o que ocorreu em aproximadamente 10 dias, foi realizado o transplântio para vasos.

5.6.4 Manejo da irrigação

A irrigação com água salina foi realizada de forma manual, tendo início aos 21 dias após a semeadura (DAS), sendo a lâmina de irrigação determinada pela necessidade da cultura através do monitoramento de tensiômetros. O preparo da solução salina, seguiu a recomendação proposta por Medeiros (1992), utilizando os seguintes sais: cloreto de sódio (NaCl), cloreto de cálcio ($\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) e cloreto de magnésio ($\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$), na proporção de 7:2:1. Foi utilizada a água do sistema local de abastecimento para a irrigação dos tratamentos que receberam baixa salinidade ($0,3 \text{ dS m}^{-1}$) e também para o preparo da solução salina até atingir as condutividades elétricas (CE) de $4,0 \text{ dS m}^{-1}$, respectivamente, utilizando um condutivímetro portátil para aferição das CEs. A solução foi preparada em um recipiente com capacidade para 60 L, sendo preparado a cada três dias para evitar o aumento da concentração dos sais.

A solução salina iniciou 21 dias após a semeadura, com a condutividade elétrica (CE) de $2,25 \text{ dS m}^{-1}$. Para preparar as plantas para o processo de aclimação, a irrigação foi aplicada por dois dias consecutivos. Em seguida, iniciou-se a irrigação com uma condutividade elétrica (CE) de $4,0 \text{ dS m}^{-1}$. Foi aplicada, a cada sete dias de irrigação, uma lâmina de água 15% superior à necessidade da cultura, com o objetivo de lixiviar o excesso de sais do solo (Medeiros & Damasceno.,1999). A lâmina de irrigação foi feita diariamente monitorada nas parcelas experimentais através de tensiômetro, sendo mantida a umidade na capacidade de campo (FC) em 70% em todos os tratamentos.

5.6.5 Adubação

A adubação foi realizada com base nos resultados da análise química do solo e na exigência da cultura, seguindo as recomendações de Crisóstomo et al. (2002). As fontes de adubo foram ureia (N), superfosfato simples (P_2O_5), fosfato monoamônico - MAP (P_2O_5 e N), cloreto de potássio (K_2O) e biochar da casca do coco verde (K_2O). A adubação de plantio consistiu em N ($0,311 \text{ g/vaso}$), P_2O_5 ($11,2 \text{ g/vaso}$), K_2O ($0,482 \text{ g/vaso}$) e biochar ($11,28 \text{ g/vaso}$), sendo incorporados ao solo.

A adubação de cobertura foi realizada por meio da fertirrigação e dividida em quatro épocas diferentes. As aplicações começaram 20 DAS e se estenderam até o estágio final

do enchimento dos frutos. O preparo da solução utilizada na fertirrigação foi feita em baldes plásticos, nos quais eram adicionadas as quantidades de nutrientes determinadas para cada tratamento, adicionado água e misturado de forma homogênea.

5.6.6 Tratos culturais

O sistema no qual as plantas foram conduzidas, foi o tutorado verticalmente com o auxílio de varas de bambu e duas fileiras de arames lisos (Figura 3). Para a sustentação das plantas ao arame, foram utilizados barbantes de polietileno. Esse método permite sustentação adequada para o crescimento vertical das plantas de meloeiro.

Figura 3. Sistema tutorado vertical para condução do experimento.



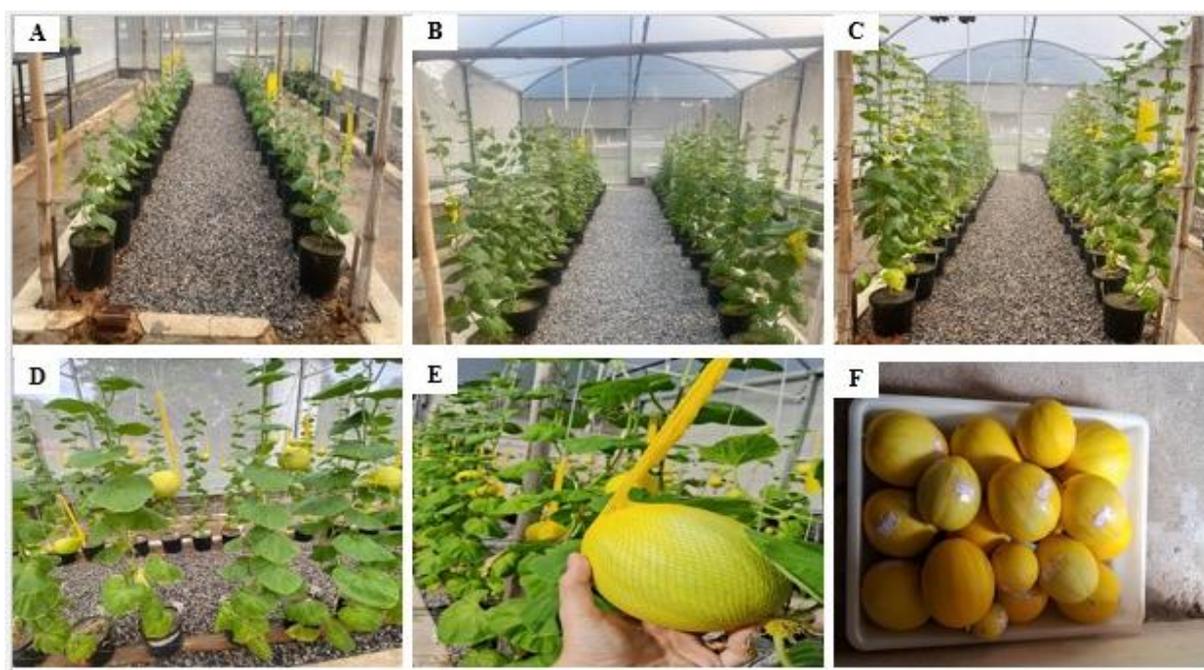
O processo de polinização foi realizado aproximadamente 15 dias após o transplante (DAT), devido à abertura das flores femininas. Esse processo foi realizado de forma manual por cruzamento, sendo pela retirada da flor masculina (estames com pólen) e na realização de atrito no ovário da flor feminina. A polinização foi conduzida nas primeiras horas da manhã, durante todo o período de floração. Segundo Siqueira et al. (2018), o horário de abertura das flores masculinas e hermafroditas no meloeiro é por volta das 05:00 h, podendo estender-se até 05:30 h.

A poda foi realizada aos 25 e 45 DAT, eliminando os ramos laterais e a poda da haste principal foi realizada quando a planta atingiu 2 m de altura, segundo a recomendação para cucurbitáceas (Sediyama et al., 2014). Essa prática tem o intuito de interromper o crescimento vegetativo e estimular o desenvolvimento dos frutos.

O processo de raleio dos frutos foi realizado quando eles ainda estavam no estágio imaturo, com aproximadamente 5 a 6 cm de diâmetro, deixando apenas um fruto por planta. Além disso, foram utilizadas redes para garantir a sustentação do fruto na planta (Figura 4).

O controle fitossanitário foi realizado utilizando produtos registrados pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) para cultura do melão, conforme os ataques de pragas durante condução do experimento. Realizou-se a aplicação de inseticidas registrados para a cultura como o actara®, para controle pulgão (*Aphis gossypii*), mosca-branca (*Bemisia tabaci*), por meio de pulverizador costal, no final da tarde. Além disso, foram usadas armadilhas adesivas para monitoramento de pragas.

Figura 4. Melão nas diferentes fases de desenvolvimento: fase vegetativa (A), fase da floração (B), fase inicial da frutificação (C), fase de maturação (D), fruto maduro (E) e frutos colhidos (F).



5.7 Variáveis biométricas

Foram avaliados aos 25, 40 e 55 dias após a semeadura (DAS), durante todo o ciclo da cultura: A altura das plantas foi medida com o auxílio de fita métrica, sendo expresso em centímetros (cm). O número de folhas foi determinado por meio de contagem direta na planta, sendo consideradas as folhas totalmente expandidas. As medições foram feitas abaixo das

folhas cotiledonares com o auxílio de um paquímetro digital. As medições foram realizadas nas folhas totalmente expandidas, através de uma régua, sendo medidos o comprimento e a largura.

Área foliar foi determinada pela equação 1, proposta por Nascimento et al. (2002).

$$AF = 0,826 \times L^{1,89} \quad \text{Eq. (1)}$$

Sendo:

AF: área foliar em cm²

L: largura de cada folha (cm).

5.8 Análises fisiológicas

As leituras de trocas gasosas ocorreram aos 25, 40 e 55 DAS, entre 08:00 h e 11:00 h. A leitura foi feita na terceira folha mais jovem da haste principal, estando completamente expandida, por apresentar máxima produção de fotoassimilados. As leituras foram feitas com o analisador portátil de gás por infravermelho (IRGA), modelo LI-6400XT da Li-Cor®. Foram determinadas a taxa de fotossíntese líquida (*A*), condutância estomática (*g_s*), a concentração de CO₂ interno (*C_i/C_a*), a taxa de transpiração (*E*). Além disso, foram mensuradas a taxa relativa de transporte de elétrons (ETR), o rendimento quântico efetivo do fotossistema II (ϕ PSII), quenching fotoquímico (*q_P*) e quenching não fotoquímico (*q_N*), eficiência do uso da água (EUA) e eficiência da carboxilação (EiC).

5.9 Análises do Solo

Amostras de solo foram coletadas no final do ciclo, secas ao ar livre, peneiradas em malha de 2 mm e submetidas a análises químicas no laboratório de solos da Embrapa Agroindústria Tropical. Foram determinadas a condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes), o potencial hidrogeniônico (pH), as concentrações de potássio (K⁺) sódio (Na⁺), cálcio (Ca²⁺) e magnésio (Mg²⁺), fósforo (P) e a acidez potencial (H⁺ + Al³⁺), seguindo o método proposta por Teixeira et al. (2017).

5.10 Colheita dos frutos

A colheita manual ocorreu de acordo com a maturação dos frutos. O ponto de colheita seguiu algumas características, como a coloração da casca no tom amarela intenso e o pedúnculo do fruto apresentando uma camada de abscisão (seco), separando facilmente do fruto. Em seguida foram identificados de acordo com cada tratamento, pesado e transportados para o Laboratório de Pós-colheita da Embrapa Agroindústria Tropical.

5.10.1 Análises da qualidade dos frutos

5.10.2 Peso fresco do fruto

A determinação foi feita a partir do peso dos frutos após a colheita, utilizando balança eletrônica, expresso em kg.

5.10.3 pH do fruto

O pH do fruto foi determinado pelo equipamento pHmetro portátil, com ajuste automático de temperatura, devidamente padronizado com soluções tampão pH 4,0 e pH 7,0.

5.10.4 Sólidos solúveis totais (SST)

Foi retirada uma alíquota do suco proveniente da mistura da polpa homogeneizada em processador, sendo os resultados expressos em °Brix, seguindo o método adotado pelo Instituto Adolfo Lutz (Ial, 2008).

5.10.5 Acidez titulável (AT)

Foi obtida por meio de preparo de solução contendo 1 mL do extrato do suco, 50 mL de água destilada e 3 gotas do indicador fenolftaleína e a titulação feita com hidróxido de sódio (NaOH) até o ponto de viragem. Os resultados foram expressos em porcentagem (%), usando o método do Instituto Adolfo Lutz (Ial, 2008).

5.10.6 Relação sólidos solúveis e acidez titulável (SS/AT)

Este método baseia-se entre os valores de sólidos solúveis e acidez titulável. Esta relação é utilizada como uma indicação do grau de maturação da matéria prima (IAL, 2008).

5.11 Análises químicas de tecido foliar

Para realização da diagnose foliar na cultura do melão recomende-se amostrar a sexta folha a partir do ramo principal no período de floração e ou início de frutificação. Desta forma, a coleta da folha diagnóstica foi realizada no início da fase de frutificação (Malavolta et al., 1989).

As amostras do material vegetal foram lavadas com água de torneira e solução de ácido clorídrico (HCl) na concentração de 3%, em seguida, enxaguadas com água destilada. Posteriormente, foram armazenadas em sacos de papel e levadas para secagem em estufa a uma

temperatura de 65 a 70° C até atingirem massa constante. Após esse processo, as amostras foram trituradas em moinho, para a determinação dos teores de cada elemento, tais como nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), sódio (Na), boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), zinco (Zn) e manganês (Mn).

Para a determinação dos teores dos macros e micronutrientes no tecido vegetal foi decomposto por digestão úmida (sistema aberto). Para obter o extrato, adicionou-se 0,5 g da amostra a um tubo de ensaio de 80 mL. Acrescentou 8 mL da mistura de ácido nítrico (HNO₃) a 65% e ácido perclórico (HClO₄) a 72% na proporção de 3:1 e mantendo ao frio por 3 a 4 h. Em seguida, foi colocado no bloco digestor e aquecido gradualmente até atingir 120 °C. Mantida essa temperatura até cessar o desprendimento do vapor castanho de NO₂. Posteriormente, aumentou a temperatura para 200 °C e manter até cessar o desprendimento do vapor branco de HClO₄, o que ocorre em aproximadamente 3 a 4 h no bloco digestor. Após o processo de digestão, as amostras foram esfriadas e completado o volume até 25 mL com H₂O destilada (Miyazawa et al., 2009).

A quantificação dos elementos K, P, Ca, Mg, S, B, Cu, Cl, Mo, Fe, Zn, Mn e do Na, contidos no extrato, foram realizadas através da leitura direta em espectrômetro de plasma de argônio.

A determinação do Nitrogênio foi realizada pelo processo destilação (via úmida) e titulação (Kjeldahl). Para obter o extrato, foram adicionados 0,2 g da amostra a um tubo de ensaio de 80 mL. Os reagentes envolvem uma solução de hidróxido de sódio (NaOH) 40% e ácido bórico (H₃BO₃) 2% com indicadores, uma solução de HCl 1 mol L⁻¹ e uma solução de HCl 0,01 mol L⁻¹. Durante o processo, o extrato foi digerido e transferido para o destilador, onde ocorreu a destilação até alcançar 45 mL de solução. A coloração da solução de H₃BO₃ alterando da cor vinho para verde, e a titulação com a solução de HCl 0,01 mol L⁻¹, até atingir a coloração inicial de vinho, marcando o ponto final da análise (Miyazawa et al., 2009).

$$\text{NH}_4 \text{ g/kg} = (\text{Vb} - \text{Va}) \times 1,4 \quad \text{Eq. (2)}$$

Em que:

Va = volume de HCl gasto no branco, em mL.

Vb = volume de HCl gasto na amostra, em mL.

5.12 Análise estatística

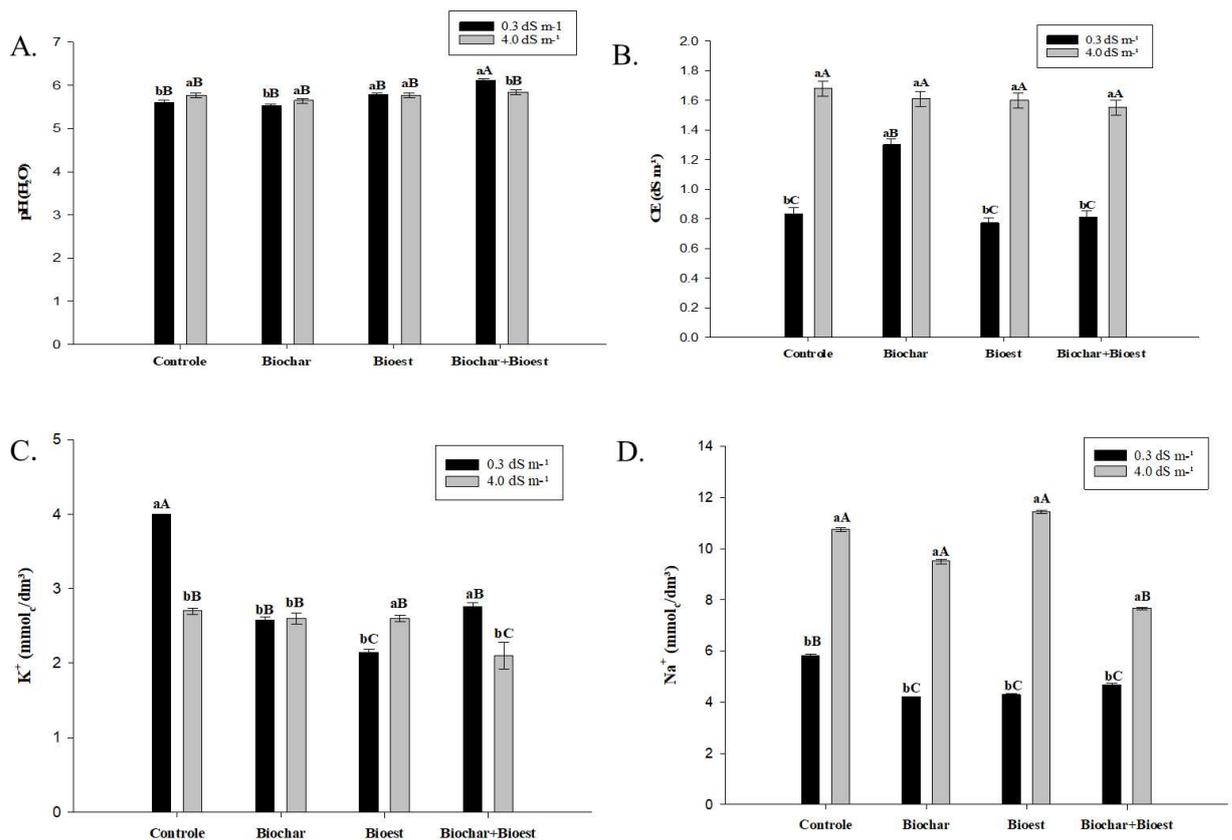
Os dados foram submetidos ao teste de normalidade Shapiro-Wilk e, quando verificada a distribuição normal dos resíduos, foram submetidos à análise de variância (ANOVA), e as médias serão comparadas pelo Teste de Tukey (p de 0,01 a 0,05). Além disso, foi feito um dendrograma de agrupamento hierárquico, tudo com o uso do software R Core Team 8.0 (R CORE TEAM, 2024). Os gráficos foram construídos no programa SigmaPlot (versão 14.0).

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Atributos químicos do solo

As variáveis químicas do solo — pH, condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes), e concentrações de K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , P e matéria orgânica (MO) — apresentaram interação significativa ao nível de $p \leq 0,01$ (Apêndice A). A interpretação desses resultados foi realizada com base nas recomendações de adubação e calagem para o Estado do Ceará (Aquino et al., 1993).

Figura 5 - (A) - pH do solo, (B) - Condutividade elétrica pelo estrato de saturação (CEes), (C) - Concentração de potássio (K^+) e (D) - Concentração de sódio (Na^+) no solo cultivado meloeiro submetido a diferentes com condutividades elétricas da água de irrigação (0.3 e 4.0 $dS m^{-1}$) e manejo com KCl, Biochar e Bioestimulante.



Legenda: As letras minúsculas comparam os níveis de salinidade dentro do tratamento e as letras maiúsculas comparam todos os tratamentos.

O pH do solo variou significativamente entre os níveis de salinidade nos tratamentos Controle (5,5 e 6,1) e Biochar + Bioest (6,1 e 5,5), conforme ilustrado na Figura

5A. A irrigação com água de menor salinidade contribuiu para pH levemente ácido, devido à menor concentração de sais dissolvidos. Já o uso de água salina ($4,0 \text{ dS m}^{-1}$) reduziu o efeito acidificante, possivelmente devido à alcalinidade do biochar. Segundo Silva et al. (2017), o pH ideal para soluções de fertirrigação deve situar-se entre 5,5 e 7,0 para garantir adequada disponibilidade de nutrientes às plantas.

Em tratamentos com aplicação isolada de Biochar e Bioestimulante, não foram observadas diferenças significativas nos valores de pH entre os níveis de salinidade, sugerindo que esses insumos contribuem para a atenuação dos efeitos salinos sobre a acidez do solo. A irrigação com água salina aumentou o conteúdo iônico da solução do solo, o que reduziu o pH. Isso pode estar relacionado à substituição de ânions como carbonatos e bicarbonatos por cloretos, promovendo o aumento de H^+ na solução, como descrito por Dias et al. (2015).

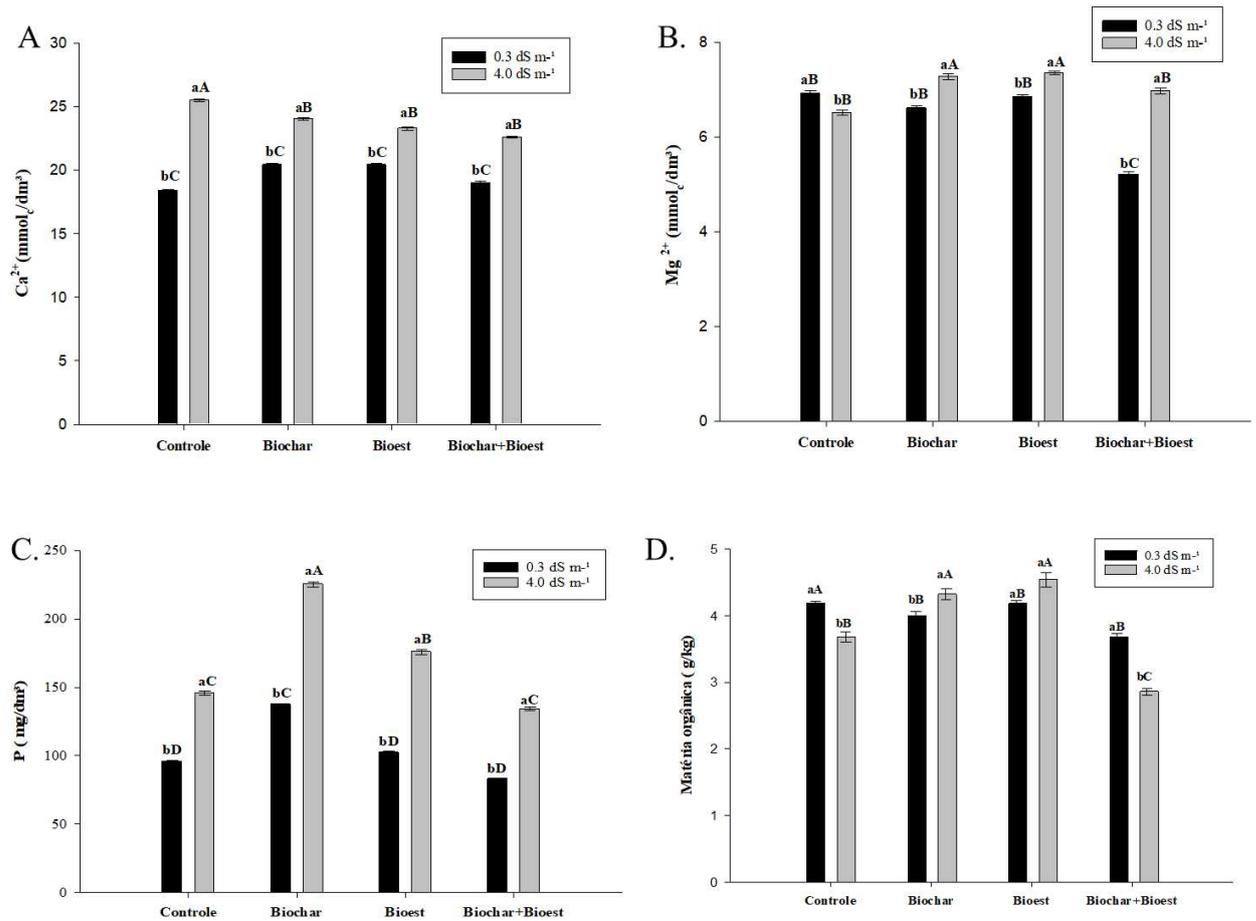
A CEEs do solo aumentou com o uso da água salina ($4,0 \text{ dS m}^{-1}$), o que era esperado devido à maior concentração de sais. Entre os tratamentos com água não salina ($0,3 \text{ dS m}^{-1}$), o que recebeu biochar apresentou CE mais elevada (Figura 5B), evidenciando que o biochar pode contribuir para a retenção ou liberação de sais no solo. A maior CE do solo com uso de água salina está associada ao acúmulo de sais na solução, o que pode induzir choque osmótico, fechamento estomático e desequilíbrios nutricionais (Louati et al., 2018; Hameed et al., 2021; Mendez et al., 2016).

O teor de potássio variou com os tratamentos e níveis de salinidade (Figura 5C). Sob baixa salinidade, o KCl (controle) proporcionou maior disponibilidade de K, devido à alta solubilidade do fertilizante. Já sob alta salinidade, observou-se queda na concentração de K^+ , sobretudo no tratamento com Bioestimulante, indicando interferência da salinidade na solubilidade e mobilidade desse nutriente no solo. O biochar, embora contenha K em sua composição, o libera de forma mais lenta, o que pode ser benéfico a longo prazo, mas menos eficiente sob estresse salino imediato. A competição com íons Na^+ por sítios de adsorção também pode reduzir a disponibilidade de K^+ .

O K^+ exerce funções essenciais no metabolismo vegetal, regulando a abertura estomática, a fotossíntese, a síntese proteica e o transporte de carboidratos (Bose et al., 2021). A concentração de sódio (Na^+) no solo foi mais elevada nos tratamentos com irrigação salina, independentemente do manejo (Figura 5D). No entanto, o tratamento com Biochar + Bioest apresentou redução no acúmulo de Na^+ , sugerindo capacidade de mitigação do estresse salino. Em ambientes com água de baixa salinidade, os teores de Na^+ foram mais baixos, como esperado. A capacidade do biochar em adsorver íons salinos já é reconhecida em processos

industriais de dessalinização (Thomas et al., 2013). Esse efeito ocorre, em parte, devido à troca iônica promovida pelo biochar com liberação de K^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} (Akhtar et al., 2015).

Figura 6 – (A) Concentração de cálcio (Ca^{2+}), (B) - Magnésio (Mg^{2+}), (C)- Fósforo (P) e (D)- Matéria orgânica (MO) no solo cultivado meloeiro submetido a diferentes com condutividades elétricas da água de irrigação (0.3 e 4.0 $dS\ m^{-1}$) e manejos com KCl, Biochar e Bioestimulante.



Legenda: As letras minúsculas comparam os níveis de salinidade dentro do tratamento, e maiúscula, compara todos os tratamentos.

A concentração de Ca^{2+} foi considerada elevada em todos os tratamentos, conforme as recomendações adotadas para a cultura. Em condições de alta salinidade (4,0 $dS\ m^{-1}$), os teores de Ca^{2+} foram superiores em comparação aos tratamentos com água de baixa salinidade. O tratamento controle apresentou a maior média (25,50 $mmol_c\ dm^{-3}$), seguido pelos tratamentos com Biochar e Bioestimulante, enquanto a menor concentração foi observada na combinação Biochar+Bioest (22,58 $mmol_c\ dm^{-3}$) (Figura 6A). Esse aumento do cálcio pode

estar relacionado à composição da água salina, rica em CaCl_2 , que promove maior disponibilidade de Ca^{2+} no solo.

Nos tratamentos irrigados com água de baixa salinidade, os teores de Ca^{2+} foram menores, com diferenças não significativas entre os tratamentos. Já sob alta salinidade, os tratamentos com Biochar, Bioestimulante e Biochar+Bioest apresentaram concentrações semelhantes, porém inferiores às observadas no controle.

A concentração de Mg^{2+} (Figura 6B), em geral, não diferiu entre os tratamentos com água de baixa salinidade, exceto para a combinação Biochar+Bioest, que apresentou valor inferior ao controle. Em condição de alta salinidade, os teores de Mg^{2+} nos tratamentos com aplicação isolada de Biochar e Bioestimulante foram superiores, mas estatisticamente semelhantes entre si. O controle e a combinação dos insumos (Biochar+Bioest) apresentaram valores mais baixos e semelhantes.

Essas variações podem estar associadas à composição iônica da água de irrigação. Estudos anteriores relatam que a irrigação com água de alta condutividade elétrica pode aumentar os teores de Mg^{2+} no solo devido aos processos de troca iônica entre solo e solução (Dias et al., 2015; Souza et al., 2021).

Com relação ao fósforo (P), observou-se aumento significativo nos teores sob irrigação com água de alta salinidade em todos os tratamentos (Figura 6C). O biochar promoveu os maiores valores de P no solo em ambas as condições de salinidade, enquanto os demais tratamentos apresentaram valores inferiores. Esse comportamento pode estar relacionado à composição do biochar e à sua capacidade de liberar P, além de interações com ácidos orgânicos que reduzem a fixação do fósforo nos óxidos de ferro e alumínio presentes no solo (Chintala et al., 2014; Chathurika et al., 2016; Zhu et al., 2018).

Resultados semelhantes foram reportados por Silva et al. (2017), que atribuíram o aumento da disponibilidade de P à presença de Ca^{2+} e à modulação da química do solo pelos constituintes do biochar.

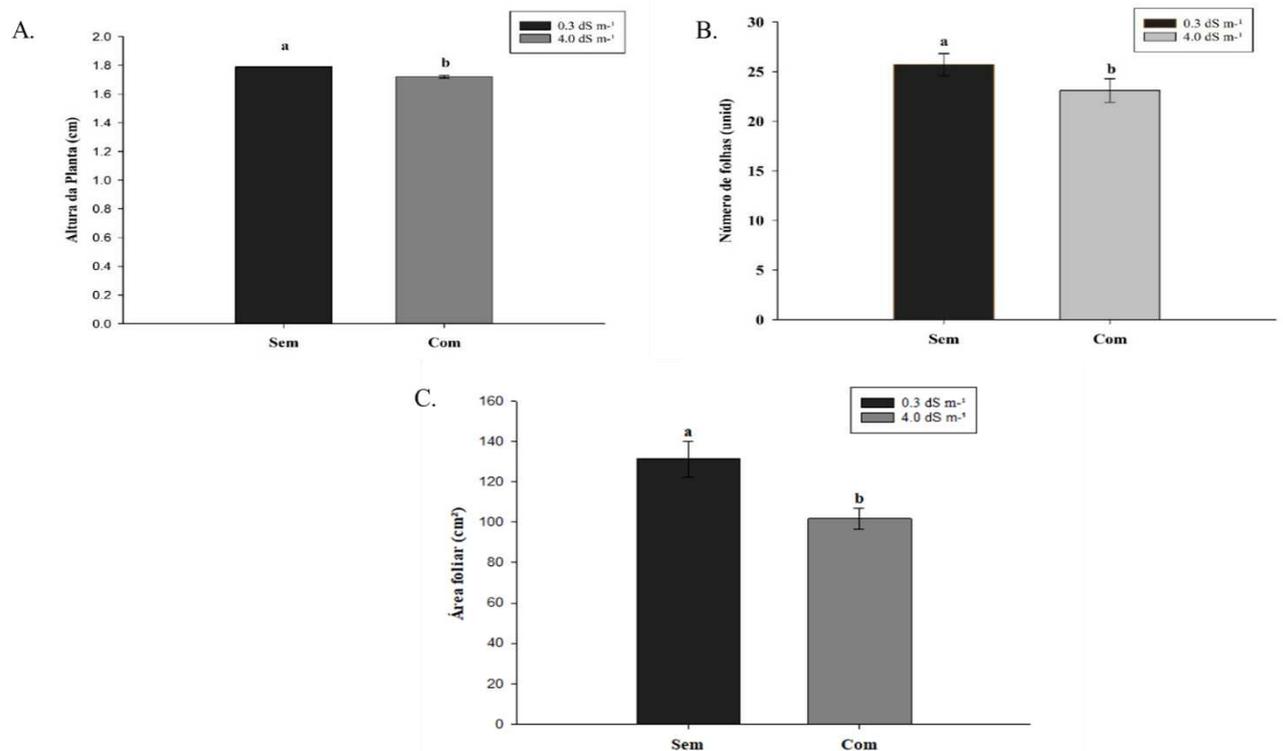
A matéria orgânica do solo (MOS) do solo (Figura 6D) não apresentou diferenças significativas entre os tratamentos irrigados com água de baixa salinidade, embora a combinação Biochar+Bioest tenha mostrado teor levemente inferior ao controle. Sob alta salinidade, os tratamentos com aplicação isolada de Biochar ou Bioestimulante apresentaram maiores teores de MO em comparação ao controle. Entretanto, a combinação dos dois insumos resultou em redução na MO, o que pode estar associado à senescência foliar induzida pelo estresse salino, reduzindo o aporte de resíduos orgânicos ao solo (Sousa et al., 2019).

A MO exerce papel fundamental na manutenção da qualidade química, física e biológica do solo, promovendo maior capacidade de troca catiônica, retenção hídrica, infiltração e fornecimento de nutrientes às plantas (Kopittke et al., 2019).

6.2 Variáveis biométricas

Para as variáveis biométricas avaliadas, não foram detectadas interações significativas entre a salinidade da água de irrigação e os tipos de adubação utilizados (Apêndice B). Contudo, observou-se efeito significativo isolado do fator salinidade sobre a altura das plantas e o número de folhas ($p \leq 0,05$), e sobre a área foliar ($p \leq 0,01$).

Figura 7 - Altura de plantas (A), Diâmetro de caule (B) e Área foliar (C) das plantas de meloeiro em diferentes níveis de salinidade da água de irrigação (CEa de 0,3 e 4,0 dS m^{-1}).



Legenda: As letras minúsculas indicam comparações entre os níveis de salinidade (0,3 dS m^{-1} e 4,0 dS m^{-1}).

Esse efeito pode ser explicado pela diminuição do potencial de turgência celular em ambientes salinos, que compromete o alongamento celular e, conseqüentemente, o crescimento vegetativo (Braz et al., 2019). Além disso, Rezende et al. (2018) destacam que o estresse salino afeta o desenvolvimento vegetal por meio de mecanismos como o efeito osmótico, a interferência na absorção de nutrientes e a toxicidade iônica, que comprometem o metabolismo e a fisiologia das plantas.

Quanto ao número de folhas, as plantas irrigadas com água de menor salinidade ($0,3 \text{ dS m}^{-1}$) apresentaram valores significativamente superiores (Figura 7B), evidenciando o impacto negativo da salinidade elevada sobre essa variável. A redução do número de folhas é uma resposta adaptativa comum ao estresse salino, com o objetivo de minimizar a transpiração e a perda de água (Oliveira et al., 2010). Essa resposta foi corroborada por Araújo et al. (2016) e Gomes et al. (2018), que relataram comportamento semelhante em cultivares de melão sob condições de estresse salino.

De acordo com Willadino et al. (2011), a queda no número de folhas reflete a limitação no ajustamento osmótico das plantas frente ao estresse, resultando em menor eficiência na manutenção do equilíbrio hídrico.

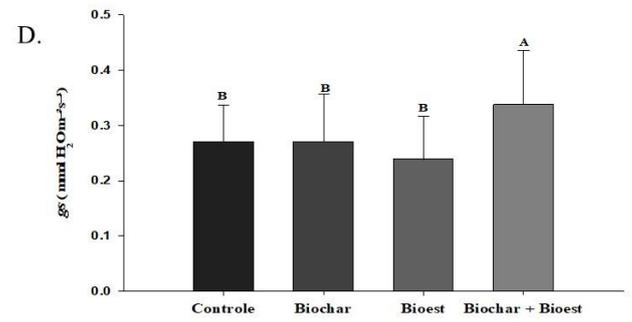
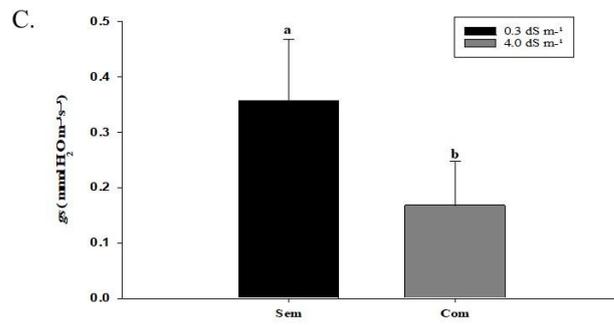
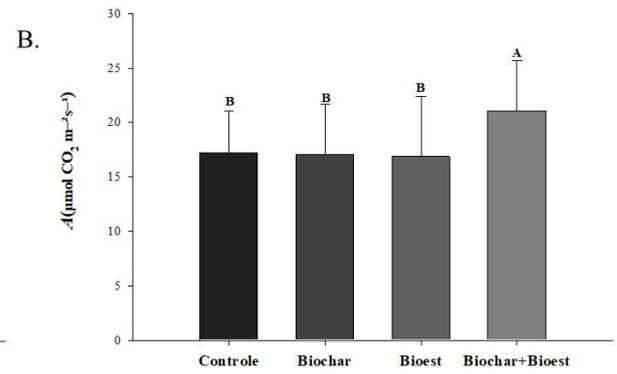
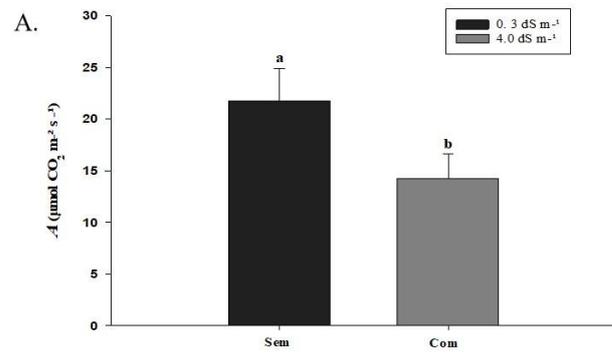
A área foliar também foi significativamente reduzida com o aumento da salinidade da água de irrigação. As plantas irrigadas com CE de $0,3 \text{ dS m}^{-1}$ apresentaram área foliar média de 131 cm^2 , enquanto aquelas sob CE de $4,0 \text{ dS m}^{-1}$ apresentaram média de apenas 101 cm^2 (Figura 7C). Essa diferença reflete o impacto da salinidade no desenvolvimento vegetativo da cultura.

Segundo Aragão et al. (2009), a redução da área foliar sob estresse salino é uma estratégia fisiológica para limitar a transpiração e o transporte de íons tóxicos, como Na^+ e Cl^- , via xilema. Essa resposta também visa preservar a integridade hídrica dos tecidos. Taiz et al. (2017) explicam que, em ambientes salinos, a planta enfrenta dificuldades em ajustar seu potencial osmótico, o que reduz a absorção de água e induz a retração da expansão foliar como forma de sobrevivência.

6.3 Variáveis fisiológicas

As variáveis fisiológicas analisadas não foram influenciadas pela interação entre salinidade da água e os tipos de adubação, com exceção da eficiência instantânea de carboxilação (EiC), que apresentou interação significativa ao nível de $p \leq 0,01$ (Apêndice C). As demais variáveis, como fotossíntese líquida (A), condutância estomática (gs), transpiração (E), relação CO_2 interno/ambiental (C_i/C_a), rendimento quântico do fotossistema II (ΦPSII), quenching não fotoquímico (qN), taxa de transporte de elétrons (ETR) e eficiência do uso da água (EUA), foram afetadas significativamente ($p \leq 0,01$) apenas pelo fator salinidade.

Figura 8 - (A)-Taxa de fotossíntese líquida (A), (B)- Condutância estomática (gs) em diferentes níveis de salinidade (0.3 dS m^{-1} e 4.0 dS m^{-1}) e tratamentos.



A taxa de fotossíntese líquida (A) variou significativamente com os níveis de salinidade. O maior valor ($21,76 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) foi observado nas plantas irrigadas com água de baixa salinidade ($0,3 \text{ dS m}^{-1}$), enquanto o menor valor ($14,76 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) ocorreu sob alta salinidade ($4,0 \text{ dS m}^{-1}$), representando uma redução de aproximadamente 32% (Figura 8A). Esse decréscimo pode estar relacionado à menor abertura estomática sob estresse salino, dificultando a entrada de CO_2 e reduzindo a taxa fotossintética (Arif et al., 2020).

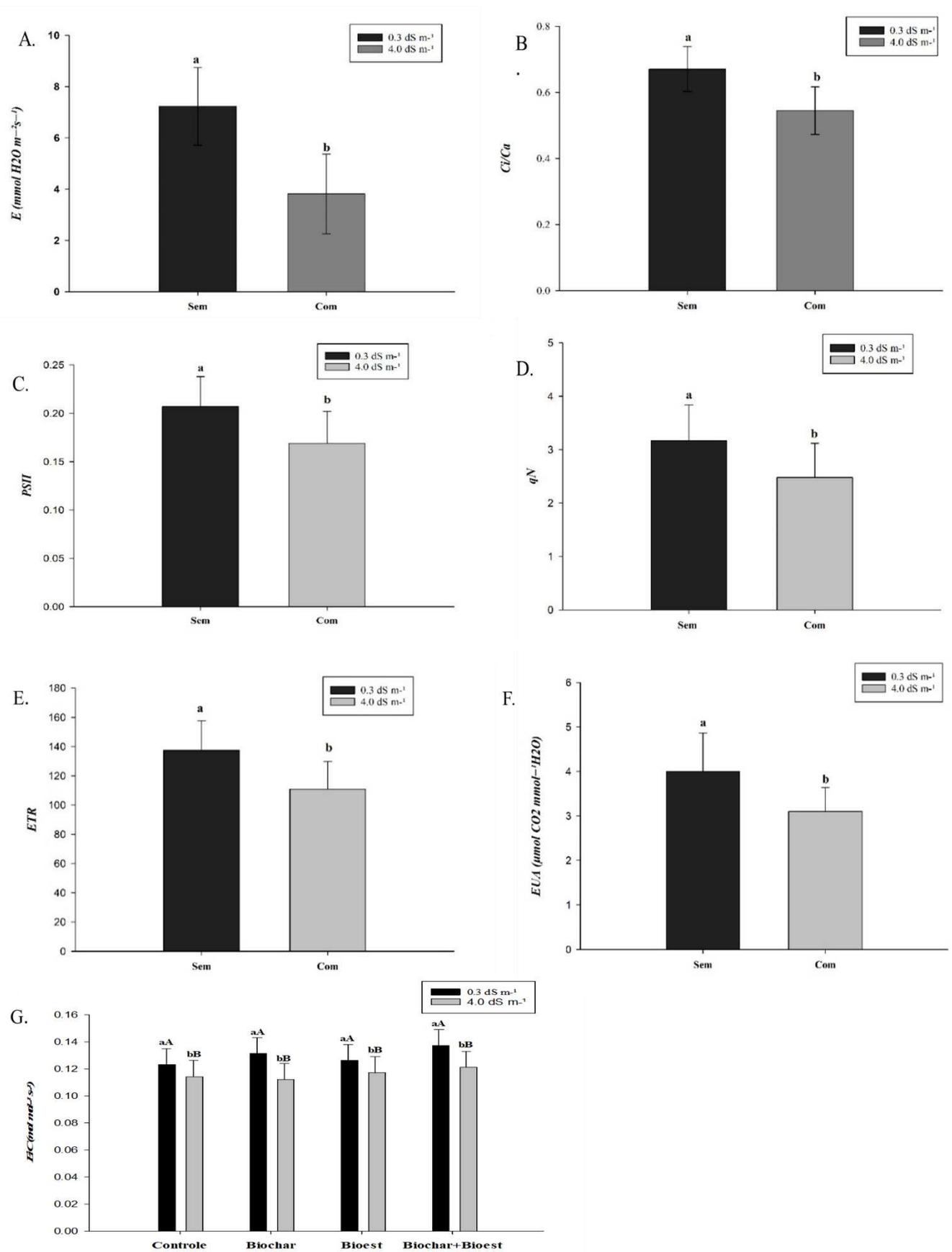
Além disso, o excesso de sais pode prejudicar a estrutura dos cloroplastos e a síntese de clorofila, comprometendo diretamente o aparato fotossintético (Kopittke et al., 2019; Silva et al., 2011). Hniličková et al. (2017) destacam que fatores estomáticos e não estomáticos estão envolvidos na limitação da fotossíntese sob salinidade, afetando a atividade das enzimas fixadoras de carbono.

Em relação aos tratamentos, a combinação de Biochar + Bioestimulante foi a única a promover um aumento significativo na taxa de fotossíntese (A) em comparação ao controle (KCl), indicando efeito sinérgico entre os insumos (Figura 8B). Os tratamentos com aplicação isolada de Biochar ou Bioestimulante não diferiram do controle.

A condutância estomática (gs) também foi maior nas plantas irrigadas com água de baixa salinidade, o que indica maior abertura estomática e melhor troca gasosa sob essas condições (Figura 8C). Sob alta salinidade, houve uma redução de 55% em gs, demonstrando o efeito do estresse salino sobre a capacidade de absorção de água e difusão de CO_2 . O fechamento estomático ocorre como mecanismo de defesa da planta, visando reduzir a perda de água, mas também limitando a entrada de CO_2 e, conseqüentemente, a fotossíntese (Taiz et al., 2017; Ahammed et al., 2020).

Em relação aos tratamentos, apenas a combinação de Biochar + Bioestimulante promoveu aumento significativo da condutância estomática, reforçando sua atuação positiva sobre os processos fisiológicos (Figura 8D).

Figura 9 - (A)Taxa transpiração (E), (B)-Relação concentração de CO_2 interna /atmosférico (C_i/C_a), (C)- Fotossistema II ($PSII$) e (D)- quenching não-fotoquímico (qN).



Legenda: As letras minúsculas indicam comparações entre os níveis de salinidade (0,3 dS m⁻¹ e 4,0 dS m⁻¹).

A transpiração (E) foi maior nas plantas irrigadas com água não salina (Figura 9A), refletindo maior abertura estomática nessas condições. Em contraste, sob salinidade elevada, a transpiração foi reduzida, o que está associado à menor absorção de água e ao fechamento dos estômatos — uma resposta comum ao estresse hídrico (Taiz et al., 2017).

A relação C_i/C_a foi superior nas plantas irrigadas com água de baixa salinidade (Figura 9B), indicando maior difusão de CO_2 interno devido à abertura estomática. A salinidade reduziu essa relação, possivelmente por dificultar a entrada de CO_2 nas folhas devido ao fechamento parcial dos estômatos (Lima et al., 2020).

A atividade do fotossistema II ($\Phi PSII$) foi significativamente reduzida sob alta salinidade, com uma queda de 38% em comparação ao tratamento com água de melhor qualidade (Figura 9C). A redução na atividade do PSII compromete o transporte de elétrons e a eficiência na produção de ATP e NADPH, essenciais à fotossíntese (Najar et al., 2019).

O quenching não fotoquímico (q_N) foi maior em plantas sob irrigação com baixa salinidade (Figura 9D), indicando maior capacidade de dissipar o excesso de energia luminosa como calor, protegendo o sistema fotossintético. Sob alta salinidade, essa dissipação foi reduzida, o que pode levar a danos oxidativos ao PSII (Taiz et al., 2017).

A taxa de transporte de elétrons (ETR) também foi prejudicada pela salinidade, indicando disfunções no fluxo eletrônico fotossintético, refletindo em menor eficiência de uso da luz e maior estresse oxidativo (Mehta et al., 2010; Baker & Rosenqvist, 2004).

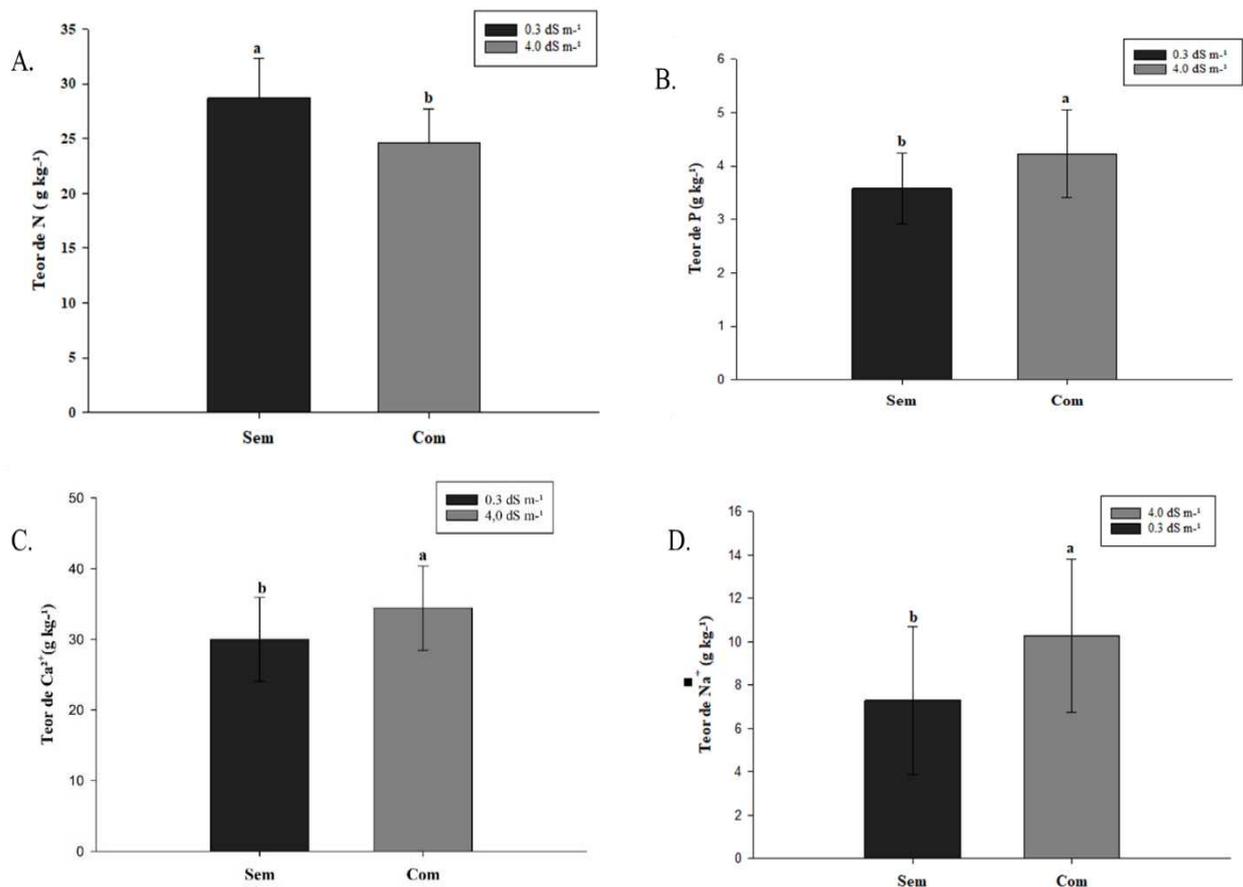
A eficiência no uso da água (EUA) foi significativamente maior em plantas irrigadas com água de baixa salinidade (Figura 10A). Isso ocorre porque essas plantas mantêm suas taxas de transpiração e fotossíntese em níveis adequados, otimizando a fixação de carbono por unidade de água perdida. Em contrapartida, a salinidade reduz a fotossíntese e transpiração, comprometendo a eficiência do uso da água (Morais et al., 2018; Taiz et al., 2017).

A eficiência instantânea da carboxilação (E_iC) foi a única variável fisiológica com interação significativa entre salinidade e tratamentos. Embora todos os tratamentos tenham apresentado redução sob salinidade elevada, a combinação Biochar + Bioestimulante foi eficaz em mitigar esse efeito, resultando em maior E_iC tanto em baixa quanto em alta salinidade (Figura 10B). Esse resultado reforça o efeito benéfico da combinação sobre a fotossíntese, possivelmente por melhorar a integridade do aparato fotossintético e a atividade da enzima RuBisCo (Dias et al., 2019).

6.4 Avaliação do estado nutricional

A análise de variância indica que apenas o fator salinidade apresentou efeito significativo, sobre os teores de nitrogênio (N), fósforo (P), cálcio (Ca^{2+}), sódio (Na^+) e houve interação entre salinidade e condicionantes do solo nos teores de manganês (Mn) ($p \leq 0,05$) (Apêndice D). Assim, a interpretação dos resultados do estado nutricional das folhas foi realizada com base na estimativa proposta por Maia e Morais (2016).

Figura 10 - Teores de nitrogênio (A), fósforo (B), cálcio (C) e sódio (D) no tecido foliar de plantas melão.



Legenda: As letras minúsculas indicam comparações entre os níveis de salinidade (0,3 dS m⁻¹ e 4,0 dS m⁻¹).

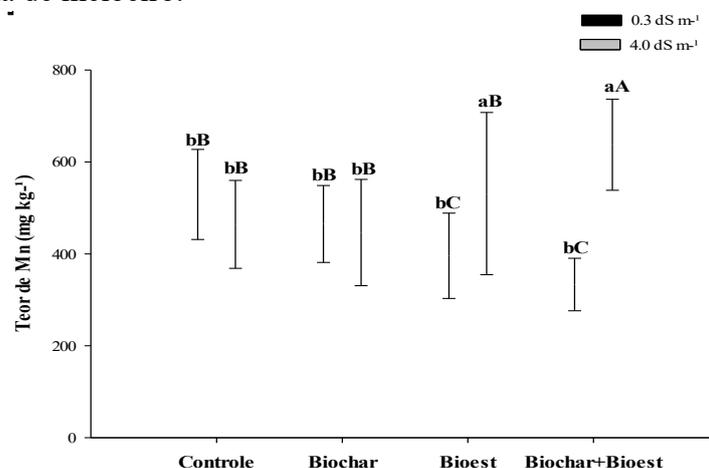
O teor foliar de nitrogênio (N) foi significativamente maior nas plantas irrigadas com água de baixa salinidade, atingindo média de 28,72 g kg⁻¹. Sob alta salinidade (4,0 dS m⁻¹), esse valor caiu para 23,67 g kg⁻¹. A redução pode estar associada à menor absorção de nitrato devido ao acúmulo de sais na solução do solo, que compete com a absorção de íons essenciais (Taiz & Zeiger, 2013).

O fósforo (P) apresentou comportamento inverso, com teores foliares mais elevados nas plantas irrigadas com água salina ($4,0 \text{ g kg}^{-1}$) em comparação com a menor salinidade ($3,6 \text{ g kg}^{-1}$). Essa elevação pode estar relacionada à maior disponibilidade de fósforo na solução do solo, promovida pela salinidade, que pode reduzir a fixação do nutriente em complexos inativos e favorecer sua absorção. O fósforo é essencial em processos como a formação de ATP, translocação de metabólitos e desenvolvimento radicular, além de estar diretamente associado à fase reprodutiva do meloeiro, influenciando o número de frutos e o teor de sólidos solúveis (Taiz et al., 2017; Negreiros et al., 2003; Amorim et al., 2008).

Quanto ao cálcio (Ca^{2+}), os maiores teores foliares foram observados nas plantas irrigadas com água de alta salinidade ($34,39 \text{ g kg}^{-1}$), valor considerado adequado para a cultura. Isso pode ser explicado pelo maior aporte de Ca via água de irrigação, especialmente quando esta contém CaCl_2 . Nas plantas irrigadas com água de baixa salinidade, o teor foi de $30,00 \text{ g kg}^{-1}$, ainda dentro da faixa adequada para o meloeiro ($25 \text{ a } 40 \text{ g kg}^{-1}$). O cálcio é vital para a integridade das paredes celulares, sinalização intracelular e desenvolvimento inicial dos frutos (Pandey, 2015; São José et al., 2014).

O teor de sódio (Na^+) nas folhas foi significativamente maior sob alta salinidade, com média de $10,27 \text{ g kg}^{-1}$, em comparação aos $7,29 \text{ g kg}^{-1}$ observados sob baixa salinidade. O acúmulo excessivo de sódio interfere na absorção de outros cátions essenciais como Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ , e pode comprometer o crescimento e a produtividade das plantas (Taiz & Zeiger, 2013; Fang et al., 2021). Esse aumento reflete a alta concentração de sais na água de irrigação, especialmente NaCl , sendo um fator de estresse osmótico e iônico importante para a cultura.

Figura 11 - Interação entre diferentes níveis de salinidade e tratamentos sobre o teor de manganês na folha de meloeiro.



Legenda: As letras minúsculas indicam os níveis de salinidade e maiúsculas indicam comparações entre tratamentos.

O manganês (Mn) foi o único nutriente que apresentou interação significativa entre salinidade e tratamentos de adubação. Os valores foliares de Mn excederam a faixa considerada adequada para o meloeiro (50 a 250 mg kg⁻¹) em todos os tratamentos (Figura 11). Os tratamentos sob alta salinidade com aplicação de Bioestimulante isolado (531,20 mg kg⁻¹) e a combinação Biochar + Bioestimulante (637,40 mg kg⁻¹) apresentaram os maiores valores. Ainda que os demais tratamentos tenham exibido valores mais baixos, todos superaram a faixa de suficiência.

O Mn desempenha papel fundamental como cofator em diversas reações enzimáticas, na ativação hormonal, na biossíntese de aminoácidos e no funcionamento do fotossistema II (Liu et al., 2020; Schmidt et al., 2013; Alejandro et al., 2020). No entanto, em excesso, o manganês pode ser tóxico às plantas, inibindo o crescimento de brotos e raízes, prejudicando processos fisiológicos e bioquímicos, e causando sintomas como manchas necróticas nas folhas devido ao acúmulo de Mn oxidado no apoplasto (Zhao et al., 2017; Dziwornu et al., 2018).

Esses resultados indicam que, embora a salinidade da água de irrigação possa influenciar a absorção de nutrientes, os tratamentos com bioinsumos devem ser utilizados com cautela, especialmente em ambientes salinos, devido à possibilidade de acúmulo excessivo de micronutrientes como o manganês.

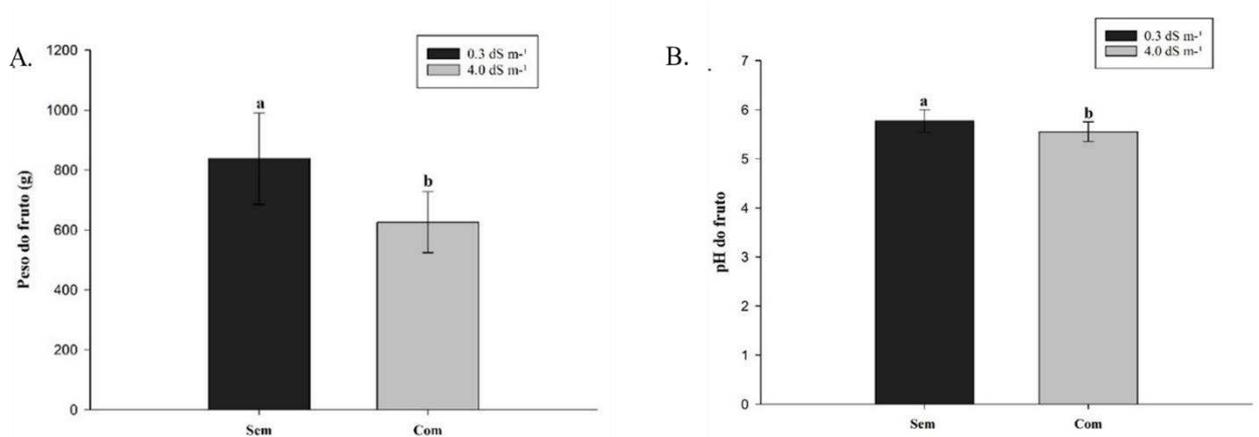
6.5 Qualidades dos frutos

6.5.1 Peso dos Frutos

O peso dos frutos foi reduzido pelo manejo da água de irrigação com alta salinidade (4,0 dS m⁻¹), resultando em uma média de peso de 625,50 g, enquanto a menor salinidade (0,3 dS m⁻¹) proporcionou uma média superior, de 837,70 g, representando uma redução de 25,33% no peso das plantas quando expostas à maior condutividade (Figura 32). Isso indica que níveis elevados de sais na solução solo afetar o desenvolvimento dos frutos.

A salinidade da água de irrigação pode reduzir o peso dos frutos em culturas sensíveis ao sal, como melão (Lima et al., 2020). Conforme, observações realizadas por Sousa et al. (2019), ao avaliar o efeito da salinidade no crescimento e na fisiologia de cultivares de melão, verificou que a salinidade inibiu o crescimento dos frutos.

Figura 12 – Peso dos frutos (A) e pH do fruto (B) sob dois níveis de salinidade da água de irrigação (0,3 e 4,0 dS m⁻¹).



Legenda: As letras minúsculas indicam comparações entre os níveis de salinidade

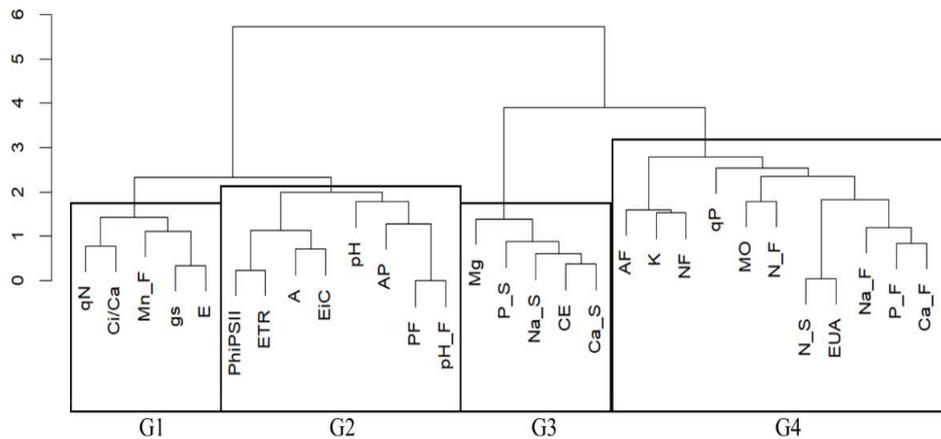
A alteração no pH pode estar relacionada a mudanças no metabolismo da planta induzidas pelo estresse salino, que afetam o acúmulo de ácidos orgânicos nos tecidos dos frutos. Essa resposta fisiológica pode comprometer a aceitação comercial dos frutos, especialmente para consumo in natura, em que o sabor e o equilíbrio ácido-doce são atributos importantes para a preferência do consumidor (Guo et al., 2018).

6.6 Dendrograma

De acordo como o dendrograma as variáveis foram separadas em quatro grupos, com base em sua similaridade em função da salinidade (Figura 34). O grupo 1 (G1) reflete a forte interdependência entre o manganês e as funções fisiológicas da planta (quenching não fotoquímico, Razão entre a concentração interna de CO₂ e ambiental, condutância estomática e transpiração). O Mn atua como um cofator essencial no processo de oxidação da água fornecendo elétrons e hidrogênios para produção de energia química e formação do oxigênio molecular, além de ser relevante para a manutenção da estrutura normal das membranas dos cloroplastos (Gan et al., 2019).

O grupo 2 (G2) é composto pelas variáveis fisiológicas (fotossíntese, transporte de elétricos, etc.), e com variáveis biométricas (altura da planta, número de folhas, área foliar). As variáveis fisiológicas e biométricas permitem compreender melhor as respostas adaptativas das plantas às condições ambientais e às práticas de manejo (Borges et al., 2020). A associação entre essas variáveis sugere que melhorias na fisiologia da planta podem ter impacto direto no crescimento e no desenvolvimento das plantas.

Figura 13. Dendrograma de agrupamento hierárquico das variáveis analisadas.



G1- *qN*- Quenching não fotoquímico, *Ci / CA*-Razão entre a concentração interna de CO₂ e ambiental, Mn- Manganês da folha, *gs*-Condutância estomática e *E*- Transpiração; G2- PhiPSII-Fotossistema II, *ETR*- Taxa de transporte de elétron, *A*- fotossíntese líquida, *EiC*-Eficiência instantânea de carboxilação, *pH*- Potência hidrogeniônica do solo, *AP*- altura da planta, *PF*- fósforo da folha e *pH_F*- Potência hidrogeniônica do fruto; G3- Mg- Magnésio do solo, *P_S*-fósforo do solo, *Na_S*- Sódio do solo, *CE*- condutividade elétrica e *Ca_S*- Cálcio do solo; G4- *AF*- Área foliar, *K*- Potássio, *NF*- Número de Folhas, *qP*- Quenching fotoquímico, *MO*- Matéria orgânica, *N_F*- Nitrogênio na folha, *EUA*- Eficiência instantânea do uso da água, *Na_F*- sódio na folha, *P_F*- Fósforo e *Ca_F*- Cálcio na folha.

Os atributos químicos do solo (*CE*, *Ca*²⁺, *Mg*²⁺, *P* e *Na*⁺) foram agrupados no grupo 3 (G3). Isso sugere que esses nutrientes têm comportamento semelhante. Por outro lado, o potássio (*K*) e a matéria orgânica (*MO*) foram agrupados separadamente, sugerindo que eles apresentam comportamentos distintos em relação aos outros atributos do solo. No Grupo 4 (G4), os teores de nutrientes na planta foram agrupados juntamente com a variável eficiência do uso da água (*EUA*), indicando uma forte relação entre eles. Podendo ser explicada pelo fato de que o balanço nutricional afeta diretamente a eficiência hídrica da planta. Portanto, a nutrição adequada promove maior eficiência no uso da água, devido ao aumento da capacidade fotossintética e da produção de biomassa. (Taiz et al., 2017).

O agrupamento dessas variáveis indica que o funcionamento das atividades fisiológicas está diretamente relacionado à qualidade dos frutos e ao crescimento das plantas. A disponibilidade adequada de nutrientes, como manganês, potássio e outros, contribui significativamente para a otimização dos processos metabólicos. Esses fatores, refletem diretamente na capacidade da planta em sobreviver, mesmo em condições de estresse salino.

7 CONCLUSÃO

A água de irrigação com alta condutividade elétrica ($4,0 \text{ dS m}^{-1}$) exerce um efeito negativo sobre o crescimento e o desenvolvimento do melão “Goldex”.

O efeito sinérgico entre o biochar e bioestimulante foi limitado, ou seja, a combinação não resultou em um efeito expressivo no crescimento, na fisiologia, no estado nutricional e na qualidade dos frutos do meloeiro.

O biochar produzido a partir da casca de coco verde pode ser utilizado como fonte de potássio na adubação de plantio, contribuindo para a fertilidade do solo de forma sustentável.

O bioestimulante não comprovou efeito expressivo no desempenho das plantas meloeiro. Esses resultados sugerem a necessidade de investigações adicionais para compreender os mecanismos envolvidos e as possíveis interações entre o tratamento e os fatores ambientais.

REFERÊNCIAS

- ACOSTA-MOTOS, J. R., ORTUÑO, M. F., BERNAL-VICENTE, A., DIAZ-VIVANCOS, P., SANCHEZ-BLANCO, M. J., & HERNANDEZ, J. A. Plant responses to salt stress: adaptive mechanisms. **Agronomy**, Basel, v. 7, n. 1, p. 18, 2017.
- AGUIAR NETO, P., GRANGEIRO, L. C., MENDES, A. M. S., & COSTA, N. D. Crescimento e acúmulo de macronutrientes na cultura do melão em Baraúna-RN e Petrolina-PE. **Revista Brasileira de Fruticultura**, São Paulo, v. 36, n. 3, p. 556-567, 2014.
- AHAMMED, G. J., LI, X., YANG, Y., LIU, C., ZHOU, G., WAN, H., & CHENG, Y. Tomato WRKY81 acts as a negative regulator for drought tolerance by modulating guard cell H₂O₂-mediated stomatal closure. **Environmental and Experimental Botany**, Amsterdam, v. 171, p. 103960, 2020.
- AKHTAR, S. S.; ANDERSEN, M. N.; LIU, F. Residual effects of biochar on improving growth, physiology and yield of wheat under salt stress Agricultural. **Water Management**, Amsterdam, v. 158, n. 1, p. 61-68, 2015.
- AKRAMI, M.; ARZANI, A. Inheritance of fruit yield and quality in melon (*Cucumis melo* L.) grown under field salinity stress. **Scientific Reports**, London, v.9, p. e7249, 2019.
- ALBUQUERQUE, J. G. M., DOS SANTOS, B. R., SILVESTRE, W. K. P., PAULA, G. C. R., ALVES, M. D. S. A., & DE ALBUQUERQUE OLIVEIRA, N. L. M. O aproveitamento do resíduo do coco verde para a produção de subprodutos em Aracajú. **RACE-Revista de Administração do Cesmac**, Maceió, v. 9, p. 190-204, 2021.
- ALEJANDRO, S.; HÖLLER, S.; MEIER, B. PEITER, E. Manganese in plants: from acquisition to subcellular allocation. **Frontiers in Plant Science**, Lausanne, v. 11, p. 300, 2020.
- ALVARES, C. A., STAPE, J. L., SENTELHAS, P. C., GONÇALVES, J. D. M., & SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- AMORIM, L. B., MARTINS, C. M., COSTA, W. P. L. B., DOS SANTOS FREIRE, M. B. G., & DE SOUZA, E. R. Disponibilidade de fósforo em neossolo quartzarênico cultivado com melão. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 21, n. 3, 2008.
- ANTÓN-HERRERO, R., VEGA-JARA, L., GARCÍA-DELGADO, C., MAYANS, B., CAMACHO-ARÉVALO, R., MORENO-JIMÉNEZ, E., & EYMAR, E. Synergistic effects of biochar and biostimulants on nutrient and toxic element uptake by pepper in contaminated soils. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Hoboken, v. 102, n. 1, p. 167-174, 2022.
- ARAGÃO, C. A., SANTOS, J. S., QUEIROZ, S. O. P., & FRANÇA, B. Avaliação de cultivares de melão sob condições de estresse salino. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 22, n. 2, p. 161-169, 2009.

- ARAÚJO, E. B. G., SÁ, F. V. D. S., OLIVEIRA, F. A. D., SOUTO, L. S., PAIVA, E. P. D., SILVA, M. K. D. N., & BRITO, M. E. B. Crescimento inicial e tolerância de cultivares de meloeiro à salinidade da água. **Revista Ambiente & Água**, São Paulo, v. 11, n. 2, p. 462-471, 2016.
- ARIF, Y.; SINGH, P.; SIDDIQUI, H.; BAJGUZ, A.; HAYAT, S. Salinity induced physiological and biochemical changes in plants: An omic approach towards salt stress tolerance. **Plant Physiology and Biochemistry**, Paris, v. 156, n. 1, p. 64-77, 2020.
- AYRILMIS, N., JARUSOMBUTI, S., FUEANGVIVAT, V., BAUCHONGKOL, P., & WHITE, R. H. Coir Fiber Reinforced Polypropylene Composite Panel for Automotive Interior Applications. **Fibers and Polymers**, Seoul, v. 12, n. 7, p. 919-926, 2011.
- BAATH, G. S., K. SHUKLA, M., BOSLAND, P. W., WALKER, S. J., SAINI, R. K., & SHAW, R. Water use and yield responses of chili pepper cultivars irrigated with brackish groundwater and reverse osmosis concentrate. **Horticulturae**, Basel, v. 2, p. 27, 2020.
- BAKER, N. R.; ROSENQVIST, E. Applications of chlorophyll fluorescence can improve crop production strategies: an examination of future possibilities. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 55, n. 403, p. 1607-1621, 2004.
- BANINAJARIAN, S., & SHIRVANI, M. Use of biochar as a possible means of minimizing phosphate fixation and external P requirement of acidic soil. **Journal of Plant Nutrition**, Philadelphia, v. 44, n. 1, p. 59-73, 2020.
- BARRETO, A. V. **Identificação e diversidade genética de *Rotylenchulus reniformis* em áreas de cultivos de meloeiro (*Cucumis melo* L.)**. Dissertação de Mestrado em Ambiente, Tecnologia e Sociedade. Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró-RN, 56p. 2018.
- BIGGS, E. M., BRUCE, E., BORUFF, B., DUNCAN, J. M., HORSLEY, J., PAULI, N., & IMANARI, Y. Sustainable development and the water-energy-food nexus: A perspective on livelihoods. **Environmental Science & Policy**, Oxford, v. 54, p. 389-397, 2015.
- BOREL, LDMS, de Lira, TS, ATAÍDE, CH, & de SOUZA BARROZO, MA. Conversão termoquímica de resíduos de coco: caracterização do material e identificação de produtos de pirólise. **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**, Budapest, v. 143, p. 637-646, 2021.
- BORGES, W. L.; SILVA, J. R.; OLIVEIRA, A. C.; SANTOS, F. M. Análise conjunta de variáveis fisiológicas e biométricas em plantas cultivadas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 55, p. 1-10, 2020.
- BRAINER, M. S. D. C. P., & XIMENES, L. F. **Produção de coco: soerguimento das áreas tradicionais do Nordeste**. 2020.
- BRAZ, R. D. S., LACERDA, C. F. D., ASSIS, R. N. D., FERREIRA, J. F. D. S., OLIVEIRA, A. C. D., & RIBEIRO, A. D. A. Crescimento e fisiologia do milho sob salinidade da água e adubação nitrogenada em dois solos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 23, n. 12, p. 907-914, 2019.

BULGARI, R., COCETTA, G., TRIVELLINI, A., VERNIERI, P. A. O. L. O., & FERRANTE, A. Biostimulants and crop responses: a review. **Biological Agriculture & Horticulture**, Abingdon, v. 31, n. 1, p. 1-17, 2015.

CALVO, P.; NELSON, L.; KLOEPPER, J. W. Agricultural uses of plant biostimulants. **Plant and Soil**, Perth, v. 383, p. 3–41, 2014.

CANELLAS, L. P., OLIVARES, F. L., AGUIAR, N. O., JONES, D. L., NEBBIOSO, A., MAZZEI, P., & PICCOLO, A. Humic and fulvic acids as biostimulants in horticulture. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 196, p. 15-27, 2015.

CARRIJO, O. A., Liz, R. S. D., & MAKISHIMA, N. Fibra da casca do coco verde como substrato agrícola. **Horticultura brasileira**, Viçosa, v. 20, p. 533-535, 2002.

CRISÓSTOMO, L. A., DOS SANTOS, A. A., RAIJ, B. V., DE FARIA, C. M. B., DA SILVA, D. J., FERNANDES, F. M., & COSTA, N. D. **Adubação, irrigação, híbridos e práticas culturais para o meloeiro no Nordeste**. 2003.

DALASTRA, M. G.; ECHER, M. M.; HACHMANN, T. L. Desempenho de cultivares de melão, em função do número de frutos por planta. **Journal Agronomic Sciences**, Umuarama, v. 4, n. 1, p. 26-41, 2015.

DALCHIAVON, F. C.; NEVES, G.; HAGA, K. I. Efeito de estresse salino em sementes de *Phaseolus vulgaris*. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 39, n. 3, p. 404-412, 2016.

PEREIRA, E. D., DE QUEIROGA, R. C. F., DA SILVA, Z. L., ASSIS, L. E., & DE SOUSA, F. F. Produção e qualidade do meloeiro sob osmocondicionamento da semente e níveis de salinidade da água. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Viçosa, v. 13, p. 8-15, 2018.

DAPPER, T. B., PUJARRA, S., DE OLIVEIRA, A. J., DE OLIVEIRA, F. G., & PAULERT, R. Potencialidades das Macroalgas Marinhas na Agricultura: Revisão. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, Maringá, v. 7, n. 2, p. 295-313, 2014.

DI STASIO, E., VAN OOSTEN, M. J., SILLETTI, S., RAIMONDI, G., DELL' AVERSANA, E., CARILLO, P., & MAGGIO, A. *Ascophyllum nodosum*-based algal extracts act as enhancers of growth, fruit quality, and adaptation to stress in salinized tomato plants. **Journal of Applied Phycology**, Berlin, v. 30, p. 2675-2686, 2018.

DIAS, N. B.; SCHNEIDER, P. Z.; CHAVES, G. L. D.; CELESTE, W. C. Aproveitamento da casca de coco verde para uso energético. **Brazilian Journal of Production Engineering**, São Mateus, v. 5, n. 3, p. 179-195, 2019.

DIAS, T. J., DE OLIVEIRA FREIRE, J. L., CAVALCANTE, L. F., DO NASCIMENTO, E. S., DANTAS, L. A., & DE MEDEIROS DANTAS, M. M. Atributos químicos do solo irrigado com águas salinas e uso de mitigadores do estresse salino no maracujazeiro amarelo. **Revista Principia**, João Pessoa, v. 1, n. 27, p. 19-29, 2015.

DZIWORNU, A. K.; SHRESTHA, A.; MATTHUS, E.; ALI, B.; WU, L. B.; FREI, M. Responses of contrasting rice genotypes to excess manganese and their implications for lignin synthesis. **Plant Physiology and Biochemistry**, Paris, v. 123, p. 252-259, 2018.

EMBRAPA- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. – Brasília, DF. 356 p, 2018.

FANG, S; HOU, X; LIANG, X. Response mechanisms of plants under saline-alkali stress. **Frontiers in Plant Science**, Lausanne, v. 12, p. 667458, 2021.

FAO. **Agricultural production, primary crops**. Disponível em: <http://www.fao.org>. Acesso em: 12 fev. 2023.

FARIA, C. MB; PEREIRA, J R; POSSÍDEO, E. L. Adubação orgânica e mineral na cultura do melão em um Vertissolo do Submédio São Francisco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 2, p. 191-198, 1994.

FLOWERS, T. J., & COLMER, T. D. Plant salt tolerance: adaptations in halophytes. **Annals of botany**, Exeter, v. 115, n. 3, p. 327-331, 2015.

FIGUEIREDO, F. R. A., LOPES, M. D. F. Q., DA SILVA, R. T., NÓBREGA, J. S., DA SILVA, T. I., & BRUNO, R. D. L. A. Respostas fisiológicas de mulungu submetida a estresse salino e aplicação de ácido salicílico. **Irriga**, São Paulo, v. 24, n. 3, p. 662-675, 2019.

FURLANI, A. M. C., FURLANI, P. R., BATAGLIA, O. C., HIROCE, R., GALLO, J. R., BERNARDI, J. B., & DE CAMPOS, H. R. Composição mineral de diversas hortaliças. **Bragantia**, São Paulo, v. 37, p. 33-44, 1978.

GARG, A., WANI, I., ZHU, H., & KUSHVAHA, V. Exploring efficiency of biochar in enhancing water retention in soils with varying grain size distributions using ANN technique. **Acta Geotechnica**, Heidelberg, v. 17, n. 4, p. 1315-1326, 2022.

GHEYI, H. R., LACERDA, C. F., FREIRE, M. B. G. S., COSTA, R. N. T., SOUZA, E. R. D., SILVA, A. O. D., & CAVALCANTE, L. F. Management and reclamation of salt-affected soils: General assessment and experiences in the Brazilian semiarid region. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 53, p. e20217917, 2022.

GOMES, F. A. L., ARAÚJO, R. H. C. R., NÓBREGA, J. S., DE FÁTIMA, R. T., SANTOS, M. S., SANTOS, A. S., & OLIVEIRA, C. J. Application of silicon to alleviate irrigation water salinity in melon growth. **Journal of Experimental Agriculture International**, Hooghly, v. 25, n. 6, p. 1-9, 2018.

GOMES, R. P. **Fruticultura brasileira**. 13. ed. São Paulo: Nobel. p. 446, 2007.

GOÑI, O., QUILLE, P., & O'CONNELL, S SHANE. Ascophyllum nodosum extract biostimulants and their role in enhancing tolerance to drought stress in tomato plants. **Plant Physiology and Biochemistry**, Paris, v. 126, p. 63-73, 2018.

- HAMEED, A., AHMED, M. Z., HUSSAIN, T., AZIZ, I., AHMAD, N., GUL, B., & NIELSEN, B. L. Effects of salinity stress on chloroplast structure and function. **Cells**, Basel, v. 10, n. 8, p. 2023, 2021.
- HASANUZZAMAN, M., Oku, H., Nahar, K., Bhuyan, M. B., Mahmud, J. A., Baluska, F., & Fujita, M. Nitric oxide-induced salt stress tolerance in plants: ROS metabolism, signaling, and molecular interactions. **Plant Biotechnology Reports**, Heidelberg, v. 12, p. 77-92, 2018.
- HERVIYANTI, H., MAULANA, A., PRIMA, S., APRISAL, A., CRISNA, S. D., & LITA, A. L. Effect of biochar from young coconut waste to improve chemical properties of ultisols and growth coffee [*Coffea arabica* L.] plant seeds. In: **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**. IOP Publishing. p. 012038, 2020.
- HNILIČKOVÁ, H.; HNILIČKA, F.; MARTINKOVA, J.; KRAUS, K. Effects of salt stress on water status, photosynthesis and chlorophyll fluorescence of rocket. **Plant, Soil and Environment**, Amsterdam, v.63, p.362-367, 2017.
- IAL. Instituto Adolfo Lutz. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz. p. 572-586, 2008.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Produção agropecuária – coco-da-baía. 2022b. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/coco-da-baia/br>. Acesso em: 24 jan. 2024.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Produção agropecuária – melão. 2022a. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/melao/br>. Acesso em: 24 jan. 2024.
- International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology**, v. 153, n. 1, p. 88-97, 2019.
- JAHAN, A., SARKAR, M. I. U., NAHER, U. A., BISWAS, J. C., & ISLAM, A. Effect of sterile rice spikelets derived biochar amendment on nutrient leaching and availability in paddy soil under continuous standing water. **Geology, Ecology, and Landscapes**, London, p. 1-9, 2023.
- JITHESH, M. N., SHUKLA, P. S., KANT, P., JOSHI, J., CRITCHLEY, A. T., & PRITHIVIRAJ, B. Physiological and transcriptomics analyses reveal that *Ascophyllum nodosum* extracts induce salinity tolerance in *Arabidopsis* by regulating the expression of stress responsive genes. **Journal of Plant Growth Regulation**, New York, v. 38, p. 463-478, 2019.
- KABIR, E., KIM, K. H., & KWON, E. E. Biochar as a tool for the improvement of soil and environment. **Frontiers in Environmental Science**, Lausanne, 11, p.1324533, 2023.
- KHAN, M. S; AKTHER, T; HEMALATHA, S. Impact of panchagavya on *Oryza sativa* L. grown under saline stress. **Journal of Plant Growth Regulation**, New York, v. 36, p. 702-713, 2017.

- SIQUEIRA, K. M. M., KIILL, L. H. P., SILVA, E. M. S., RIBEIRO, M. F., CALVET, A. S. F., BEZERRA, M. A., & PEREIRA NETO, J. A importância dos polinizadores na cultura de *Cucumis melo* em cultivo com e sem cobertura plástica. **Horticultura Argentina**, Buenos Aires v. 36, p. 59-66, 2017.
- KOPITTKE, P. M.; MENZIES, N. W.; WANG, P.; MCKENNA, B. A.; LOMBI, E. Soil and the intensification of agriculture for global food security. **Environment international**, Oxford, v.132, p. 105078, 2019.
- LACERDA, M. S., & LEITÃO, F. O. Desafios e oportunidades da economia circular: o caso dos resíduos do coco verde/Challenges and opportunities of the circular economy: the case of green coconut residues. **Informe Gepec**, v. 25, n. 2, p. 164-181, 2021.
- LANDAU, E. C., MARQUES, E. D. C., CAVALIERI, I. P. C., & DA SILVA, G. A. **Evolução da produção de melão (*Cucumis melo*, Cucurbitaceae)**, 2020.
- LEFEBVRE, D., ROMÁN-DAÑOBEYTIA, F., SOETE, J., CABANILLAS, F., CORVERA, R., ASCORRA, C., & SILMAN, M. Biochar effects on two tropical tree species and its potential as a tool for reforestation. **Forests**, Baselv. 10, n. 8, p. 678, 2019.
- LESSA, C. I. N., DE LACERDA, C. F., CAJAZEIRAS, C. C. D. A., NEVES, A. L. R., LOPES, F. B., SILVA, A. O. D., ... & SOUSA, G. G. D. Potential of brackish groundwater for different biosaline agriculture systems in the Brazilian semi-arid region. **Agriculture**, Basel, v. 13, p. 550, 2023.
- LIMA, G. S. D., SILVA, A. R. P. D., SÁ, F. V. D. S., GHEYI, H. R., & SOARES, L. A. D. A. Physicochemical quality of fruits of West Indian cherry under saline water irrigation and phosphate fertilization. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 33, p. 217-225, 2020.
- LITA, A. L., MAULANA, A., & RYSWALDI, R. Characteristics Biochar from Young Coconut Waste based on Particle Size as Améliorant. In: **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**. IOP Publishing. V. 959. N. 1, 2022.
- LIU, X., MA, Y., MANEVSKI, K., ANDERSEN, M. N., LI, Y., WEI, Z., & LIU, F. Biochar and alternate wetting-drying cycles improving rhizosphere soil nutrients availability and tobacco growth by altering root growth strategy in Ferralsol and Anthrosol. **Science of the Total Environment**, Amsterdam, v. 806, p. 150513, 2022.
- LIU, Y., XUE, Y., XIE, B., ZHU, S., LU, X., LIANG, C., & TIAN, J. Complex gene regulation between young and old soybean leaves in responses to manganese toxicity. **Plant Physiology and Biochemistry**, Paris, v. 155, p. 231-242, 2020.
- LOUATI, D., MAJDOUB, R., RIGANE, H., & ABIDA, H. Effects of irrigating with saline water on soil salinization (Eastern Tunisia). **Arabian Journal for Science and Engineering**, Riad, v. 43, p. 3793-3805, 2018.
- LOZANO, C. S., REZENDE, R., HACHMANN, T. L., SANTOS, F. A. S., LORENZONI, M. Z., & DE SOUZA, Á. H. C. Produtividade e qualidade de melão sob doses de silício e lâminas

de irrigação em ambiente protegido. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Brasília, v. 48, n. 2, p. 140-146, 2018.

MAIA, C. E.; MORAIS, E. R. C. Boundary line model to estimate the nutrient sufficiency range in muskmelon leaves. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 40, p. e016003, 2016.

MALAVOLTA E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres; 2006.

MALAVOLTA, E, VITTI G.C, OLIVEIRA A.S. **Avaliação do estado nutricional das plantas**. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa do Potássio e do Fósforo, 1989.

MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola; nutrição de plantas e fertilidade do solo**. São Paulo. Ceres, 1976.

MANSOURI, A.; MIRZABE, A. H.; RAUFI, A. Physical properties and mathematical modeling of melon (*Cucumis melo* L.) seeds and kernels. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, Riad, v. 16, n. 3, p. 218-226, 2017.

MARIANI, L., & FERRANTE, A. Agronomic management for enhancing plant tolerance to abiotic stresses-drought, salinity, hypoxia, and lodging. **Horticulturae**, Basel, v. 3, n. 4, p. 52, 2017.

MAROTO, J. V. **Horticultura herbácea especial**. 2. ed. Madrid: Mundi-Prensa. P 611, 1995.

MARTYNENKO, A., SHOTTON, K., ASTATKIE, T., PETRASH, G., FOWLER, C., NEILY, W., & CRITCHLEY, A. T. Thermal imaging of soybean response to drought stress: the effect of *Ascophyllum nodosum* seaweed extract. **Springerplus**, Heidelberg, v.5, 2016.

MEDEIROS, E. V., MORAES, M. C., COSTA, D. P., SILVA, J. S., OLIVEIRA, J. B., LIMA, J. R., & HAMMECKER, C. Biochar and *Trichoderma aureoviride* applied to the sandy soil: effect on soil quality and watermelon growth. **Notulae Botanicae Horti Agrobotanici**, Cluj-Napoca, v. 48, n. 2, p. 735-751, 2020.

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

MEDEIROS, J. F., NETO, C. P. C. T., DA SILVA DIAS, N., GHEYI, H. R., DA SILVA, M. V. T., & LOIOLA, A. T. Salinidade e pH de um Argissolo irrigado com água salina sob estratégias de manejo. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v.11, n.3, p. 1407-1419, 2017.

MEDEIROS, J. F.; DUARTE, S. R.; FERNANDES, P. D.; DIAS, N. S.; GHEYI, H. R. Crescimento e acúmulo de N, P e K pelo meloeiro irrigado com água salina. **Horticultura Brasileira**, v. 26, p. 452-457, 2008.

MEDEIROS, JF de; DAMASCENO, FAV de. Campina Grande: UFPB, 1999. 153 p. **Estudos FAO: Irrigação e drenagem**, v. 29, 1999.

MEDEIROS, M. A.; GRANGEIRO, L. C.; TORRES, S. B.; FREITAS, A. V. L. Maturação fisiológica de sementes de maxixe (*Cucumis anguria* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, São Paulo, v. 32, p. 17-24, 2010.

MEGHWAL, P. R., SINGH, A., & SINGH, D. Underutilized Fruits and Vegetables in Hot Arid Regions of India: Status and Prospects: A Review. **Agricultural Reviews**, Nova Delhi, v. 43, n. 1, 2022.

MEHTA, P., JAJOO, A., MATHUR, S., & BHARTI, S. Chlorophyll a fluorescence study revealing effects of high salt stress on Photosystem II in wheat leaves. **Plant physiology and biochemistry**, Paris, v. 48, n. 1, p. 16-20, 2010.

MELO, H. F. D.; SOUZA, E. R. D.; DUARTE, H. H.; CUNHA, J. C.; SANTOS, H. R. Trocas gasosas e pigmentos fotossintéticos em pimentão irrigado com água salina. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 21, p. 38-43, 2017.

MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A.; MURAOKA, T.; CARMO, C. A. F. S.; MELO, W. J. de. **Análise química de tecido vegetal**. In: SILVA, F. C. (Ed.). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. rev. ampl. p. 191-201, 2009.

MORAIS, P. L. D. D., DIAS, N. D. S., OLIVEIRA, A. M. D., SOUSA, O. N. D., SARMENTO, J. D. A., & GONZAGA, M. I. S. Effects of nutrient solution salinity on the physiological performance of melon cultivated in coconut fiber. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 31, p. 713-718, 2018.

MOURA, F. S. **Prospecção tecnológica e avaliação do potencial leishmanicida de extratos pirolenhosos**. 2023a.

MOURA, N. D. S. **Adubação potássica com biocarvão da casca do coco verde nos parâmetros de crescimento e na eficiência fotossintética do meloeiro**, 2023b.

NASCIMENTO, L. B. do *et al.* Estimativa da área foliar do meloeiro. **Horticultura Brasileira**, v. 20, p. 555-558, 2002.

NEGREIROS, MZ de *et al.* Cultivo do melão no polo. Rio Grande do Norte/Ceará. **Horticultura Brasileira**, v. 21, n. 03, p. 1-1, 2003.

NEOGI, S., SHARMA, V., KHAN, N., CHAURASIA, D., AHMAD, A., CHAUHAN, S., & BHARGAVA, P. C Sustainable biochar: A facile strategy for soil and environmental restoration, energy generation, mitigation of global climate change and circular bioeconomy. **Chemosphere**, Amsterdam, v. 293, p. 133474, abr. 2022.

NEPAL, J., AHMAD, W., MUNSIF, F., KHAN, A., & ZOU, Z. Advances and prospects of biochar in improving soil fertility, biochemical quality, and environmental applications. **Frontiers in Environmental Science**, v. 11, p. 1114752, 2023.

- NGUYEN, M. K., LIN, C., HOANG, H. G., SANDERSON, P., DANG, B. T., BUI, X. T., & TRAN, H. T Evaluate the role of biochar during the organic waste composting process: A critical review. **Chemosphere**, Amsterdam, v. 299, p. 134488, 2022.
- NOVAK, J., RO, K., OK, Y. S., SIGUA, G., SPOKAS, K., UCHIMIYA, S., & BOLAN, N. Biochars multifunctional role as a novel technology in the agricultural, environmental, and industrial sectors. **Chemosphere**, Amsterdam, v. 142, p. 1–3, 2016.
- OLIVEIRA, A. D., OLIVEIRA, A. D., DIAS, N. D. S., MOURA, K. D. F., & SILVA, K. D. Cultivo de rabanete irrigado com água salina. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Viçosa, v. 7, n. 4, p. 5, 2012.
- OLIVEIRA, G. B. S., DE OLIVEIRA, F. D. A., DOS SANTOS, S. T., DE OLIVEIRA, M. K. T., AROUCHA, E. M. M., DE ALMEIDA, J. G. L., & ALVES, F. A. T. Potassium nutrition as a strategy to mitigate salt stress in melon grown under protected cultivation. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 42, n. 6, p. 3219-3234, 2021.
- OLIVEIRA, R. L. L., DE MELLO PRADO, R., FELISBERTO, G., CHECCHIO, M. V., & GRATÃO, P. L. Silicon mitigates manganese deficiency stress by regulating the physiology and activity of antioxidant enzymes in sorghum plants. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, Berlin, v. 19, p. 524-34, 2019.
- PANDEY, R. **Mineral Nutrition of Plants**. New Delhi: Plant Diversity, Organization, Function and Improvement, 2015.
- PEREIRA, F. A. L.; MEDEIROS, J. F.; GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; PRESTON, W.; VASCONCELOS, C. B. E. L. Tolerance of melon cultivars to irrigation water salinity. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 21, n. 12, p. 846-851, 2017.
- QUEIROGA, R. C. F et al. Germinação e crescimento inicial de híbridos de meloeiro em função da salinidade. **Horticultura Brasileira**, v. 24, p. 315-319, 2006.
- R CORE TEAM. *R: A language and environment for statistical computing*. Vienna: **R Foundation for Statistical Computing**, 2024.
- Regulamento União Europeia (UE) 2019/1009 do Parlamento Europeu e do Conselho de 5 de junho de 2019 que estabelece regras sobre a disponibilização no mercado de produtos fertilizantes da UE e altera os Regulamentos (CE) n.º 1069/2009 e (CE) n.º 1107/2009 e revoga o Regulamento 2019 (CE) n.º 2003/2003. Off. J. 2019, L107/1, 1–114.
- ROSÁRIO ROSA, V., DOS SANTOS, A. L. F., DA SILVA, A. A., SAB, M. P. V., GERMINO, G. H., CARDOSO, F. B., & DE ALMEIDA SILVA, M. Increased soybean tolerance to water deficiency through biostimulant based on fulvic acids and *Ascophyllum nodosum* (L.) seaweed extract. **Plant Physiology and Biochemistry**, Paris, v. 158, p. 228-243, 2021.
- ROUPHAEL, Y; COLLA, G. Biostimulants in agriculture. **Frontiers in plant science**, Lausanne, v. 11, p. 40, 2020.

SALVIANO, A. M., FARIA, C. D., TERÃO, D., SILVA, D. J., BATISTA, D. D. C., MOREIRA, F. R. B., ... & CUNHA, T. J. **A cultura do melão**. 3. ed. rev. e atual. Brasília: Embrapa, Coleção Plantar 76, 2017.

SÃO JOSÉ, A. R., PRADO, N. B. D., BOMFIM, M. P., REBOUÇAS, T. N. H., & MENDES, H. T. A. Marcha de absorção de nutrientes em anonáceas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 36, p. 176-183, 2014.

SARABI, B., BOLANDNAZAR, S., GHADERI, N., & GHASHGHAIE, J. Genotypic differences in physiological and biochemical responses to salinity stress in melon (*Cucumis melo* L.) plants: Prospects for selection of salt tolerant landraces. **Plant physiology and biochemistry**, Paris, v. 119, p. 294-311, 2017.

SCHMIDT, S. B.; PEDAS, P.; LAURSEN, K. H.; SCHJOERRING, J. K.; HUSTED, S. Latent manganese deficiency in barley can be diagnosed and remediated on the basis of chlorophyll a fluorescence measurement. **Plant and Soil**, Perth, v. 372, p.417-29, 2013.

SCHULZ, H; DUNST, G., & GLASER, B. Positive effects of composted biochar on plant growth and soil fertility. **Agronomy for Sustainable Development**, Berlin, v. 33, p. 817-827, 2013.

SEDIYAMA, M. A., NASCIMENTO, J. L., LOPES, I. P., LIMA, P. C., & VIDIGAL, S. M. Tipos de poda em pepino dos grupos aodai, japonês e caipira. **Horticultura Brasileira**, Viçosa, v. 32, n. 4, p. 491-496, 2014.

SHARMA, H. S., FLEMING, C., SELBY, C., RAO, J. R., & MARTIN, T. Plant biostimulants: a review on the processing of macroalgae and use of extracts for crop management to reduce abiotic and biotic stresses. **Journal of Applied Phycology**, Perth, v. 26, p. 465-490, 2014.

SHETTY, R., VIDYA, C. S. N., PRAKASH, N. B., LUX, A., & VACULÍK, M. RAJPAL. Aluminum toxicity in plants and its possible mitigation in acid soils by biochar: A review. **Science of the Total Environment**, Amsterdam, v. 765, p. 142744, 2021.

SHUKLA, P.S.; SHOTTON, K.; NORMAN, E.; NEILY, W.; CRITCHLEY, A.T.; PRITHIVIRAJ, B. Seaweed extract improve drought tolerance of soybean by regulating stress-response genes. **AoB plants**, Oxford, v. 10, n. 1, p. plx051, 2018.

SIEDT, M., SCHÄFFER, A., SMITH, K. E., NABEL, M., ROß-NICKOLL, M., & VAN DONGEN, J. T. Comparing straw, compost, and biochar regarding their suitability as agricultural soil amendments to affect soil structure, nutrient leaching, microbial communities, and the fate of pesticides. **Science of the Total Environment**, Amsterdam, v. 751, p. 141607, 2021.

SIFTON, M. A., SMITH, S. M., & THOMAS, S. C. THOMAS, SEAN C. Biochar-biofertilizer combinations enhance growth and nutrient uptake in silver maple grown in an urban soil. **PLoS One**, San Francisco, v. 18, n. 7, p. e0288291, 2023.

- SILVA, I. C. B. D., BASÍLIO, J. J. N., FERNANDES, L. A., COLEN, F., SAMPAIO, R. A., & FRAZÃO, L. A. Biochar from different residues on soil properties and common bean production. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 74, n. 5, p. 378-382, 2017.
- SILVA, M. L.; TREVIZAM, A. R. **Interações iônicas e seus efeitos na nutrição de plantas**. Informações Agronômicas, v.49, p.10-17, 2015.
- SILVA, P. S. L.; MARIGUELE, K. H; SILVA, BARBOSA, P. I. Produtividade do meloeiro em função de cultivares e épocas de semeadura. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, p. 552-554, 2003.
- SILVA, R. V.; RODRIGUES, L. A.; SILVA, M. G.; SILVA, B. G.; MARTINS, M. A. Biochar and mucuna increase papaya plant growth and nutrition, as well as soil fertility. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Brasília, v. 49, p. 1-9, 2019.
- SILVA, T. T.; MULDER, A. P.; SANTANA, I. Coqueiro (*Cocos nucifera* L.) e produtos alimentícios derivados: Uma revisão sobre aspectos de produção, tecnológicos e nutricionais. **82 Tecnologia de Alimentos: Tópicos Físicos, Químicos e Biológicos**, 2016.
- SOUSA, J. T., SOUSA, G. G. D., SILVA, E. B. D., SILVA JUNIOR, F. B. D., & VIANA, T. V. D. A. Physiological responses of peanut crops to irrigation with brackish waters and application of organo-mineral fertilizers. **Revista Caatinga**, Mossoro, v. 34, p. 682-691, 2020.
- SOUSA LIMA, J. R., DE MORAES SILVA, W., DE MEDEIROS, E. V., DUDA, G. P., CORRÊA, M. M., MARTINS FILHO, A. P., & HAMMECKER, C. Effect of biochar on physicochemical properties of a sandy soil and maize growth in a greenhouse experiment. **Geoderma**, Amsterdam, v. 319, p. 14-23, 2018.
- SOUSA, V. F. D. O.; COSTA, C. C.; DINIZ, G. L.; SANTOS, J. B. D.; BOMFIM, M. P.; LOPES, K. P. Growth and gas changes of melon seedlings submitted to water salinity. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 23, p. 90-96, 2019.
- SOUSA, V. F. O.; COSTA, C. C.; DINIZ, G. L.; SANTOS, J. B.; BOMFIM, M. P. Physiological behavior of melon cultivars submitted to soil salinity. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Brasília, v. 48, p. 271-279, 2018.
- SRINIVASAN, P., SARMAH, A. K., SMERNIK, R., DAS, O., FARID, M., & GAO, W. A feasibility study of agricultural and sewage biomass as biochar, bioenergy and biocomposite feedstock: production, characterization and potential applications. **Science of The Total Environment**, Amsterdam, v. 512, p.495-505, 2015.
- SYSTAT Software Inc. **SigmaPlot for Windows, versão 14.0**. San Jose, CA, EUA, 2024.
- TAIZ, L.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artm.ed, 858p, 2017.

- TARANTINO, A.; LOPS, F.; DISCIGLIO, G.; LOPRIORE, G. Effects of plant biostimulants on fruit set, growth, yield and fruit quality attributes of “Orange rubis®” apricot (*Prunus armeniaca* L.) cultivar in two consecutive years. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 239, p. 26–34, 2018.
- TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMAS, G. K.; FORTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. Brasília, DF: Embrapa Solos, 2017.
- THOMAS, S. C., FRYE, S., GALE, N., GARMON, M., LAUNCHBURY, R., MACHADO, N., & WINSBOROUGH, C. Biochar mitigates negative effects of salt additions on two herbaceous plant species. **Journal of Environmental Management**, London, v. 129, p. 62-68, 2013.
- VAN OOSTEN, M. J., PEPE, O., DE PASCALE, S., SILLETTI, S., & MAGGIO, A. The role of biostimulants and bioeffectors as alleviators of abiotic stress in crop plants. **Chemical and Biological Technologies in Agriculture**, London, v. 4, n. 5, p. 112, 2017.
- WILLADINO, L., GOMES, E. W., SILVA, Ê. F. D. F., MARTINS, L. S., & CAMARA, T. R. Efeito do estresse salino em genótipos tetraplóides de bananeira. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, p. 53-59, 2011.
- YAKHIN, O. I., LUBYANOV, A. A., YAKHIN, I. A., & BROWN, P. H. Biostimulants in plant science: a global perspective. **Frontiers in plant science**, Lausanne, v. 7, p. 2049, 2017.
- ZAITUN, Z., HALIM, A., SA'DAH, Y., & CAHYADI, R. Surface morphology properties of biochar feedstock for soil amendment. In: **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**. IOP Publishing. V 951. p. 12034, 2022.
- ZHAO, J., WANG, W., ZHOU, H., WANG, R., ZHANG, P., WANG, H., ... & XU, J. Manganese toxicity inhibited root growth by disrupting auxin biosynthesis and transport in *Arabidopsis*. **Frontiers in Plant Science**, Lausanne, v. 8, p. 272, 2017.
- GAN, P., LIU, F., LI, R., WANG, S., & LUO, J. Chloroplasts—beyond energy capture and carbon fixation: tuning of photosynthesis in response to chilling stress. **International Journal of Molecular Sciences**, Basel, v. 20, n. 20, p. 5046, 2019.
- GUO, S. H., NIU, Y. J., ZHAI, H., HAN, N., & DU, Y. P. Effects of alkaline stress on organic acid metabolism in roots of grape hybrid rootstocks. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 227, p. 255-260, 2018.

APÊNDICE A - RESUMO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA (ANOVA) PARA OS DADOS DE PH (POTENCIAL HIDROGENIÔNICO), CE (CONDUTIVIDADE ELÉTRICA), K⁺ (POTÁSSIO), NA⁺ (SÓDIO), CA²⁺ (CÁLCIO), MG²⁺ (MAGNÉSIO), P (FÓSFORO) E MO (MATÉRIA ORGÂNICA)

Fontes de variação	GL	Quadrado Médio							
		pH	CE	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	P	MO
		H ₂ O	(dS/m)		mmol/dm ³			mg/dm ³	g/kg
Salinidade (S)	1	<0.0001**	0.0011**	<0.0001**	<0.0001**	<0.0001**	<0.0001**	<0.0001**	<0.0001**
Insumo (I)	3	<0.0001**	<0.0001**	<0.0001**	<0.0001**	<0.0001**	<0.0001**	<0.0001**	0.0094**
S x I	3	0.0003**	0.0017**	<0.0001**	<0.0001**	<0.0001**	<0.0001**	<0.0001**	<0.0001**
Resíduo	32	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	39	-	-	-	-	-	-	-	-
CV (%) =	-	1.8	11.08	6.56	1.35	1.73	2.15	2.19	3.94

Fonte: Elaborada pela autora. ^{ns}, *, ** - não significativo, significativo a $p \leq 0,05$ e $p \leq 0,01$ pelo teste F, respectivamente; GL - Graus de liberdade; CV – Coeficiente de variação.

**APÊNDICE B - RESUMO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA (ANOVA) PARA OS DADOS DE ALTURA DAS PLANTAS (AP),
DIÂMETRO DO CAULE (DC), NÚMERO DE FOLHAS (NF) E ÁREA FOLIAR (AF)**

Fontes de variação	GL	Quadrado Médio			
		AP	DC	NF	AF
		Cm	Mm	unidade	cm ²
Salinidade (S)	1	<.0001**	0.502 ^{ns}	0.0163*	0.0408*
Insumo (I)	3	0.3936 ^{ns}	0.151 ^{ns}	0.0884 ^{ns}	0.1426 ^{ns}
S x I	3	0.4931 ^{ns}	0.4599 ^{ns}	0.0578 ^{ns}	0.3727 ^{ns}
Resíduo	32	-	-	-	-
Total	39	-	-	-	-
CV (%) =	-	1.93	23.98	22	13.68

Fonte: Elaborada pela autora. ^{ns}, *, ** - não significativo, significativo a $p \leq 0,05$ e $p \leq 0,01$ pelo teste F, respectivamente; GL - Graus de liberdade; CV – Coeficiente de variação.

**APÊNDICE C - RESUMO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA (ANOVA) PARA OS DADOS DE FOTOSSÍNTESE LÍQUIDA (*A*),
CONDUTÂNCIA ESTOMÁTICA (*gs*), TRANSPIRAÇÃO (*E*), RAZÃO ENTRE A CONCENTRAÇÃO INTERNA DE CO₂ E
AMBIENTAL (*C_i/C_a*) FOTOSSISTEMA II (*PSII*) QUENCHING FOTOQUÍMICO (*QP*), QUENCHING NÃO FOTOQUÍMICO (*QN*),
TAXA DE TRANSPORTE DE ELÉTRONS (*ETR*), EFICIÊNCIA INSTANTÂNEA DO USO DA ÁGUA (*EUA*), EFICIÊNCIA
INSTANTÂNEA DE CARBOXILAÇÃO (*EiC*)**

Fontes de variação	GL	Quadrado Médio									
		<i>A</i>	<i>gs</i>	<i>E</i>	<i>C_i/C_a</i>	<i>PSII</i>	<i>qP</i>	<i>qN</i>	<i>ETR</i>	<i>EUA</i>	<i>EiC</i>
		$\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$	$\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$	$\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$						$\mu\text{mol CO}_2 \text{ mmol}^{-1}\text{H}_2\text{O}$	$\text{mol mol}^{-1} \text{ s}^{-1}$
Salinidades	1	<.0001**	<.0001**	<.0001**	<.0001**	0.0004**	0.6564 ^{ns}	0.002**	<.0001**	0.0005**	<.0001**
Insumo (I)	3	0.0018**	0.0269*	0.0582 ^{ns}	0.2502 ^{ns}	0.0794 ^{ns}	0.8179 ^{ns}	0.1041 ^{ns}	0.0429 ^{ns}	0.45 ^{ns}	0.0996 ^{ns}
S x I	3	0.218 ^{ns}	0.7391 ^{ns}	0.575 ^{ns}	0.1667 ^{ns}	0.2132 ^{ns}	0.3343 ^{ns}	0.7089 ^{ns}	0.2703 ^{ns}	0.5719 ^{ns}	0.0309*
Resíduo	32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	39	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CV (%) =	-	14.18	35.49	26.38	11.09	16.03	24.75	22.72	14.5	20.68	15.32

Fonte: Elaborada pela autora. ^{ns}, *, ** - não significativo, significativo a $p \leq 0,05$ e $p \leq 0,01$ pelo teste F, respectivamente; GL - Graus de liberdade; CV - Coeficiente de variação.

APÊNDICE D - RESUMO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA (ANOVA) PARA OS DADOS DE TEOR NUTRICIONAL: N (NITROGÊNIO), P (FÓSFORO), K⁺ (POTÁSSIO), CA²⁺ (CÁLCIO), MG²⁺ (MAGNÉSIO), S (ENXOFRE), NA⁺ (SÓDIO), NA⁺/ K⁺ (RAZÃO SÓDIO/ POTÁSSIO), CU (COBRE), FE (FERRO), ZN (ZINCO), MN (MANGANÊS) E B (BORO)

Fontes de variação	GL	Quadrado Médio												
		N	P	K	Ca	Mg	S	Na	Na/K	Cu	Fe	Zn	Mn	B
	 g/kg mg/kg						
Salinidade	1	0.0488*	0.0405*	0.1332 ^{ns}	0.0298*	0.9919 ^{ns}	0.2504 ^{ns}	0.0222*	0.6510 ^{ns}	0.4286 ^{ns}	0.1100 ^{ns}	0.5322 ^{ns}	0.0567 ^{ns}	0.2594 ^{ns}
Insumo (I)	3	0.5004 ^{ns}	0.3351 ^{ns}	0.1234 ^{ns}	0.5614 ^{ns}	0.5260 ^{ns}	0.9719 ^{ns}	0.7983 ^{ns}	0.2996 ^{ns}	0.4980 ^{ns}	0.4634 ^{ns}	0.4365 ^{ns}	0.9103 ^{ns}	0.7983 ^{ns}
S x I	3	0.8237 ^{ns}	0.9511 ^{ns}	0.7271 ^{ns}	0.5614 ^{ns}	0.4218 ^{ns}	0.7356 ^{ns}	0.4362 ^{ns}	0.7022 ^{ns}	0.1789 ^{ns}	0.3854 ^{ns}	0.4836 ^{ns}	0.0278*	0.4362 ^{ns}
Resíduo	32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	39	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CV (%) =	-	27.27	24.5	26.81	18.94	16.91	16	24.64	83.35	14	89.69	33.03	23.56	16.85

Fonte: Elaborada pela autora. ns, *, ** - não significativo, significativo a $p \leq 0,05$ e $p \leq 0,01$ pelo teste F, respectivamente; GL - Graus de liberdade; CV - Coeficiente de variação.

APÊNDICE E - RESUMO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA (ANOVA) PARA PESO DOS FRUTOS (PF), POTENCIAL HIDROGÊNIO (PH), SÓLIDOS SOLÚVEIS (BRUX), ACIDEZ DO FRUTO (ACF), RELAÇÃO SOLIDO SOLÚVEIS/ACIDEZ TITULÁVEL (BRUX/ACF)

Fontes de variação	GL	Quadrado Médio				
		PF	pH	Brix	ACF	Brix/ACF
Salinidades (S)	1	<.0001**	0.0182*	0.2261 ^{ns}	0.4698 ^{ns}	0.0982 ^{ns}
Insumo (I)	3	0.7266 ^{ns}	0.5193 ^{ns}	0.5689 ^{ns}	0.2772 ^{ns}	0.6733 ^{ns}
Interação	3	0.9245 ^{ns}	0.4338 ^{ns}	0.9815 ^{ns}	0.7982 ^{ns}	0.9937 ^{ns}
Resíduo	32	-	-	-	-	-
Total	39	-	-	-	-	-
CV (%) =	-	18.77	3.53	13.76	31.6	39.3

Fonte: Elaborada pela autora. ns, *, ** - não significativo, significativo a $p \leq 0,05$ e $p \leq 0,01$ pelo teste F, respectivamente; GL - Graus de liberdade; CV - Coeficiente de variação.