

EMMANUEL JEAN

USO DO BIOCHAR NO CULTIVO DO MELÃO (*Cucumis melo L.*) SOB CONDIÇÕES DE
DÉFICIT HÍDRICO NO SEMIÁRIDO PERNAMBUCANO

Serra Talhada-PE

2025

**J
E
A
N**

E

**U
S
O**

**D
O**

**B
I
O
C
H
A
R**

.

.

.

2

0

2

5

EMMANUEL JEAN

**USO DO BIOCHAR NO CULTIVO DO MELÃO (*Cucumis melo L.*) SOB CONDIÇÕES
DE DÉFICIT HÍDRICO NO SEMIÁRIDO PERNAMBUCANO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Soares de Souza

Coorientador: Dr. Denizard Oresca

Coorientador: Dr. José Raliuson Inácio Silva

Serra Talhada-PE

2025

FICHA CATALOGRÁFICA

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação Sistema
Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Bibliotecário: Israel Lacerda do Nascimento – CRB - 42317

J43u Jean, Emmanuel

Uso do biochar no cultivo do melão (*Cucumis melo L.*) sob condições de déficit hídrico no semiárido pernambucano / Emmanuel Jean. – Serra Talhada, 2025.

59 f. il.

Orientador (a): Eduardo Soares de Souza.

Coorientador (a): Denizard Oresca.

Coorientador (a): José Raliuson Inácio Silva.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica Serra Talhada - UAST, Pós-Graduação em Produção Vegetal, Serra Talhada, PE-BR, 2025.

Inclui referências e apêndices.

1. Cultivos agrícolas. 2. Melão. 3. Cultivos agrícolas - Efeito da drenagem. 4. Água na agricultura. 5. Irrigação agrícola. I. Souza, Eduardo Soares de, orient. II. Oresca, Denizard, coorient. III. Silva, José Raliuson Inácio. IV. Título.

CDD 635.61

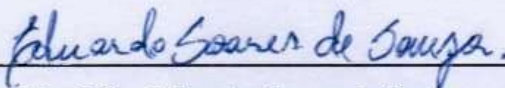
EMMANUEL JEAN

USO DO BIOCHAR NO CULTIVO DO MELÃO (*Cucumis melo* L.) SOB CONDIÇÕES DE DÉFICIT HÍDRICO NO SEMIÁRIDO PERNAMBUCANO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Produção Vegetal.

APROVADO em 28/07/2025.

Banca Examinadora



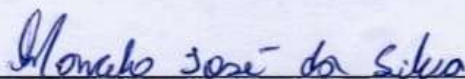
Prof. Dr. Eduardo Soares de Souza

Orientador



Prof. Dr. Genival Barros Júnior

Examinador Interno



Dr. Marcelo José da Silva

Examinador Externo

Dedico esta conquista aos pilares da minha vida: meus pais, Pelicot Jean e Rose Manelle Alexis; meus irmãos, Samuel Jean, Gamanuel Jean e Michäel Jean; meu tio Abdel Alexis; e minha madrinha Yanick Jasmin - pessoas formidáveis, corajosas e motivadoras que, mesmo à distância, foram meu sustento nesta jornada.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer à Deus pela força e coragem que Ele me deu ao longo desta jornada, pois sem Ele nada teria sido possível.

Agradeço à Universidade Federal Rural de Pernambuco, em especial à Unidade Acadêmica de Serra Talhada e ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, por terem contribuído para a minha formação acadêmica. Agradeço aos meus pais, Pelicot Jean e Rose Manelle Alexis, pelo apoio moral e espiritual. Tenho certeza de que as suas orações não foram em vão.

Agradeço ao meu orientador, o Professor Eduardo Soares de Souza, pela acolhida e pelo suporte, tanto moral quanto acadêmico, desde a minha chegada ao Brasil. Agradeço ao coordenador, o Professor Maurício Leite, pela recepção, compreensão e valiosos conselhos no âmbito acadêmico. Agradeço ao Professor Genival Barros Júnior pela contribuição no meu trabalho de pesquisa.

Gostaria de agradecer especialmente ao meu amigo Dr. Marcelo José da Silva, que considero uma das pessoas que me permitiu chegar até aqui hoje. Marcelo, quero te agradecer pelo apoio moral e acadêmico. Você sabe quantos dias difíceis enfrentamos durante esse experimento, mas teria sido muito mais difícil sem um parceiro como você.

Agradeço ao meu irmão haitiano e também coorientador, o Dr. Denizard Oresca, que me apoiou enormemente durante esta fase da minha vida. Agradeço de forma especial ao meu coorientador, o Dr. José Raliuson, pela ajuda que me proporcionou ao longo desta trajetória no programa. Um grande agradecimento ao Dr. Ailton Alves de Carvalho pelo suporte técnico durante toda a minha pesquisa.

Gostaria de agradecer especialmente ao meu amigo e irmão Jasiel Lucas Alves de Oliveira, pelo apoio durante meu experimento e minha estadia em Serra Talhada. Acredito que amigos como ele não se encontram em qualquer lugar. Gostaria de expressar minha profunda gratidão ao Gabriel, Douglas e ao Patrício pela ajuda valiosa e pelo apoio durante toda a minha pesquisa. Agradeço à Mayara, por ter sido uma colega e amiga excepcional, que me orientou e ajudou muito nas minhas análises. Agradeço de maneira especial ao Professor Adriano Simões

do Nascimento por disponibilizar os equipamentos e materiais necessários para a realização das minhas análises no laboratório. Nesta mesma ocasião, quero agradecer aos meus colegas do grupo NEFP: Mayara, Ivanice, Ericks, Viviane e Natan, pela disponibilidade e suporte durante todo o processo. Agradeço ao Orlando, que foi de grande ajuda nas minhas análises relacionadas ao solo.

Agradeço aos meus colegas e amigos: Ericks, Jasiel, Jandis, Leonardo Francelino, Mayara, Thiago, Alefe, Jessica, Sheyla, Patrício com quem compartilhei o dia a dia e conviver academicamente. Posso afirmar que vocês são pessoas incríveis, e graças a vocês, minha trajetória neste programa foi muito menos estressante do que poderia ter sido.

Agradeço à CAPES por ter me concedido a bolsa que me permitiu concluir este mestrado com tranquilidade. Como esquecer de mencionar o GCUB? Hoje posso olhar para trás e ver uma trajetória transformadora, graças a essa porta que se abriu.

Se seus nomes não estão escritos, que saibam: minha dívida de gratidão não cabe nestas margens.

Se você vai tentar, vá até o fim. Caso contrário, nem comece.

(Charles Bukowski)

RESUMO

O melão, uma cultura de elevada demanda hídrica, enfrenta desafios em regiões semiáridas devido à escassez de água. Diante do exposto, este estudo avaliou o efeito de diferentes lâminas de irrigação e da aplicação do biochar na produtividade, eficiência do uso da água (EUA) e qualidade dos frutos do meloeiro sob condições de déficit hídrico. O experimento foi conduzido em campo durante dois ciclos consecutivos, utilizando um delineamento em blocos casualizados, com arranjo fatorial 4×3 . Os tratamentos consistiram em quatro lâminas de irrigação (40, 60, 80 e 100% da evapotranspiração da cultura - ETc) e três doses de biochar (0, 10 e 20 t ha⁻¹), com três repetições, totalizando 36 unidades experimentais. Não houve interação significativa entre os fatores biochar e irrigação, nem efeito isolado do biochar sobre nenhuma das variáveis analisadas. Em contraste, o aumento da lâmina de irrigação promoveu efeito linear positivo sobre todas as variáveis produtivas: número de frutos por planta, peso médio dos frutos, produtividade total e comercial e EUA. No primeiro ciclo, os diâmetros longitudinal e transversal foram maximizados com a lâmina de 80% da ETc. No segundo ciclo, no entanto, as variáveis exibiram uma tendência linear positiva com o aumento das lâminas. A análise da qualidade dos frutos no primeiro ciclo revelou que o incremento da lâmina de irrigação resultou na redução dos sólidos solúveis totais (SST) e no aumento do teor de vitamina C com. O déficit hídrico acarretou reduções significativas na produtividade. Em comparação com a irrigação plena (100%), a produtividade total foi reduzida de 11,02 a 48,18 % no primeiro ciclo e de 18,52 a 47,22% no segundo. De forma análoga, a produtividade comercial apresentou decréscimos de 12,81 a 50,80 % no primeiro ciclo e de 23,18 a 54,40 % no segundo ciclo. A lâmina de 100% da ETc proporcionou o melhor equilíbrio entre a produtividade e a economia de água em ambos os ciclos. Conclui-se que a irrigação a 100 % da ETc é recomendada para o cultivo de melão em condições semiáridas, mas em condições de escassez hídrica extrema o nível de 80 % da ETc por ser usado com cautela. Além disso, o biochar, nas doses testadas, não conferiu benefícios às variáveis analisadas. Portanto, sugere-se que estudos futuros investiguem diferentes tipos de solos, doses superiores ou períodos de condicionamento do biochar para melhor elucidar seus potenciais efeitos na cultura do melão.

Palavras-chave: Escassez de água, irrigação deficitária, condicionador de solo

ABSTRACT

Melons, a crop with high water demand, face challenges in semi-arid regions due to water scarcity. Given this, this study evaluated the effect of different irrigation depths and the application of biochar on the productivity, water use efficiency (WUE), and fruit quality of melon trees under water deficit conditions. The experiment was conducted in the field during two consecutive cycles, using a randomized block design with a 4×3 factorial arrangement. The treatments consisted of four irrigation depths (40, 60, 80, and 100% of crop evapotranspiration - ET_c) and three doses of biochar (0, 10, and 20 t ha⁻¹), with three replicates, totaling 36 experimental units. There was no significant interaction between the biochar and irrigation factors, nor was there an isolated effect of biochar on any of the variables analyzed. In contrast, increasing the irrigation depth had a positive linear effect on all production variables: number of fruits per plant, average fruit weight, total and commercial yield, and USA. In the first cycle, the longitudinal and transverse diameters were maximized with the 80% ET_c irrigation depth. In the second cycle, however, the variables showed a positive linear trend with increasing irrigation depths. Analysis of fruit quality in the first cycle revealed that increasing the irrigation depth resulted in a reduction in total soluble solids (TSS) and an increase in vitamin C content. Water deficit led to significant reductions in productivity. Compared to full irrigation (100%), total productivity was reduced by 11.02 to 48.18% in the first cycle and by 18.52 to 47.22% in the second. Similarly, commercial productivity decreased from 12.81 to 50.80% in the first cycle and from 23.18 to 54.40% in the second cycle. The 100% ET_c irrigation rate provided the best balance between productivity and water savings in both cycles. It is concluded that irrigation at 100% of ET_c is recommended for melon cultivation in semi-arid conditions, but in conditions of extreme water scarcity, the level of 80% of ET_c should be used with caution. In addition, biochar, at the doses tested, did not confer benefits on the variables analyzed. Therefore, it is suggested that future studies investigate different soil types, higher doses, or conditioning periods of biochar to better elucidate its potential effects on melon cultivation.

Keywords: Water scarcity, deficit irrigation, soil conditioner

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Área de estudo localizada no município de Serra Talhada- Pernambuco, Brasil, 2025	23
Figura 2: Variações de temperatura do ar (T_{ar}), umidade relativa do ar (UR), radiação solar global (R_g), evapotranspiração de referência (ET_0), precipitação (P) e lâminas acumuladas (IR + P, irrigação e precipitação) nos dois ciclos experimentais do melão: ciclo 1 (A) e ciclo 2 (B) – Serra Talhada/PE, 2025	25
Figura 3: Número de frutos por planta, peso médio de frutos, produtividade total, produtividade comercial, em meloeiro submetido a diferentes disponibilidades hídricas (40, 60, 80 e 100% da ET_c)..	35
Figura 4: Eficiência do uso da água com ($EUA_{(P+I)}$) e sem ($EUA_{(I)}$) a contabilização da chuva em meloeiro submetido a diferentes disponibilidades hídricas (40, 60, 80 e 100% da ET_c)...38	

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Atributos físicos do solo da área experimental, -Serra Talhada, 2025.....	26
Tabela 2:Atributos químicos do solo na camada de 0-40 cm da área experimental - Serra Talhada ,2025	27
Tabela 3: Atributos químicos da água utilizada durante o experimento - Serra Talhada-PE, 2025	28
Tabela 4: Atributos físico-químicos do biochar utilizado no experimento - Serra Talhada-PE, 2025.	29
Tabela 5: Condutividade elétrica do solo (dS/m) da pasta de saturação obtida no final de cada ciclo experimental do melão.....	30
Tabela 6: Efeito dos diferentes níveis de irrigação sobre o diâmetro longitudinal (DL), diâmetro transversal (DT), índice de formato de fruto (IFF), firmeza da polpa (FP), sólidos solúveis totais (SST), acidez titulável (AT), pH e carboidratos solúveis totais (CST), Vitamina C (VC), compostos fenólicos (CF).....	40

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	REVISÃO DE LITERATURA	16
2.1	IRRIGAÇÃO DEFICITÁRIA	16
2.2	BIOCHAR	18
2.3	IRRIGAÇÃO DEFICITÁRIA X BIOCHAR	19
2.4	CULTURA DO MELÃO	21
3	MATERIAL E MÉTODOS	23
3.1	ÁREA DE ESTUDO	23
3.2	DESIGN E TRATAMENTOS EXPERIMENTAIS	27
3.3	CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO	29
3.4	DADOS COLETADOS	31
3.4.1	Rendimento do melão	31
3.4.2	Eficiência do uso da água	31
3.4.3	Qualidade dos frutos de melão	32
3.5	TRATAMENTOS DOS DADOS E ANÁLISE ESTATÍSTICA	34
4	RESULTADOS	34
4.1	RENDIMENTO DO MELÃO	34
4.2	EFICIÊNCIA DO USO DA ÁGUA	37
4.3	QUALIDADE DOS FRUTOS DE MELÃO	39
5	DISCUSSÃO	41
5.1	RENDIMENTO DO MELÃO	42
5.2	EFICIÊNCIA DO USO DA ÁGUA	43
5.3	QUALIDADE DE FRUTOS	44
6	CONCLUSÃO	46
	REFERÊNCIAS	47
	APENDICE A - Croqui da área experimental	57
	APÊNDICE B - Efeito do biochar sobre o rendimento e eficiência do uso da água do melão	58
	APÊNDICE C - Efeito do biochar sobre a qualidade de frutos de melão	59

1 INTRODUÇÃO

O melão (*Cucumis melo* L.) é uma das plantas hortícolas mais cultivadas no mundo, com uma produção de mais de 29,5 milhões de toneladas (FAO, 2023). No Brasil, seu cultivo concentra-se principalmente na região semiárida, onde as condições climáticas (alta taxa de insolação, baixa umidade do ar) são particularmente favoráveis ao seu desenvolvimento (Silva *et al.*, 2021). Nesse contexto, como as regiões semiáridas são marcadas por secas frequentes e chuvas irregulares, as produções agrícolas ao longo do ano nessas regiões são normalmente dependentes da irrigação (Robertson *et al.*, 2014; Fernández-Cirelli *et al.*, 2009). Portanto, otimizar o uso da água no semiárido é essencial para garantir uma agricultura sustentável (Morante-Carballo *et al.*, 2022).

Diante dessa necessidade, diversos estudos têm avaliado estratégias para aumentar a eficiência do uso da água, entre as quais se destaca a irrigação deficitária (Alharbi *et al.*, 2024). A irrigação deficitária é uma técnica que consiste em fornecer à planta menos água do que ela precisa, seja em estágios específicos do ciclo de crescimento ou ao longo do ciclo vegetativo, a fim de maximizar a eficiência do uso da água, mantendo um rendimento aceitável (Chand *et al.*, 2021; Faloye *et al.*, 2019; Ouma *et al.*, 2024). No entanto, estudos com melão sob irrigação deficitária mostraram que, embora essa técnica melhore a eficiência do uso da água, níveis elevados de déficit hídrico reduzem significativamente a produtividade (Kuscu; Turhan, 2022; Barzegar *et al.*, 2018; Sharma *et al.*, 2014). Assim, em regiões semiáridas, onde muitas vezes os solos são empobrecidos de matéria orgânica e estruturalmente degradados (Azim *et al.*, 2024), o uso de condicionadores pode ser essencial para mitigar esses impactos.

Entre os condicionadores disponíveis, destaca-se o biochar. Produzido por pirólise de biomassa, o biochar é dotado de propriedades notáveis para melhorar as características físicas e químicas do solo. Sua aplicação pode elevar o pH, aumentar o teor de carbono e matéria orgânica, reduzir a densidade aparente e ampliar a porosidade, favorecendo assim a capacidade de retenção de água do solo. (Singh, Hardeep *et al.*, 2022; Jiang *et al.*, 2021; Zoghi *et al.*, 2019; Gavili; Moosavi; Kamgar Haghighi, 2019; Blanco-Canqui, 2017; Syuhada *et al.*, 2016; Xiao *et al.*, 2016; Olmo *et al.*, 2014). Assim, ao melhorar as propriedades físicas e químicas do solo, a aplicação do biochar no solo torna-se benéfica para o desempenho de diversas culturas como a berinjela (Zhang *et al.*, 2020), feijão (Lima *et al.*, 2021), milho (Syuhada *et al.*, 2016; Xiao *et al.*, 2016), trigo (Olmo *et al.*, 2014).

Nos últimos anos, estudos têm explorado a interação entre irrigação deficitária e biochar em diferentes culturas. Para a cultura de tomate, observou-se que a aplicação de biochar, em situação de déficit hídrico, aumentou a massa fresca e melhorou a qualidade dos frutos de tomate (Usman *et al.*, 2023). Da mesma forma, Obadi *et al.* (2024) relataram melhorias significativas no peso e rendimento do tomate, acompanhadas por níveis aumentados de vitamina C e açúcares.

Além disso, sob as mesmas condições, Chen *et al.* (2023) anotaram-se um aumento na produtividade do milho, enquanto Abubaker *et al.* (2020) mostraram melhorias no rendimento e na qualidade do pepino. Yabuku *et al.* (2020) observaram também aumentos na produtividade no cultivo de quiabo, e Cakmakcı *et al.* (2023) destacaram ganhos na eficiência do uso da água e ganhos de rendimento para a pimenta Kapia. Apesar do progresso no estudo da interação entre irrigação deficitária e biochar nessas culturas mencionadas em cima, no cultivo de melão, os estudos permanecem limitados. Bagheri *et al.* (2020) e Bagheri *et al.* (2019) exploraram essa interação, mas se concentraram principalmente na nutrição mineral, parâmetros morfológicos da planta sem se aprofundar nos efeitos dessa interação no rendimento produtivo, e qualidade dos frutos do meloeiro.

Considerando que o Nordeste do Brasil abriga uma das maiores áreas semiáridas do mundo (Silva *et al.*, 2023) e responde por 92% da produção nacional de melão (Araújo *et al.*, 2024), torna-se fundamental investigar práticas que superem desafios locais, como a escassez de água, que compromete o cultivo dessa planta exigente em recursos hídricos.

Diante do exposto, hipotetizamos que a irrigação deficitária afeta a produtividade, a eficiência do uso da água e a qualidade dos frutos do meloeiro, e que a aplicação de biochar pode atuar como um fator complementar para reduzir os impactos negativos do déficit hídrico. Para testar essa hipótese, este estudo objetiva avaliar os impactos de diferentes lâminas de irrigação e de doses de biochar sobre a produtividade, a eficiência do uso da água e a qualidade dos frutos do meloeiro.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 IRRIGAÇÃO DEFICITÁRIA

A irrigação deficitária é uma técnica usada em regiões onde o acesso à água para a agricultura é limitada (Ouma *et al.*, 2024; Faloye *et al.*, 2019). Ela consiste em fornecer às plantas uma quantidade de água inferior às suas necessidades reais, seja em uma fase específica

de seu crescimento ou ao longo do ciclo vegetativo, a fim de otimizar a eficiência do uso da água, garantindo um rendimento satisfatório (Işik; Ortaş, 2024; Ouma et al., 2024; Zhao et al., 2024; Li; Zheng; Ma, 2023; Chand et al., 2021).

Certos estudos já exploraram essa técnica no cultivo do melão. Por exemplo, Barzegar *et al.* (2018) realizaram um estudo de dois anos para avaliar o efeito de diferentes níveis de irrigação no melão. Eles descobriram que o déficit de irrigação diminuiu a área foliar, o rendimento, o teor de vitamina C dos frutos e a firmeza da polpa. No entanto, aumentou o teor de sólidos solúveis totais e a eficiência do uso da água.

Sharma *et al.* (2014) realizaram um estudo durante dois anos consecutivos para avaliar o impacto de dois níveis de irrigação (50 e 100 % ETc) em várias cultivares de melão (Mission, Da Vinci e Super Nectar). Os resultados mostraram que a irrigação deficitária (50% ETc) levou a uma redução de 30% na produtividade em 2011 e 31% em 2012, reduzindo o número de frutos por planta em 20% em 2011 e o peso médio dos frutos em 16% em ambos os anos. No entanto, essa irrigação deficitária aumentou o teor de sólidos solúveis totais da cv. Mission em 23%, o teor de betacaroteno da cv. Da Vinci em 25% e o teor de ácido ascórbico em 18% em 2011 e 42% em 2012. Além disso, a irrigação deficitária melhorou significativamente a eficiência do uso da água da cv. Mission.

Kuscu *et al.* (2022) conduziram um estudo de três anos sobre o cultivo de melão, comparando diferentes regimes de irrigação: 25, 50, 75 e 100 % ETc, além de tratamentos onde a irrigação foi mantida em 100 % ETc até a floração, formação dos frutos ou maturação, sendo então reduzida para 50 % ETc para o restante do ciclo. Eles constataram que mesmo uma redução tardia da irrigação teve um impacto significativo no rendimento médio. A redução da irrigação também aumentou o teor de sólidos solúveis dos frutos. O teor de vitamina C seguiu uma tendência semelhante, embora a irrigação a 25 % ETc durante todo o ciclo tenha levado a uma queda significativa na vitamina C, especialmente no último ano. Por fim, observaram que a eficiência do uso da água aumentava geralmente com a irrigação reduzida, exceto quando a irrigação era mantida em 25 % ETc, onde a eficiência era menor.

De acordo com os estudos citados, a irrigação deficitária frequentemente leva a uma diminuição na produtividade, e essa diminuição é proporcionalmente acentuada com a intensidade do estresse hídrico. Em regiões semiáridas onde os solos apresentam estrutura degradada e deficiência de matéria orgânica, comprometendo sua capacidade de retenção de

água (Azim *et al.*, 2024), torna-se essencial aplicar condicionadores no solo para aumentar a eficácia desta técnica e mitigar os efeitos nocivos do déficit hídrico.

2.2 BIOCHAR

O biochar é um produto carbonáceo obtido por pirólise, um processo de decomposição termoquímica da biomassa na ausência de oxigênio (Blanco-Canqui, 2017; Mukherjee; Zimmerman, 2013; Chan *et al.*, 2007). Uma grande variedade de matérias-primas pode ser usada para produzir biochar, entre as quais podemos encontrar: resíduos de culturas, estrume, biomassa vegetal, resíduos florestais e de madeira, resíduos verdes etc. (Woolf *et al.*, 2010). Também é relatado que a produção de biochar pode ser feita em diferentes temperaturas e durações de pirólise (Singh *et al.*, 2022). No entanto, as propriedades físico-químicas do biochar podem variar dependendo da matéria-prima e da temperatura pirolítica utilizada (Singh; Singh; Cowie, 2010). O aumento da temperatura pirolítica leva a um aumento no pH e no teor de cinzas do biochar na maioria dos casos (Singh; Singh; Cowie, 2010). O estudo de Singh *et al.* (2010), mostrou que o biochar da madeira contém mais carbono e menos cinzas, elementos minerais (N, P, K, S, Ca, Mg, Al, Na) e oligoelementos como o cobre, em comparação com o biochar obtido do esterco. Além disso, possui menor capacidade de troca catiônica. Quando aplicado ao solo, o biochar tem o potencial de induzir alterações nas propriedades físicas (Singh, Hardeep *et al.*, 2022; Blanco-Canqui, 2017; Omondi *et al.*, 2016) e químicas do solo (Singh *et al.*, 2022). No entanto, a magnitude das mudanças induzidas pelo biochar pode variar dependendo da natureza da biomassa original, da temperatura de pirólise utilizada em sua fabricação, das características específicas do solo e da quantidade de biochar aplicada (Singh, Hardeep *et al.*, 2022; Blanco-Canqui, 2017; Omondi *et al.*, 2016; Singh; Singh; Cowie, 2010).

Estudos realizados por Syuhada *et al.* (2016) e Lima *et al.* (2021) mostraram que a aplicação do biochar resulta em aumento do pH do solo e que esse aumento se deve à diminuição gradual do alumínio trocável no solo sob a influência das diferentes doses de biochar aplicadas. Diversos estudos têm demonstrado que o aumento da dose de biochar no solo aumenta a concentração de carbono total (Jiang *et al.*, 2021; Syuhada *et al.*, 2016), o que poderia resultar em aumento da capacidade de troca catiônica (CTC) do solo, diretamente associada ao enriquecimento de matéria orgânica (Syuhada *et al.*, 2016). No entanto, vários estudos têm demonstrado que a aplicação do biochar aumenta a condutividade elétrica do solo (Gavili; Moosavi; Kamgar Haghighi, 2019; Olmo *et al.*, 2014). Mas como foi relatado antes, esse aumento depende da matéria prima utilizada na fabricação do biochar, da temperatura de pirólise e da taxa de aplicação também.

Várias pesquisas sugerem que a adição de biochar ao solo pode reduzir sua densidade e, muitas vezes, está relacionada ao aumento da porosidade (Singh, Hardeep et al., 2022; Zoghi et al., 2019; Blanco-Canqui, 2017; Omondi et al., 2016; Xiao et al., 2016). Essa melhoria estrutural geralmente leva a uma maior capacidade do solo de reter água (Gavili; Moosavi; Kamgar Haghighi, 2019; Zoghi et al., 2019; Olmo et al., 2014). Embora estudos como o de Lima et al. (2021) não tenham encontrado um impacto significativo na retenção de água com o uso de biochar, um grande número de pesquisadores (Gavili; Moosavi; Kamgar Haghighi, 2019; Olmo et al., 2014; Xiao et al., 2016) concorda que, em regiões semiáridas onde a água é escassa, a utilização apropriada do biochar pode ser crucial para melhorar as condições do solo.

Essas modificações físicas e químicas induzidas pelo biochar no solo já demonstraram resultados promissores em diversas culturas. O estudo de Zhang *et al.* (2020), mostrou que a adição de biochar ao solo aumentou significativamente o rendimento dos pepinos, melhorando a porosidade do solo, o teor de carbono orgânico e a capacidade de retenção de água. Da mesma forma, Syuhada *et al.* (2016) mostraram, em um estudo sobre o milho, que a aplicação de biochar, combinada ou não com fertilizantes, aumentou a matéria seca e a altura das plantas, graças a uma melhoria no teor de carbono do solo e na capacidade de troca catiônica. Xiao *et al.* (2016) também constataram um aumento no rendimento de grãos do milho com doses de biochar de 20 e 30 t ha⁻¹ em comparação com o grupo controle. O estudo de Lima *et al.* (2021) evidenciou um aumento no rendimento e na eficiência do uso da água na cultura do feijão comum devido à aplicação de biochar. Olmo *et al.* (2014), em sua pesquisa sobre o trigo, observaram um aumento na biomassa aérea, na biomassa da espiga e no rendimento de grãos após a aplicação de biochar. Eles constataram que o aumento no rendimento de grãos estava correlacionado com o aumento do teor de água no solo e com a diminuição da densidade aparente do solo, ambos resultados da aplicação de biochar (Olmo *et al.*, 2014).

2.3 IRRIGAÇÃO DEFICITÁRIA X BIOCHAR

Na busca por práticas agrícolas promissoras para regiões semiáridas, vários estudos na última década têm avaliado a interação entre irrigação deficitária e biochar. Nessa abordagem, o biochar atua como insumo complementar, potencializando a retenção de água no solo e, por conseguinte, a eficiência do uso da água. Além disso, vários desses estudos mostraram resultados satisfatórios.

Por exemplo, Usman *et al.* (2023) , ao estudar o cultivo do tomate sob déficit hídrico, observaram que a aplicação de biochar aumentou a altura das plantas, o comprimento das raízes, o peso fresco e o número de frutos, além de melhorar a qualidade dos frutos, aumentando os teores de proteínas, gorduras, fibras e licopeno. Da mesma forma, Obadi *et al.* (2024) observaram que, sob déficit hídrico e com água de irrigação de 0,9 dS/m, a aplicação de biochar melhorou o comprimento, o diâmetro, a espessura da polpa, a firmeza, o peso fresco e seco, bem como o rendimento dos frutos de tomate, aumentando também seus teores de vitamina C, sólidos solúveis e açúcares.

Chen *et al.* (2023) descobriram que, ao usar água classificada como de boa qualidade, com concentração de 0,71 g/l de sal, para irrigar o milho, a aplicação de biochar em condições de déficit hídrico levou a um aumento na produtividade de grãos. No entanto, Singh *et al.* (2023) utilizando a mesma cultura, não observaram nenhuma interação entre o biochar e os níveis de irrigação em seu estudo, seja para os parâmetros fisiológicos, de crescimento ou de produtividade medidos.

O estudo de Abubaker *et al.* (2020) demonstrou que em uma situação de déficit hídrico, a aplicação de biochar na cultura do pepino aumentou o comprimento, diâmetro, peso, biomassa seca, teor de umidade do fruto e rendimento comercial, ao mesmo tempo em que melhorou a qualidade do fruto através do aumento dos níveis de pH, sólidos solúveis totais, acidez e vitamina C. O estudo de Yabuku *et al.* (2020) mostrou que, sob déficit hídrico, a aplicação de biochar aumentou a produtividade de quiabo, exceto quando a dose aplicada foi de 5 t ha⁻¹.

Talip *et al.* (2023) observaram que, em condições de déficit hídrico, a aplicação de biochar aumentou o teor de clorofila, o índice de área foliar e a produtividade da pimenta Kapia. Eles também descobriram que o biochar melhorou a eficiência do uso da água pelas plantas, seja na irrigação total ou deficitária, em comparação com as condições sem biochar.

Bagheri *et al.* (2019) mostraram que, em condições de déficit hídrico, a aplicação do biochar no cultivo do melão aumentou a produtividade e a eficiência do uso da água, melhorou parâmetros morfológicos como comprimento da raiz, comprimento da parte aérea, massa seca da raiz e da parte aérea, além de favorecer a absorção de nutrientes pela planta.

A maioria dessas pesquisas mostrou claramente que, em caso de déficit de irrigação, o biochar pode melhorar diferentes parâmetros de crescimento, qualidade dos frutos e

rendimento, dependendo das culturas estudadas. Assim, também seria vantajoso utilizar o biochar no cultivo de melão em situação de déficit hídrico.

2.4 CULTURA DO MELÃO

A origem do melão (*Cucumis melo* L.), pertencente à família Cucurbitaceae, é objeto de animada discussão na comunidade científica. Alguns pesquisadores consideram que sua origem remonta à Ásia, particularmente à Índia, enquanto outros sustentam que ele pode ter sido originado na África (Sabato *et al.*, 2019). Além disso, algumas pesquisas recentes sugerem que a região Austrália-Malásia também pode estar entre seus territórios de origem (Sabato *et al.*, 2019)

Atualmente, o cultivo do melão é difundido em todo o mundo, mas é na Ásia que ele se destaca. Em 2023, quase 75,4 % da produção global veio desse continente, de acordo com dados da FAO. A China liderava como o maior produtor de melão, contribuindo com quase metade da produção total, cerca de 14,45 milhões de toneladas. Na sequência, estão a Índia (2º lugar) e a Turquia (3º lugar) no ranking mundial de produtores (FAO, 2023). O Brasil ficou em 5º lugar com uma produção de 862387 toneladas (FAO, 2023). No Brasil, o Nordeste é a principal região produtora e exportadora de melão, respondendo por 92% da produção nacional (Araújo *et al.*, 2024). Os estados de maior produção no país são o Rio Grande do Norte, a Bahia, o Ceará, o Pernambuco e o Rio Grande do Sul, conforme os dados do IBGE (2023).

O meloeiro é uma planta que apresenta um caule prostrado, um raiz ramificado e pouco profundo podendo atingir entre 20 e 30 cm de profundidade (Pedrosa; De Faria, 1995). O meloeiro apresenta folhas de tamanhos variados, simples e dispostas alternadamente (Oliveira *et al.*, 2017). As flores do meloeiro nascem nas axilas das folhas e podem ser femininas, masculinas ou hermafroditas (Pedrosa; De Faria, 1995). O fruto do meloeiro é uma baga indeiscente que pode conter entre 200 e 600 sementes (Oliveira *et al.*, 2017; Pedrosa; De Faria, 1995).

As condições climáticas ideais para promover o crescimento e a produtividade do melão estão relacionadas a uma combinação de temperaturas elevadas, alta luminosidade e baixa umidade relativa (Crisóstomo *et al.*, 2002; Silva *et al.*, 2000). Assim, a faixa de temperatura ideal do melão geralmente fica entre 20°C e 30°C (Crisóstomo *et al.*, 2002; Silva *et al.*, 2000). Um estudo conduzido por Santana *et al.*, (2013) mostrou que temperaturas acima de 35°C e abaixo de 20°C tiveram consequências adversas na germinação. Também é relatado que temperaturas superiores a 40 °C podem causar a queda das flores e novos frutos do melão (Oliveira *et al.*, 2017). Para completar a maturação, o meloeiro necessita de um total de 2500 a

3000 graus de calor, sendo que cerca de 1000 graus são acumulados desde a floração até a colheita do fruto (Silva *et al.*, 2000). Para promover um bom desenvolvimento, o melão deve ser cultivado em um ambiente onde a umidade relativa esteja idealmente entre 65% e 75% (Crisóstomo *et al.*, 2002).

O melão pode ser cultivado em diferentes tipos de solos, mas progride mais em solos de textura média (franco-arenoso, arenoso-argiloso). Por outro lado, não se desenvolve bem em solos úmidos e mal drenados de várzea, nem em solos muito arenosos e rasos (Costa, 2017). Para se desenvolver bem, o melão requer solo com pH entre 6,0 e 6,5 (Costa, 2017).

A exigência hídrica do melão varia de acordo com o estágio de crescimento. Mas tem que levar em consideração que a irrigação excessiva, bem como a irrigação deficitária contínua, pode ter consequências prejudiciais para a planta (Crisóstomo; Aragão, 2013). Na fase juvenil, o excesso de água no solo pode promover o estabelecimento de doenças, enquanto que a deficiência de água pode afetar a germinação. Já na fase de maturação dos frutos, o excesso de água pode prejudicar a qualidade dos frutos (Oliveira *et al.*, 2017).

O melão é uma fonte rica em potássio, vitamina C e vitamina A, mas contém uma baixa quantidade de calorias, gordura e sódio (Lester, 1997). No Brasil, as variedades de melão cultivados são o *Cucumis melo* var. *inodorus* e *Cucumis melo* var. *cantaloupensis* (Landau *et al.*, 2020). O tipo mais cultivado da variedade *Cucumis melo* var. *inodorus* é o tipo amarelo (Landau *et al.*, 2020). O melão amarelo é amplamente preferido pelos agricultores em virtude de sua elevada resistência pós-colheita (Costa, 2017; Pedrosa; De Faria, 1995). Por outro lado, o melão do tipo cantaloupe vem conquistando espaço no mercado, especialmente no cenário internacional, devido ao seu sabor agradável e ao elevado valor nutricional (Costa, 2017). Contudo, esse tipo de melão exige manejos pós-colheita mais rigorosos para a manutenção da qualidade durante a comercialização (Costa, 2017; Pedrosa; De Faria, 1995).

Para atender aos padrões comerciais, o melão deve apresentar, em geral, um teor de sólidos solúveis mínimo de 8 °Brix (Mallek-Ayadi *et al.*, 2022). No caso do melão tipo Cantalupo, são preferencialmente recomendados valores entre 10 e 12 °Brix (Costa, 2017). Quanto à firmeza da polpa, para atender às exigências do mercado, o valor recomendado no momento da colheita é de 30 N (Santos *et al.*, 2015). Esse valor corresponde a uma tensão aproximada de 0,60 N/mm² quando se utiliza um êmbolo de 8 mm no teste de firmeza, indicando que o fruto possui textura firme suficiente para suportar transporte e armazenamento. Além da firmeza da polpa e do teor de sólidos solúveis (°Brix), o formato do fruto é um

parâmetro determinante para a aceitabilidade comercial do melão. Com efeito, os mercados de consumo frescos privilegiam a fruta com formato arredondado, o que facilita sobretudo a embalagem (Pereira *et al.*, 2017) . Para que um fruto seja classificado como arredondado, seu índice de formato (razão entre diâmetro longitudinal e transversal) deve estar compreendido entre 0,90 e 1,10 (Araújo *et al.*, 2024).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 ÁREA DE ESTUDO

O experimento foi conduzido em condições de campo durante 2 ciclos consecutivos de cultivo: o primeiro de 25 de novembro de 2024 a 10 de fevereiro de 2025, e o segundo de 6 de março a 8 de maio de 2025. A área experimental localiza-se na Unidade Acadêmica da Universidade Federal Rural de Pernambuco, no município de Serra Talhada, Pernambuco, Brasil (Figura 1), nas coordenadas 7°57'06" Sul e 38°17'39" Oeste em relação ao Meridiano de Greenwich, a uma altitude de 495 metros.

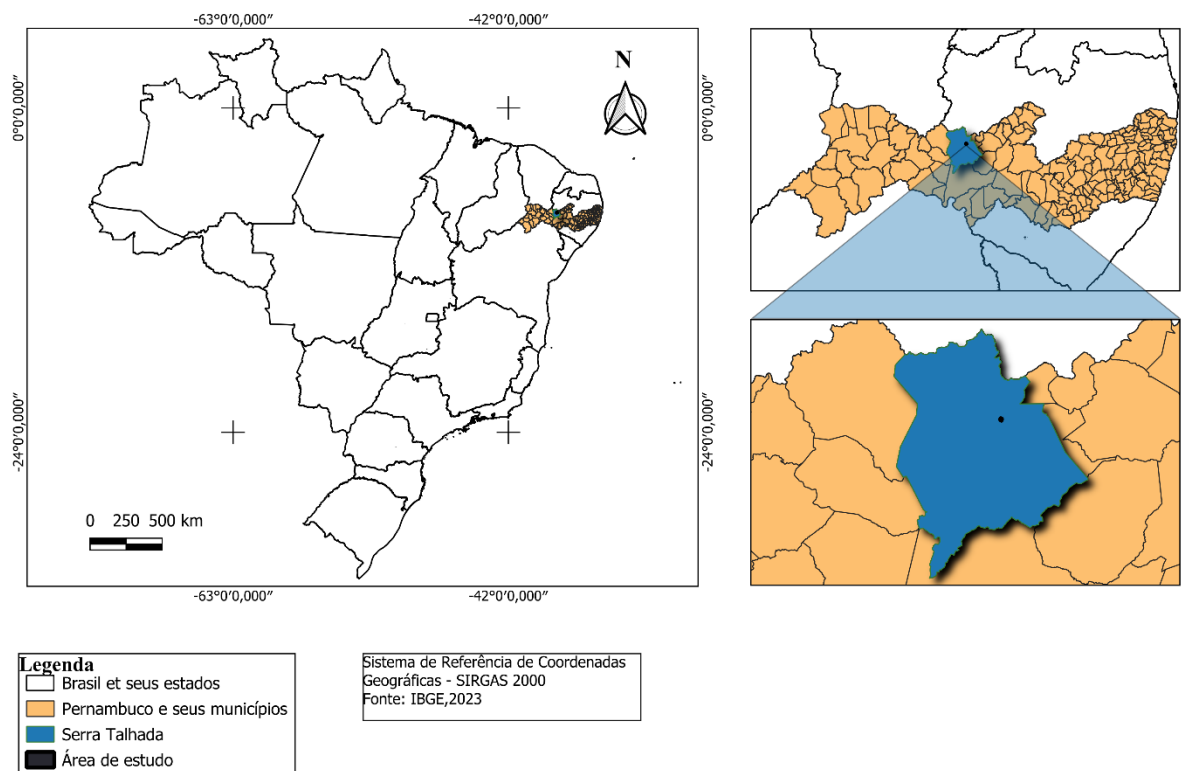


Figura 1: Área de estudo localizada no município de Serra Talhada- Pernambuco, Brasil, 2025

O clima local, é classificado como Bswb (semiárido, quente e seco) segundo Köppen, caracteriza-se por chuvas concentradas no verão (janeiro-abril), com temperatura média anual de 24,8 °C e precipitação média anual de 642,1 mm (Melo *et al.*, 2008; Silva *et al.*, 2015). As condições climáticas registradas durante o experimento são apresentadas no Figura 2.

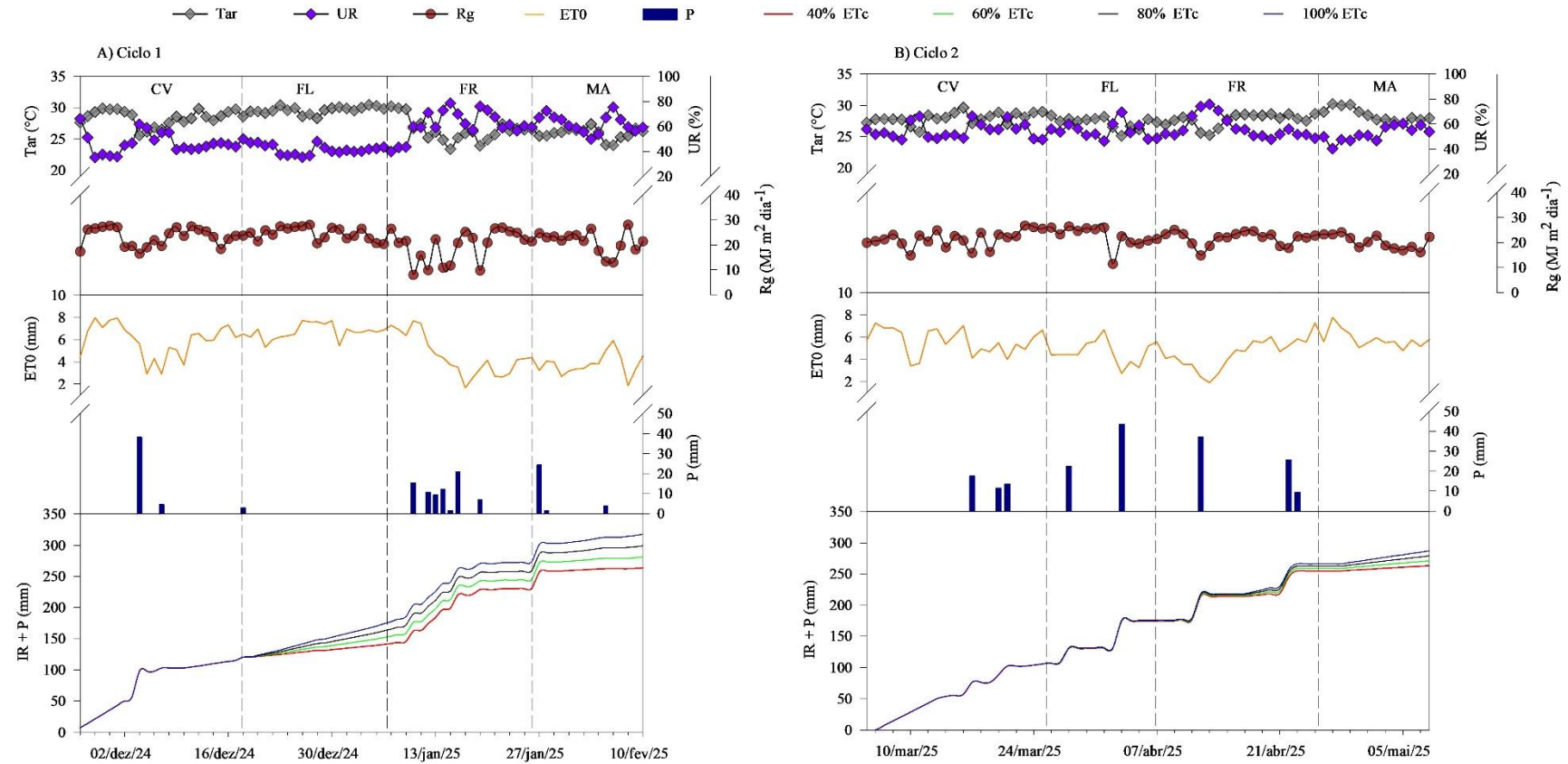


Figura 2: Variações de temperatura do ar (Tar), umidade relativa do ar (UR), radiação solar global (Rg), evapotranspiração de referência (ET0), precipitação (P) e lâminas acumuladas (IR + P, irrigação e precipitação) nos dois ciclos experimentais do melão: ciclo 1 (A) e ciclo 2 (B) – Serra Talhada/PE, 2025

Antes da instalação do experimento, amostras compostas do solo foram coletadas nas camadas de 0-20 cm e de 20-40 cm para a caracterização das propriedades físicas iniciais. O solo da área experimental é classificado como Cambissolo Háplico Ta Eutrófico típico (Oliveira Neto *et al.*, 2018). Os resultados das análises físicas são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Atributos físicos do solo da área experimental, -Serra Talhada, 2025

Atributos do solo	Camada (cm)	
	0-20	20-40
Classe textural	Areia franca	Areia franca
Areia (%)	81,16	79,09
Silte (%)	8,04	11,55
Argila (%)	10,80	9,36
ρ_s (g/cm ³)	2,63	2,64
ρ_b (g/cm ³)	1,39	1,45
Φ (cm ³ /cm ³)	0,47	0,45
θ_{cc} (cm ³ /cm ³)	0,14	0,14
θ_{mpc} (cm ³ /cm ³)	0,01	0,01
CE (dS/m)	1,35	1,35

Notas: ρ_s é densidade da partícula, ρ_b é densidade aparente do solo, Φ é a porosidade total do solo, θ_{cc} é a umidade a capacidade de campo, θ_{mpc} é o ponto de murcha permanente.

Para a caracterização química do solo, preparou-se uma amostra composta a partir de subamostras coletadas na camada de 0-40 cm da área experimental. Os resultados das análises são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2:Atributos químicos do solo na camada de 0-40 cm da área experimental - Serra Talhada ,2025

Atributos do solo	Valores
pH 1:2,5 (Água)	6,96
MO (g/dm ³)	8,20
P-Mehlich-1 (mg/dm ³)	184,10
P-Resina (mg/dm ³)	79,6
S-SO ₄ ²⁻ (mg/dm ³)	7,30
Ca ²⁺ (cmolc/dm ³)	4,82
Mg ²⁺ (cmolc/dm ³)	2,06
K ⁺ (cmolc/dm ³)	0,80
Na ⁺ (cmolc/dm ³)	0,053
H+Al (cmolc/dm ³)	0,22
SB (cmolc/dm ³)	7,73
T (cmolc/dm ³)	7,94
Fe ²⁺ (mg/dm ³)	72,20
Mn ²⁺ (mg/dm ³)	34
Cu ²⁺ (mg/dm ³)	1,35
Zn ²⁺ (mg/dm ³)	2,41
B (mg/kg)	0,30
V (%)	97,27

Notas: pH: potencial hidrogeniônico, CE : condutividade elétrica do extrato de pasta saturada, MO: matéria orgânica, P: teor de fósforo, S-SO₄²⁻: sulfatos, Ca²⁺: cálcio, Mg²⁺: magnésio, K⁺: potássio, Na⁺: sódio, Al+H: acidez potencial por alumínio e hidrogênio, SB: soma de bases, CTC:capacidade de troca de cátions com pH 7, Fe²⁺: ferro, Mn²⁺: teor de manganês, Cu²⁺: cobre, Zn²⁺: zinco, B: boro e V: saturação por bases. **Fonte:** PlantSoil Laboratórios, 2025

3.2 DESIGN E TRATAMENTOS EXPERIMENTAIS

O experimento seguiu um delineamento em blocos casualizados, em esquema fatorial 4x3 com 3 blocos, sendo avaliados quatro lâminas de irrigação (40, 60, 80 e 100% da ETc) e três doses de biochar (0, 10 e 20 t ha⁻¹).

O campo experimental de 324 m² continha 14 parcelas (12 úteis e 2 bordaduras) por bloco. Cada parcela, com 2 m² (2m x 1 m), abrigava seis plantas, sendo mensuráveis as quatro centrais. Blocos, parcelas e plantas foram espaçados em 3 m, 1 m e 0,3 m, respectivamente (APENDICE A).

O manejo da irrigação foi realizado por meio de um sistema de gotejamento, equipados por emissores espaçados a cada 0,20 m, com vazão de 1.5 L h^{-1} , mantido sob pressão uma pressão de trabalho de 0,9 bar. O sistema apresentou coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) de 93 %, caracterizando elevada uniformidade na distribuição de água. A água utilizada foi proveniente de poço semiartesiano localizado próximo a área experimental, sendo classificada como C_3S_1 segundo Richards (1954), indicando alta salinidade e baixa sodicidade.

Tabela 3: Atributos químicos da água utilizada durante o experimento - Serra Talhada-PE, 2025

Atributos	
pH	6,63
CE (mS/cm)	1,68
Dureza- CaCO_3 (mg/L)	610,50
Cálcio (mmolc/L)	5,83
Magnésio (mmolc/L)	6,37
Potássio (mmolc/L)	0,31
Sódio (mmolc/L)	2,04
Carbonato (mmolc/L)	0,00
Bicarbonato (mmolc/L)	3,90
Cloreto (mmolc/L)	11,69
Sulfato (mmolc/L)	0,09
Boro (mg/L)	0,13
Cobre (mg/L)	0,02
Manganês (mg/L)	0,04
$\text{RAS}^{2/}$ (mmolc/L) ^{-0,5}	0,83
$\text{RAS}^{3/}$ (mmolc/L) ^{-0,5}	0,94

Notas: CE é a condutividade elétrica, $\text{RAS}^{2/}$ é relação de adsorção de sódio, $\text{RAS}^{3/}$ é relação de adsorção de sódio corrigida, pH é potencial hidrogeniônico.

As lâminas de irrigação foram calculadas com base na evapotranspiração da cultura (ET_c), determinada pelo método Penman-Monteith (Allen *et al.*, 1998) conforme preconizado o boletim da FAO-56, utilizando a relação entre a evapotranspiração de referência (ET_o) e o coeficiente cultural (K_c) do melão adaptados para cultivo com cobertura plástica do solo (mulching), sendo adaptados $K_c = 0,5$ para a fase inicial e crescimento vegetativo, $K_c = 0,8$ para a floração, $K_c = 1,0$ para a frutificação e $K_c = 0,7$ para a maturação (Sousa *et al.*, 2000).

Os dados meteorológicos diários necessários para a determinação da ET_o , incluindo temperatura do ar, umidade relativa, radiação solar, velocidade do vento e pressão atmosférica, foram coletados em uma estação automática do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizada a 80 metros da área experimental.

O biochar utilizado no estudo foi fornecido pela Florence Pro Vegetal (Mato Grosso) e produzido mediante pirólise de biomassa residual a temperaturas entre 300 e 600 °C. As principais características do material estão apresentadas na Tabela 4.

Tabela 4: Atributos físico-químicos do biochar utilizado no experimento - Serra Talhada-PE, 2025.

Propriedades	
Umidade a 65% °C (% m:m)	5,20
Densidade úmida (kg/m ³)	128,30
Carbono orgânico (g/kg)	135,00
Nitrogênio (g/kg)	9,00
Relação C/N*	15,10
MO (dag/kg)*	29,30
CE(dS/m)*	0,20
pH	8,26
Teor de cinzas (%)	66,30

Notas: *C/N é carbono/nitrogênio, MO é matéria orgânica, CE é condutividade elétrica, pH é potencial de hidrogeniônico. **Fonte:** PlantSoil Laboratórios, 2025

3.3 CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

A variedade de melão cultivada foi a Cantalupo Indian Gold Híbrido S1 (HM Clause), escolhida devido à sua crescente demanda no mercado local e o alto valor comercial no mercado externo. Os frutos caracterizam-se pela casca reticulada e coloração amarelada na maturidade fisiológica completa. Por se tratar de um fruto climatérico, apresenta vida útil pós-colheita reduzida. O ciclo cultural totalizou 77 dias no primeiro ciclo e 63 dias no segundo.

As sementes foram semeadas em bandejas de isopor com 200 células, sendo mantidas em casa de vegetação até o décimo dia após a emergência. Em seguida, as mudas mais robustas foram transplantadas para campo aberto, em canteiros previamente preparados e cobertos com mulch. Durante a construção dos canteiros, o biochar foi incorporado ao solo com o auxílio de um ancinho, na profundidade de 15 cm, de acordo com os tratamentos designados. Os tratamentos com as diferentes lâminas de irrigação só foram aplicados quando 70% das plantas apresentaram suas primeiras flores.

O manejo da irrigação foi realizado em fases distintas para atender aos objetivos experimentais. No período 1º ao 8º dia após o transplântio (DAT), todos os tratamentos receberam irrigação diária uniforme (7,15 mm) com base na capacidade do campo, para garantir o estabelecimento inicial das mudas. Entre o 9º ao 16º DAT, a irrigação passou a ser baseada na evapotranspiração da cultura (ET_c), aplicando-se 100% da demanda hídrica diária. A partir do 17º DAT, o regime foi ajustado para quatro irrigações semanais, visando criar condições

controladas de déficit hídrico às plantas. A diferenciação das lâminas iniciou-se aos 24º DAT no primeiro ciclo e aos 21º DAT no segundo ciclo, sendo a lâmina aplicada calculada com base na soma acumulada da demanda hídrica de dois dias consecutivos para garantir precisão. Conforme registrado na Figura 2, o aporte hídrico total no primeiro ciclo foi constituído por 158,4 mm de precipitação e lâminas de irrigação de 102,6 mm, 120,2 mm, 138,2 mm e 156,7 mm, correspondentes a 40%, 60%, 80% e 100% da ETc, respectivamente. No segundo ciclo, registraram-se 184,5 mm de precipitação e lâminas de irrigação de 78,8 mm, 86,8 mm, 94,8 mm e 102,7 mm para os mesmos níveis de reposição da ETc.

A adubação foi realizada conforme a recomendação específica da Ubyfol para a cultura do melão, com aplicação de 617 kg ha⁻¹ de NPK 6-24-12 na fundação. Ao longo dos dois ciclos, as fertirrigações foram mantidas com a mesma frequência dos eventos de irrigação, utilizando N32 (200,62 L ha⁻¹), sulfato de magnésio (396,60 kg ha⁻¹), nitrato de cálcio (480,56 kg ha⁻¹) e cloreto de potássio (202,78 kg ha⁻¹). Além disso, realizou-se adubação foliar quinzenal a partir da floração até o final do ciclo da cultura, com aplicação de micronutrientes (cálcio, boro e zinco) e aminoácidos.

Após a conclusão de cada ciclo experimental, amostras de solos foram coletadas na camada de 0-20 cm em todas as parcelas. A condutividade elétrica (CE) do solo à 25 °C foi determinada, por meio de um condutivímetro de bancada, utilizando o método do extrato de saturação. Os valores de CE obtidos para os diferentes tratamentos são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5: Condutividade elétrica do solo (dS/m) da pasta de saturação obtida no final de cada ciclo experimental do melão.

Fator	Tratamentos	Primeiro ciclo	Segundo ciclo
Lâmina de irrigação (% ETc)	40	4,10	1,26
	60	2,00	1,19
	80	1,45	1,25
	100	3,06	1,50
Biochar (t ha ⁻¹)	0	3,34	1,08
	10	2,40	1,57
	20	2,21	1,25

A Tabela 5 demonstra um aumento significativo da salinidade do solo ao final do primeiro ciclo, atribuído principalmente à menor frequência de chuvas, o que exigiu maior frequência de irrigação e promoveu a acumulação de sais no perfil do solo. Em contraste, no final do segundo

ciclo, observou-se uma redução expressiva da salinidade, decorrente da maior regularidade e volume de chuva, o reduziram a dependência da irrigação e proporcionaram a lixiviação natural dos sais.

3.4 DADOS COLETADOS

3.4.1 Rendimento do melão

Para avaliar o rendimento da cultura, foram determinados: (1) número de frutos por planta (NFP), (2) peso médio de frutos (PMF), (3) produtividade total (PT) e comercial (PC).

3.4.1.1 Número de frutos e peso médio de frutos

O número de frutos por planta foi calculado mediante a contagem total dos frutos colhidos na área útil de cada parcela, dividido pelo número de plantas (quatro por parcela). O peso médio dos frutos (g) foi obtido dividindo-se o peso total dos frutos colhidos na área útil e o número total de frutos.

3.4.1.2 Produtividade total e comercial

A produtividade total foi obtida com base na massa total dos frutos de 4 plantas colhidos na área útil de cada parcela (área de 2,4 m²), extrapolada para hectare (t ha⁻¹). Para a produtividade comercial, também expressa em t ha⁻¹, considerou apenas os frutos que atenderam aos padrões de qualidade comercial, incluindo: (1) peso mínimo de 550 g por fruto (Silva *et al.*, 2014), (2) formato uniforme e (3) ausência de defeitos como queimaduras, danos por insetos ou rachaduras.

3.4.2 Eficiência do uso da água

Para avaliar a eficiência de conversão da água absorvida em produção de frutos, utilizaram-se dois indicadores propostos por Çebi *et al.* (2023). O primeiro denominou-se eficiência do uso da água (EUA_(P+I)), expresso t ha⁻¹ mm⁻¹, foi calculado pela relação entre a produtividade total (Pr, em t ha⁻¹) e a lâmina total de água disponível, compreendendo a soma da irrigação (I) e da precipitação (P) durante o ciclo da cultura, conforme a seguinte equação:

$$EUA_{(P+I)} = \frac{Pr}{P+I} \quad (1)$$

O segundo indicador, designado eficiência do uso da água de irrigação (EUA_(I)), também expresso em t ha⁻¹ mm⁻¹, considerou exclusivamente a lâmina de irrigação (I) como insumo hídrico, conforme a equação:

$$EUA_{(I)} = \frac{Pr}{I} \quad (2)$$

sendo **P_r** a produtividade total da cultura ($t\ ha^{-1}$), **P** a precipitação acumulada no ciclo (mm), considerando apenas eventos ≥ 2 mm e **I** a lâmina total de irrigação aplicada (mm). As lâminas de irrigação foram definidas com base na demanda hídrica do melão (ET_c) e ajustadas em 40%, 60%, 80% e 100% da ET_c.

3.4.3 Qualidade dos frutos de melão

Para a avaliação da qualidade dos frutos, dois frutos por parcela foram selecionados aleatoriamente entre das quatro plantas úteis, sendo determinados os seguintes parâmetros: diâmetros transversal e longitudinal (cm), índice de formato do fruto, firmeza da polpa, sólidos solúveis totais, pH, acidez titulável, carboidratos solúveis totais.

3.4.3.1 Diâmetro longitudinal e transversal, índice de formato de fruto.

Os diâmetros longitudinal e transversal dos frutos foram medidos com o auxílio de um paquímetro digital, permitindo o cálculo do índice de formato do fruto (IFF):

$$IFF = \frac{DL}{DT} \quad (3)$$

sendo DL o diâmetro longitudinal do fruto (cm) e DT o diâmetro transversal do fruto (cm).

3.4.3.2 Firmeza da polpa

Foi determinada em laboratório utilizando uma máquina de ensaio universal computadorizada de 100 kg (modelo ip-90COM). Um embolo foi utilizado para aplicar força perpendicularmente à superfície do fruto em 2 partes distintas. Os resultados foram expressos em Newton por milímetros quadrados (N/mm^2), representando a resistência máxima à penetração.

3.4.3.3 Sólidos solúveis totais

Para determinar os teores de sólidos solúveis em °Brix, foram extraídas amostras de sucos das polpas dos frutos. As medições foram realizadas em triplicata utilizando um refratômetro digital portátil de bancada.

3.4.3.4 pH e acidez titulável

Para a análise conjunta de pH e acidez titulável, cinco gramas da polpa do melão foram macerados e diluídos em 50 ml de água ultra pura. O pH foi determinado diretamente da solução resultante utilizando um pHmetro digital previamente calibrado. A acidez titulável foi quantificada por titulação com uma solução de NaOH 0,1 N, utilizando fenolftaleína a 1% como indicador (Instituto Adolfo Lutz, 2008).

A acidez titulável (AT) foi calculada conforme a Equação (4), expressa em porcentagem (%) de ácido cítrico:

$$AT(\%) = \frac{V + Fc + Fa}{Pa} \quad (4)$$

em que V é o volume de NaOH usado na titulação (mL), Fc é o fator de correção do NaOH 0,1 N, Fa é o fator do ácido predominante (0,64) e Pa é o peso da amostra.

3.4.3.5 Carboidratos solúveis totais

Os carboidratos solúveis totais foram determinados conforme o método de Dubois *et al.* (1956), com as seguintes modificações: amostras de 0,2 g de polpa de melão foram homogeneizadas em 1,5 mL de tampão fosfato de potássio 0,1 M (pH 7,0) e subsequentemente centrifugadas a 12.000 g por 15 min a 4°C. Alíquotas de 10 µL do sobrenadante foram transferidas para tubos de ensaio, adicionando-se 490 µL de água ultrapura, 500 µL de fenol 5% e 2.500 µL de ácido sulfúrico (P.A.). Após agitação em agitador de tubos e repouso por 15 min em banho de gelo, as absorbâncias foram lidas a 490 nm em espectrofotômetro (Libra S8, Biochrom, Cambridge, Inglaterra). A quantificação foi realizada por meio de uma curva padrão de glicose anidra, e os resultados expressos em gramas de carboidratos solúveis totais por 100 g de matéria fresca (g 100 g⁻¹ MF).

3.4.3.6 Vitamina C e compostos fenólicos

A extração e quantificação dos fenóis solúveis totais foram realizadas conforme método proposto por Freire *et al.* (2014), utilizando protocolos adaptados. Paralelamente, a vitamina C foi quantificada no mesmo extrato, seguindo o protocolo de Sánchez-Rangel *et al.* (2013). Amostras de 0,25 g de polpa de melão foram homogeneizadas em 1,5 mL de metanol puro. Depois disso, o extrato permaneceu em repouso por 24 horas no escuro a 8°C e, posteriormente, centrifugado a 12.000 x g a 4°C por 21 min. Foram misturados 150 µL do sobrenadante, 600 µL de água ultrapura e 250 µL de Folin Ciocalteu (0,25 N) no escuro. A mistura foi mantida em repouso por 10 minutos e em seguida foi realizada a leitura da vitamina C a 765 nm. A concentração de vitamina C foi calculada a partir da curva padrão de ácido ascórbico, e os resultados foram expressos em mg de ácido ascórbico por grama de massa fresca (mg AA 100 g⁻¹ MF). Após a leitura da vitamina C, adicionaram-se 500 µL de carbonato de sódio (1N) à mistura contendo a amostra e Folin Ciocalteu e mantidos no escuro em temperatura ambiente por 30 minutos. As leituras foram realizadas em espectrofotômetro (Biochrom, Libra S8, Cambridge, Reino Unido) a 765 nm. A concentração de fenóis solúveis totais foi determinada

por meio de uma curva padrão de ácido gálico, e os resultados foram expressos em mg de ácido gálico por 100 g de massa fresca (mg AG 100 g⁻¹ MF).

3.5 TRATAMENTOS DOS DADOS E ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram testados quanto à normalidade (Shapiro-Wilk) e homogeneidade das variâncias (Bartlett) a 5% de significância. Em seguida, foi realizada análise de variância (ANOVA) bidirecional (teste F, $\alpha = 5\%$) para verificar a existência de diferenças significativas entre os tratamentos. Para os fatores que apresentarem interação significativa ou efeito principal isolado ($p < 0,05$), procedeu-se à análise de regressão, ajustando-se modelos polinomiais. Paralelamente, na ausência de interação significativa, as médias foram comparadas usando o teste de tukey a 5 % de probabilidade. Todas as análises foram feitas no R (v4.3.2) e os gráficos no SigmaPlot (v15.0).

4 RESULTADOS

4.1 RENDIMENTO DO MELÃO

Para as variáveis NFP, PMF, PT e PC não foi observada uma interação significativa entre os fatores avaliados ($p > 0,05$) ao longo dos dois ciclos. Analisando os efeitos principais, o biochar não foi significativo ($p > 0,05$; APÊNDICE B), contrastando com as lâminas de irrigação que exibiram um efeito isolado e relevante ($p < 0,05$). Portanto, a interpretação dos resultados se focará no efeito principal dos níveis de irrigação.

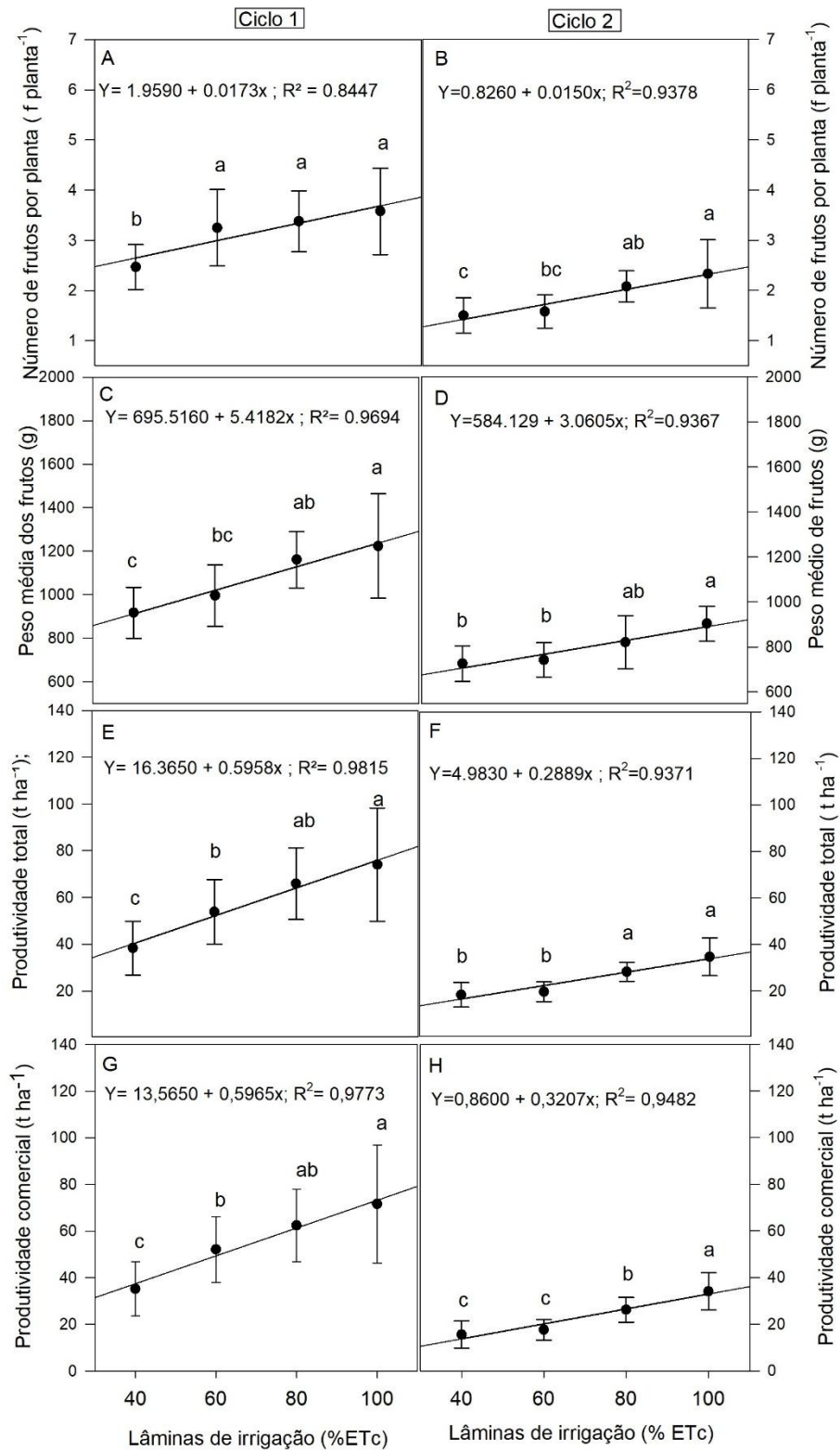


Figura 3: Número de frutos por planta, peso médio de frutos, produtividade total, produtividade comercial, em meloeiro submetido a diferentes disponibilidades hídricas (40, 60, 80 e 100% da ETC). As retas representam os valores estimados pela regressão, enquanto os pontos e barras correspondem às médias observadas $\pm$ desvio-padrão. Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

De forma geral, observou-se uma relação linear positiva entre os níveis de irrigação e todas as variáveis de produtividade do meloeiro em ambos os ciclos, conforme ilustrado na Figura 3 (A-H).

O número de frutos por planta (NFP) respondeu positivamente ao aumento dos níveis de irrigação em ambos os ciclos (Figura 3, A-B). Notavelmente, o nível de 40% da ETc consistentemente resultou no menor NFP. No primeiro ciclo, este valor foi estatisticamente inferior aos demais ($p < 0,05$). Entretanto, no segundo ciclo, o NFP a 40% da ETc não diferiu significativamente do observado a 60 % da ETc ($p > 0,05$). Além disso, não houve diferenças significativas entre os níveis de 80 % e 100 % da ETc, nem entre 60 % e 80 % da ETc, em nenhum dos ciclos. Em relação ao nível de 100 % da ETc, as reduções no número de frutos por planta variaram de 5,59 % a 31 % no primeiro ciclo e de 10,72 % a 35,62 % no segundo ciclo. Ao comparar os ciclos, verificou-se uma redução geral no número de frutos por planta no segundo ciclo, com variações percentuais de 34,91 % a 51,38 % para os diferentes níveis de irrigação.

O peso médio dos frutos (PMF) aumentou linearmente com a lâmina de irrigação em ambos os ciclos (Figura 3, C-D). No entanto, o teste de médias não revelou diferenças significativas ($p > 0,05$) entre os níveis de 80% e 100% da ETc, entre 60% e 80% da ETc, nem entre 40% e 60% da ETc, em ambos os ciclos. Em relação ao nível de 100 % da ETc, as reduções no PMF variaram de 5,09 % a 25,02 % no primeiro ciclo e de 9,15 % a 19,67 % no segundo ciclo. A comparação entre os ciclos revelou uma diminuição no PMF no segundo ciclo, com reduções variando de 20,87% a 29,30% para as respectivas lâminas de irrigação.

A produtividade total aumentou em função do incremento dos níveis de irrigação (Figura 3, E-F). Similarmente aos outros parâmetros, o teste de média não identificou diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$) entre os níveis de 80% e 100% da ETc nos dois ciclos. O nível de 40% da ETc registrou a menor produtividade no primeiro ciclo, mas no segundo ciclo, não houve diferença significativa entre este e o nível de 60% da ETc. Em comparação ao nível de 100 % da ETc, as reduções na produtividade total variaram de 11,02 % a 48,18 % no primeiro ciclo e de 18,52 % a 47,22 % no segundo ciclo. A produtividade total no segundo ciclo foi substancialmente menor, com reduções que variaram de 52,34% a 63,63% em comparação com o primeiro ciclo.

Um incremento na produtividade comercial foi observado com o aumento das lâminas de irrigação (Figura 3, G-H). O nível de 40% da ETc consistentemente resultou na menor

produtividade, sendo significativamente inferior ($p < 0,05$) aos demais no primeiro ciclo. No segundo ciclo, não houve diferença estatisticamente significativa entre 40% e 60% da ET_c . Embora os níveis de 80% e 100% da ET_c , assim como 60% e 80% da ET_c , não tenham apresentado diferenças no primeiro ciclo, no segundo ciclo o nível de 100% destacou-se dos demais níveis significativamente. Em comparação ao nível de 100 % da ET_c , as reduções na produtividade comercial variaram de 12,81 % a 50,80 % no primeiro ciclo e de 23,18 % a 54,40 % no segundo ciclo. A produtividade comercial também sofreu uma redução no segundo ciclo, com decréscimos entre 52,43% e 66,31% para as diferentes lâminas de irrigação.

4.2 EFICIÊNCIA DO USO DA ÁGUA

Durante os dois ciclos avaliados, as eficiências do uso da água, considerando precipitação mais irrigação ($EUA_{(P+I)}$) ou apenas a irrigação ($EUA_{(I)}$), não apresentaram diferenças significativas quanto à interação dos dois fatores estudados. Além disso, o biochar não exerceu efeito significativo (APÊNDICE A). Em contrapartida, as lâminas de irrigação apresentaram efeito isolado e relevante. Portanto, a interpretação dos resultados será direcionada principalmente ao efeito dos níveis de irrigação.

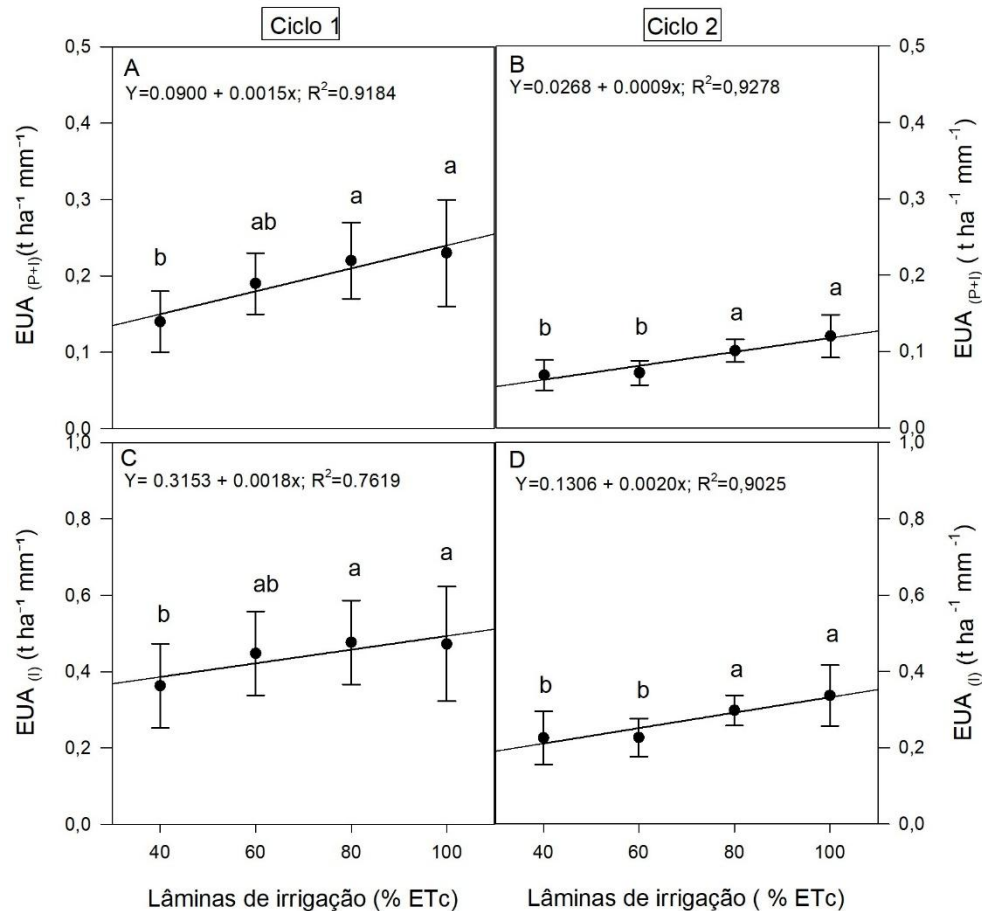


Figura 4: Eficiência do uso da água com ($EUA_{(P+I)}$) e sem ($EUA_{(I)}$) a contabilização da chuva em meloeiro submetido a diferentes disponibilidades hídricas (40, 60, 80 e 100% da ETc). As retas representam os valores estimados por equação de regressão. Os pontos e barras correspondem às médias observadas $\pm$ desvio-padrão. Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Letras diferentes indicam diferenças significativas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

A eficiência do uso da água, tanto com a contabilização da chuva ($EUA_{(P+I)}$) quanto apenas a irrigação ($EUA_{(I)}$), demonstrou um incremento geral com o aumento dos níveis de irrigação (40, 60, 80 e 100% da ETc), conforme ilustrado na Figura 4 (A-D).

Para a $EUA_{(P+I)}$ (Figura 4, A-B), observou-se que, no primeiro ciclo, não houve diferença significativa entre as lâminas de 40% e 60%, nem entre 60%, 80% e 100% da ETc. No segundo ciclo, a ausência de diferença significativa persistiu entre 40% e 60%, e também entre 80% e 100%. Em comparação ao nível de 100 % da ETc, as reduções na eficiência do uso da água com consideração da chuva variaram de 8,33 % a 37,5 % no primeiro ciclo e de 16,67 % a 41,67 % no segundo ciclo. A comparação entre os ciclos revelou uma redução na $EUA_{(P+I)}$ variando entre de 50 a 63,15%.

De forma semelhante, a $EUA_{(1)}$ (Figura 4, C-D) apresentou tendência crescente com o aumento das lâminas de irrigação. Ao comparar os dois ciclos, constatou-se uma queda na $EUA_{(1)}$, variando entre de 27,65 a 48,88 %.

4.3 QUALIDADE DOS FRUTOS DE MELÃO

As variáveis de qualidade dos frutos, incluindo diâmetro longitudinal (DL), diâmetro transversal (DT), índice de formato do fruto (IFF), firmeza da polpa (FP), sólidos solúveis totais (SST), pH, acidez titulável (AT), carboidratos solúveis totais (CST), vitamina C (VC) e compostos fenólicos (CF), não apresentaram interação significativa entre biochar e níveis de irrigação, tampouco efeito isolado do biochar ($p > 0,05$; APÊNDICE C). Em contrapartida, os níveis de irrigação exerceram efeito principal significativo ($p < 0,05$) sobre o DL, DT, SST e VC durante o primeiro ciclo. No segundo ciclo, entretanto, o efeito significativo dos níveis de irrigação restringiu-se ao DL e DT. Portanto, a interpretação dos resultados se concentrará no efeito principal dos níveis de irrigação sobre essas variáveis.

Tabela 6: Efeito dos diferentes níveis de irrigação sobre o diâmetro longitudinal (DL), diâmetro transversal (DT), índice de formato de fruto (IFF), firmeza da polpa (FP), sólidos solúveis totais (SST), acidez titulável (AT), pH e carboidratos solúveis totais (CST), Vitamina C (VC), compostos fenólicos (CF).

Variáveis	Unidade	Lâminas de irrigação (% ETc)				Equação	R²
		40	60	80	100		
-----Primeiro ciclo-----							
DL	cm	11,61 b	12,94 a	13,37 a	13,34 a	y= 7.1080 + 0.1471x - 0.0008x²	0.9953
DT	cm	10,97 b	12,54 a	12,73 a	12,65 a	y= 5.8545 + 0.1705x - 0.0010x²	0.9708
IFF	-	1,06	1,03	1,05	1,05	y= 1,1335 – 0,0027x - 0,00001x²	0,4842
FP	N/mm²	0,69	0,74	0,74	0,67	y= 0,4010 + 0,0102x – 0,000075x²	0,9947
SST	°Brix	11,99 a	9,63 ab	9,24 b	9,22 b	y= 13.0650 - 0.0435x	0,7166
AT	% AC	0,14	0,13	0,13	0,13	y= 0,1705 - 0,0010x + 0,00000625x²	0,9333
pH	-	7,29	7,35	7,44	7,02	y= 6,2070 + 0,0384x - 0,0003x²	0,8514
CST	g 100 g⁻¹MF	5,85	4,71	5,00	6,25	y= 11,5035 - 0,2017x + 0,0015x²	0,9929
VC	mg AA 100 g⁻¹ MF	24,57 b	27,92 ab	32,76 ab	38,89 a	y= 14,3060 + 0,2391x	0,9832
CF	mg AG 100 g⁻¹ MF	91,05	96,06	90,09	94,46	y= 89,7045 + 0,0763x - 0,0004x²	0,0419
-----Segundo ciclo-----							
DL	cm	10,77 b	10,87 ab	11,39 ab	11,90 a	y= 9,877 + 0,0194x	0,9333
DT	cm	10,71 b	10,85 b	11,42 ab	11,93 a	y= 9,753 + 0,0211x	0,9540
IFF	-	1,01	1,00	1,00	1,00	y=1,0405 - 0,0010x + 0,000006x²	0,9333
FP	N/mm²	0,48	0,52	0,48	0,47	y= 0,3745 + 0,0040 – 0,000031x²	0,5898
SST	°Brix	10,97	11,48	10,85	11,22	y= 10,7405 + 0,0117 x -0,00008x²	0,0183
AT	% AC	0,17	0,15	0,15	0,15	y= 0,2310 - 0,0021x + 0,00001x²	0,9333
pH	-	7,28	7,18	7,28	7,31	y=7,594 -0,0114 x + 0,00008x²	0,6119
CST	g 100 g⁻¹ MF	9,64	10,60	10,58	10,17	y= 5,9305 + 0,1277 x - 0,0009x²	0,9715
VC	mg AA 100 g⁻¹ MF	15,94	16,08	16,89	16,38	y= 13,7395 + 0,0693 x - 0,0004 x²	0,6313
CF	mg AG 100 g⁻¹ MF	63,48	66,86	55,22	56,93	y= 66,9815 - 0,0103 x - 0,0010 x²	0,5523

As médias seguidas pela mesma letra na mesma linha não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$). Linhas sem letras indicam ausência de diferença significativa para a variável em questão.

No primeiro ciclo, os DL e DT dos frutos aumentaram até o nível de 80% da ET_c, apresentando leve redução a partir desse ponto. No segundo ciclo, observou-se uma relação linear positiva entre os diâmetros e as lâminas de irrigação, indicando que maiores lâminas resultaram em maiores dimensões dos frutos. No teste de médias, verificou-se que não houve diferença significativa entre o DL e DT para as lâminas de 80% e 100% da ET_c, bem como entre 60 % e 80 % da ET_c em ambos os ciclos de cultivo. Na comparação entre os ciclos, os diâmetros longitudinal e transversal reduziram em 7,23 e 2,3%, respectivamente, para a lâmina de 40% da ET_c; 16 e 13,48% para 60% da ET_c; 14,81 e 10,29% para 80% da ET_c; e 10,79 e 5,69% para 100% da ET_c.

No primeiro ciclo, os sólidos solúveis totais (SST) diminuíram com o aumento das lâminas de irrigação. Enquanto que no segundo ciclo, as lâminas não exerceram efeito significativo sobre essa variável. Pelo teste de médias, verificou-se ausência de diferença significativa entre os níveis de 40 e 60% da ET_c, bem como entre os níveis de 60, 80 e 100% da ET_c no primeiro ciclo. Ao comparar o primeiro com o segundo ciclo, observou-se um aumento no SST de 16,11, 14,84 e 17,83% para as lâminas de 60, 80 e 100% da ET_c, respectivamente.

No primeiro ciclo, o teor de vitamina C dos frutos aumentou em respostas às lâminas de irrigação. No segundo ciclo, contudo, não foi observado efeito significativo desse fator sobre a variável. Paralelamente, o teste de médias mostrou que não houve diferença significativa entre os níveis de irrigação de 60, 80 e 100% da ET_c. Entretanto, ao comparar os ciclos, verificou-se redução no teor de vitamina C de 35,12, 42,41, 48,44 e 57,88% para as respectivas lâminas de 40, 60, 80 e 100% da ET_c.

5 DISCUSSÃO

Em nosso estudo, não foi observada interação entre biochar e irrigação deficitária em nenhuma das variáveis avaliadas, contrariando a hipótese inicial de que o biochar atuaria como agente mitigador dos efeitos negativos da restrição hídrica. Da mesma forma, o biochar, de forma isolada, não apresentou efeito significativo sobre as variáveis analisadas. Esses resultados divergem de Bagheri et al. (2019), que relataram efeito significativo da interação entre irrigação deficitária e biochar sobre o peso médio dos frutos, a produtividade total e a eficiência do uso da água do meloeiro.

Nesse estudo, os diferentes níveis de irrigação afetaram significativamente todos os parâmetros relacionados à produtividade, assim como alguns critérios de qualidade dos frutos,

incluindo DL, DT, SST e VC. Portanto, esta discussão será direcionada aos efeitos principais dos níveis de irrigação sobre as variáveis que apresentaram efeito significativo, abordando, de maneira complementar, as demais variáveis de qualidade dos frutos que não apresentaram diferença significativa.

5.1 RENDIMENTO DO MELÃO

A água é um fator limitante para a agricultura devido ao seu papel central na fisiologia vegetal. Ela é essencial para a fotossíntese, um processo-chave em que o dióxido de carbono é fixado e convertido em energia química. Além disso, a água é fundamental para o transporte de nutrientes das raízes para as folhas pelo xilema e para a manutenção da turgidez celular, necessária para a divisão e alongamento celular, garantindo a estabilidade estrutural dos tecidos (Taiz *et al.*, 2017). Dessa forma, processos vitais como crescimento vegetativo, diferenciação dos órgãos reprodutivos, floração e frutificação dependem diretamente da disponibilidade de água, condicionando consequentemente a produtividade agrícola (Taiz *et al.*, 2017).

Os resultados deste estudo confirmam que a irrigação deficitária reduz o rendimento produtivo do melão, afetando negativamente tanto o número de frutos por plantas quanto o peso médio dos frutos. Essa tendência foi consistente em ambos os ciclos, corroborando com as conclusões de Barzegar *et al.* (2018) e Sharma *et al.* (2014).

Em condições de déficit hídrico, a planta produz uma maior quantidade de ácido abscísico, hormônio essencial por desencadear uma série de reações bioquímicas que resultam no fechamento dos estômatos (Taiz *et al.*, 2017; Buchanan; Gruissem; Jones, 2015; Chaves; Flexas; Pinheiro, 2008). Esse fechamento limita a perda de água pela transpiração, mas também reduz a taxa fotossintética. Isso compromete o acúmulo de matéria seca, impactando negativamente na formação e no crescimento dos frutos (Taiz *et al.*, 2017; Chaves; Flexas; Pinheiro, 2008). Constatamos também uma redução linear nas produtividades total e comercial dos frutos com uma redução dos níveis de irrigação. Essa diminuição esteve fortemente relacionada à redução do número de frutos por planta e do peso dos frutos (Barzegar *et al.*, 2018; Azevedo *et al.*, 2016; Sharma *et al.*, 2014). No entanto, os resultados obtidos para as lâminas de irrigação de 80 e 100% não apresentaram diferenças estatisticamente significativas para nenhuma das variáveis de produtividade analisadas.

Uma redução geral em todos os parâmetros de rendimento produtivo foi observada do primeiro para o segundo ciclo. No término do primeiro ciclo, a condutividade elétrica (CE) do solo atingiu valores iguais ou superiores a 2 mS/cm nos tratamentos com lâminas

correspondentes a 40, 60 e 100% da evapotranspiração da cultura (ET_c). Esses valores indicam que o segundo ciclo já se iniciou sob condições de salinidade elevada, o que impactou negativamente o desempenho das plantas. Níveis elevados de salinidade reduzem o potencial osmótico da solução do solo, dificultando a absorção de água pelas raízes (Ribeiro *et al.*, 2024; Taiz *et al.*, 2017), o que desencadeia respostas fisiológicas como a produção de ácido abscísico (ABA), fitohormônio que promove o fechamento dos estômatos com o objetivo de reduzir a perda de água por transpiração (Lamers *et al.*, 2025; Arif *et al.*, 2020). No entanto, esse fechamento estomático também limita a entrada de dióxido de carbono (CO₂), comprometendo a taxa fotossintética (Stadnik; Tobiasz-Salach; Mazurek, 2023; Arif *et al.*, 2020). O comprometimento na produção de fotoassimilados, impacta negativamente o acúmulo de matéria seca, restringe o crescimento vegetativo e, por fim, diminui a produtividade das culturas (Arif *et al.*, 2020; Ribeiro *et al.*, 2024).

De acordo com Tedeschi *et al.* (2011), os limiares de salinidade sem redução na produtividade total e comercial foram de 1,73 dS/m e 1,54 dS/m, respectivamente. Acima desses limites, observou-se um decréscimo linear de 14% na produtividade total e 15% na produtividade comercial para cada incremento de 1 dS m⁻¹ na condutividade elétrica do solo.

5.2 EFICIÊNCIA DO USO DA ÁGUA

A eficiência do uso da água, definida como a quantidade de biomassa ou rendimento produzidos por unidade de água consumida (Hatfield; Dold, 2019), é um indicador essencial no manejo agrônômico, pois quantifica a capacidade da cultura de converter a água em produção efetiva.

Os resultados deste estudo, que mostraram maior eficiência do uso da água sob lâminas de irrigação mais elevadas, contrastam os achados de Azevedo *et al.* (2016) e Barzegar *et al.* (2018), mas se alinham com os de Özbek *et al.* (2023) para melões não enxertados. Entretanto, em relação especificamente à eficiência do uso da água da irrigação (EUA_(I)), os resultados divergem, pois, enquanto o presente trabalho registrou uma redução linear com a diminuição da lâmina, Özbek *et al.* (2023) observaram os maiores valores nos níveis de irrigação mais baixos.

A redução da EUA observada no segundo ciclo de cultivo pode estar relacionada ao aumento da salinidade do solo. Conforme Dias *et al.* (2010), a salinização intensifica as forças de retenção de água no solo devido ao efeito osmótico, o que dificulta a absorção de água pelas

raízes e, consequentemente, reduzindo a eficiência com que as plantas utilizam o recurso hídrico disponível.

5.3 QUALIDADE DE FRUTOS

Os diâmetros longitudinal e transversal, parâmetros-chave de qualidade por definirem o formato do fruto, um dos principais critérios na seleção de frutos comerciais, apresentam comportamentos distintos entre os ciclos. No primeiro ciclo, ambos os diâmetros aumentaram com a elevação dos níveis de irrigação, atingindo valores máximos em 80% da ETc, seguidos de uma ligeira redução. Já no segundo ciclo, observou-se um incremento linear dos diâmetros com o aumento da lâmina de irrigação, embora sem diferenças significativas entre os níveis de 80% e 100% da ETc em ambos os ciclos.

Fisiologicamente, o crescimento do meloeiro é sensível a ambos os extremos hídricos. O déficit hídrico reduz a absorção de água e nutrientes pelas raízes, inibindo a fotossíntese o transporte de fotoassimilados para os frutos (órgãos drenos) (Taiz *et al.*, 2017), o que restringe diretamente seu desenvolvimento. Por outro lado, o excesso de água pode induzir a hipóxia radicular, prejudicando a respiração das raízes e, consequentemente a absorção de água e nutrientes, a pressão de turgor, fotossíntese, o que resulta em redução do crescimento dos frutos (Zhang *et al.*, 2025; Topali; Antonopoulou; Chatzissavvidis, 2024; Horchani *et al.*, 2009). Os resultados obtidos sugerem que a lâmina de irrigação de 80% da ETc pode ser ideal para maximizar os diâmetros do fruto. A redução dos diâmetros longitudinal e transversal no segundo ciclo, por sua vez, é consistentemente atribuída ao aumento da salinidade do solo, um fator que, assim como o déficit hídrico, dificulta o acúmulo de matéria seca e o crescimento de frutos (Ribeiro *et al.*, 2024; Silva *et al.*, 2022)

O teor de sólidos solúveis totais (SST) é amplamente reconhecido como um parâmetro essencial para avaliar a qualidade do melão cantaloupe, por refletir diretamente a doçura e o sabor do fruto. De acordo com (Mallek-Ayadi *et al.*, 2022), o valor mínimo exigido para a comercialização é de 8 °Brix. Neste estudo, todos os tratamentos apresentaram SST entre 9,22 a 11,99 °Brix, atendendo, portanto, ao padrão do mercado.

No primeiro ciclo, o aumento do SST com a redução da lâmina de irrigação corrobora com os resultados de Barzegar *et al.* (2018). Essa tendência é explicada pela capacidade da planta, em condições de estresse hídrico, de acumular mais solutos no fruto para preservar o equilíbrio osmótico no nível celular (Wu *et al.*, 2025). A ausência desse efeito no segundo ciclo, no entanto, provavelmente resultou do impacto generalizado da salinidade do solo, que pode

ter mascarado a resposta isolado à irrigação. Ademais, o incremento dos teores de sólidos solúveis nos níveis de 60 %, 80 % e 100 % no segundo ciclo, em comparação ao primeiro ciclo, também pode ser explicado pelo aumento da salinidade do solo. Tal como o déficit hídrico, o estresse salino induz a acumulação de compostos solúveis nos frutos, como relatado por Chaves et al. (2008).

A vitamina C (ácido ascórbico) é um antioxidante fundamental, atuando na eliminação de radicais livres e na prevenção de doenças associadas ao estresse oxidativo (Mallek-Ayadi *et al.*, 2022), o que a consolida como um importante indicador de qualidade nutricional. Em melões do tipo Cantalupo e Honeydew, os teores reportados na literatura variam normalmente entre 10 a 29 mg/100g de massa fresca (Fenech *et al.*, 2019). Contudo, neste estudo os valores observados para as lâminas de 80 % e 100 % da ETc no primeiro ciclo (32,76 e 38,89 mg AA 100 g⁻¹ MF, respectivamente) situaram-se acima desse intervalo de referência.

O aumento do teor de vitamina C com o incremento dos níveis de irrigação observado no primeiro ciclo corrobora os resultados de Barzegar et al. (2018), embora os valores absolutos obtidos neste estudo tenham sido consideravelmente superiores. No segundo ciclo, não foi detectado efeito significativo dos níveis de irrigação sobre a vitamina C, provavelmente devido ao impacto generalizado da salinidade do solo que mascara respostas específicas ao manejo hídrico. Ademais, a redução geral nos teores da vitamina C no segundo ciclo, em comparação ao primeiro ciclo, está possivelmente relacionado ao mesmo fator, corrobora com Oliveira et al. (2023) os quais também relataram uma diminuição no teor de vitamina C em condições de salinidade elevada.

O índice de formato do fruto (IFF) é um parâmetro determinante para a aceitabilidade comercial do melão cantaloupe, uma vez que o mercado tem preferência por frutos arredondados para facilitar a embalagem (Pereira *et al.*, 2017). Neste estudo, os valores de IFF variaram entre 1,00 e 1,06, enquadrando-se no padrão de 0,90 a 1,10 estabelecido para frutos arredondados definido por Araújo et al. (2024) atendendo, portanto, aos critérios de qualidade do mercado.

A firmeza da polpa é um parâmetro fundamental para avaliar a resistência do fruto ao transporte e sua vida após a colheita (Mallek-Ayadi et al., 2022; Costa, 2017). No presente estudo, a firmeza da polpa variou entre 0,67 e 0,74 N/m² no primeiro ciclo e de 0,47 a 0,52 N/m² no segundo ciclo. De acordo com Santos et al., (2015), o valor mínimo recomendado para a comercialização na colheita é de 30 N, equivalente a aproximadamente 0,60 N/mm² quando

medido com um êmbolo de 8 mm de diâmetro. Assim, os frutos do primeiro ciclo apresentaram firmeza dentro ou ligeiramente acima do padrão de referência, enquanto os do segundo ciclo ficaram abaixo do exigido.

Os valores de pH observados neste estudo (7,02 e 7,44) situaram-se acima da faixa de 5,61 e 7,09 tipicamente reportada na literatura para a cultura do melão (Mallek-Ayadi et al., 2022)..

Com base na literatura, o teor de acidez titulável do melão tipo Cantalupo pode variar entre 0,08 e 0,12 % de ácido cítrico (Manchali *et al.*, 2021) , o que indica que o fruto apresenta baixa acidez, característica responsável pelo seu sabor suave e doce. No entanto, neste estudo, foram observados valores acima desse intervalo, variando entre 0,13 e 0,17 % de ácido cítrico.

Os teores carboidratos solúveis totais variaram de 4,71 a 10,60 g 100 g⁻¹ MF ao longo dos dois ciclos, com valores consistentemente superiores no segundo ciclo. Esse incremento pode ser atribuído à salinidade do solo observado nesse período. Em condições de estresse salino, as plantas tendem a acumular solutos orgânicos, como os carboidratos solúveis, para reduzir o seu potencial hídrico interno abaixo do potencial do solo, um mecanismo fundamental de ajuste osmótico em diversas espécies vegetais sob condições adversas (Lacerda *et al.*, 2012).

Os teores de compostos fenólicos variaram entre 55,22 a 96,06 mg 100 g⁻¹ MF ao longo dos dois ciclos, registrando uma tendência decrescente no segundo. Todos os valores obtidos neste estudo situaram-se abaixo do teor de 168 mg 100 g⁻¹ MF reportado por Ismail et al., (2010).

6 CONCLUSÃO

A aplicação do biochar não mitigou os efeitos adversos do déficit hídrico e da salinidade na produtividade, eficiência do uso da água (EUA_(P+I) e EUA_(I)) e na qualidade dos frutos do melão.

A lâmina de irrigação de 100 % da ET_c demonstrou ser a mais eficaz, mantendo consistentemente maior número e peso médio de frutos, produtividade total e comercial, além de maior eficiência do uso da água em ambos os ciclos. Embora, no primeiro ciclo, os diâmetros longitudinal e transversal dos frutos tenham alcançado valores máximos com 80 % da ET_c, não diferiram significativamente em relação dos níveis de 60 % e 100 % da ET_c. No segundo ciclo, contudo, os maiores valores foram obtidos com 100 % da ET_c. Além disso, no primeiro ciclo, o nível de 100 % da ET_c apresentou o maior teor de vitamina C.

Portanto, a irrigação a 100 % da ETc é recomendada como estratégia eficiente, podendo garantir de forma consistente maior rendimento e eficiência do uso. Contudo, em condições de escassez extrema de água, o nível de 80 % da ETc pode ser adotado com cautela.

A salinidade demonstrou ser um fator crítico, causando reduções significativas em todos os parâmetros de rendimento produtivo, eficiência do uso da água e de qualidade dos frutos (diâmetros longitudinal e transversal, vitamina C). Portanto, recomenda-se evitar ciclos consecutivos de melão e utilização de água com salinidade elevada para prevenir perdas significativas de produtividade.

Por fim, sugere-se que estudos futuros explorem o uso do biochar na cultura do melão sob diferentes condições, i.e, tipos de solos, doses ou períodos de aplicação, para melhor elucidar seus potenciais efeitos.

REFERÊNCIAS

ALHARBI, Saif *et al.* Agricultural and Technology-Based Strategies to Improve Water-Use Efficiency in Arid and Semiarid Areas. **Water (Switzerland)**, v. 16, n. 13, 2024.

ALI, Abubaker B. *et al.* Biochar addition for enhanced cucumber fruit quality under deficit irrigation. **Bioscience Journal**, v. 36, n. 6, p. 1930–1937, 2020.

ALLEN, Richard G. *et al.* Crop Evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56. Rome, p. 300, 1998. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/235704197>.

ARAÚJO, Beatriz de A. *et al.* Development and quality of melon fruits grown under salt stress. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 28, n. 3, p. e277374, 2024.

ARIF, Yamshi *et al.* Salinity induced physiological and biochemical changes in plants: An omic approach towards salt stress tolerance. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 156, p. 64–77, 2020.

AZEVEDO, Benito Moreira de *et al.* Irrigation depths and yield response factor in the productive phase of yellow melon. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 38, n. 4, 2016.

AZIM, Rizwan *et al.* Exploring the Potential of Straw and Biochar Application on Soil Quality Indicators and Crop Yield in Semi-arid Regions. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, v. 24, n. 2, p. 1907–1923, 2024.

BAGHERI, S *et al.* Effect of palm leaf biochar on melon plants (*Cucumis melo* L.) under drought stress conditions. **Adv. Hort. Sci**, v. 33, n. 4, p. 593–603, 2019.

BAGHERI, Sajad *et al.* Effects of palm leaf biochar on the availability of soil nutrients, leaf nutrient concentration, and physiological characteristics of melon plants (*Cucumis melo* L.) under drought stress. **Acta Agrobotanica**, v. 73, n. 1, 2020.

BARZEGAR, Taher *et al.* Yield, fruit quality and physiological responses of melon cv. Khatooni under deficit irrigation. **Advances in Horticultural Science**, v. 32, n. 4, p. 451–458, 2018.

BLANCO-CANQUI, Humberto. Biochar and Soil Physical Properties. **Soil Science Society of America Journal**, v. 81, n. 4, p. 687–711, 2017.

BUCHANAN, Bob B.; GRUISSEM, Wilhelm; JONES, Russell L. **Biochemistry & Molecular Biology of plants** . 2. ed. [S. l.]: Wiley Blackell, 2015.

CAKMAKCI, Talip; SAHIN, Ustun. Yield, Physiological Responses and Irrigation Water Productivity of Capia Pepper (*Capsicum annuum* L.) at Deficit Irrigation and Different Biochar Levels. **Gesunde Pflanzen**, v. 75, n. 2, p. 317–327, 2023.

ÇEBİ, U. *et al.* Yield and water productivity of rice grown under different irrigation methods. **Journal of Agricultural Science**, v. 161, n. 3, p. 387–397, 2023.

CHAN, K. Y. *et al.* Agronomic values of greenwaste biochar as a soil amendment. **Australian Journal of Soil Research**, v. 45, n. 8, p. 629–634, 2007.

CHAND, Jeet B. *et al.* Plant biomass and fruit quality response of greenhouse tomato under varying irrigation level and water quality. **Australian Journal of Crop Science**, v. 15, n. 5, p. 716–724, 2021.

CHAVES, Maria Manuela; FLEXAS, Jaume; PINHEIRO, Carla. Photosynthesis under drought and salt stress: regulation mechanisms from whole plant to cell. **Annals of Botany**, v. 103, p. 551–560, 2008.

CHEN, Yang *et al.* Effects of biochar addition and deficit irrigation with brackish water on yield-scaled N₂O emissions under drip irrigation with mulching. **Agricultural Water Management**, v. 277, 2023.

COSTA, Nivaldo Duarte. **A cultura do melão**. 3. ed. Brasília: Embrapa, 2017. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/165362/1/PLANTAR-Melao-ed-03-2017.pdf>. Acesso em: 4 ago. 2024.

CRISÓSTOMO, Lindbergue Araújo *et al.* **Adubação, Irrigação, Híbridos e Práticas Culturais para o Meloeiro no Nordeste**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2002.

CRISÓSTOMO, João Ribeiro; ARAGÃO, Fernando Antonio Souza de. Melhoramento genético do meloeiro. In: VIDAL NETO, Francisco das Chagas; CAVALCANTI, Jose Jaime Vasconcelos (org.). **Melhoramento genético de plantas no Nordeste**. 1. ed. Brasília,DF: Embrapa, 2013. p. 209–243.

DIAS, Nildo da S *et al.* Efeitos dos sais na planta e tolerância das culturas à salinidade. In: GHEYI, Hans R. *et al.* (org.). **Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados**. 2. ed. Fortaleza: INCTSal, 2010. p. 151–162.

FALOYE, O. T. *et al.* Effects of biochar and inorganic fertiliser applications on growth, yield and water use efficiency of maize under deficit irrigation. **Agricultural Water Management**, v. 217, p. 165–178, 2019.

FAO. **FAOSTAT**. 2023. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize>. Acesso em: 6 mar. 2025.

FENECH, Mario *et al.* Vitamin C content in fruits: Biosynthesis and regulation. **Frontiers in Plant Science**, v. 9, 2019.

FERNÁNDEZ-CIRELLI, Alicia *et al.* Environmental effects of irrigation in arid and semi-arid regions. **Chilean Journal of Agricultural Research**, v. 69, n. SUPPL. 1, p. 27–40, 2009.

GAVILI, Edris; MOOSAVI, Ali Akbar; KAMGAR HAGHIGHI, Ali Akbar. Does biochar mitigate the adverse effects of drought on the agronomic traits and yield components of soybean?. **Industrial Crops and Products**, v. 128, p. 445–454, 2019.

HATFIELD, Jerry L.; DOLD, Christian. **Water-use efficiency: Advances and challenges in a changing climate**. [S. l.]: Frontiers Media S.A., 2019.

HORCHANI, F. *et al.* Contrasted effects of prolonged root hypoxia on Tomato root and fruit (*Solanum lycopersicum*) metabolism. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v. 195, n. 4, p. 313–318, 2009.

IBGE – Instituto Brasileiro De Geografia Estatística. **SIDRA**. 2023. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/1612>. Acesso em: 6 mar. 2025.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos** . 4. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.

IŞIK, Mehmet; ORTAŞ, İbrahim. Effect of Biochar and Mycorrhiza Inoculation on Maize Growth, Photosynthesis Activity, and Water Use Efficiency Under Deficient Irrigation Conditions. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, 2024.

ISMAIL, Hajar Iqbal *et al.* Phenolic content and antioxidant activity of cantaloupe (cucumis melo) methanolic extracts. **Food Chemistry**, v. 119, n. 2, p. 643–647, 2010.

JIANG, Jing *et al.* Effect of different biochar application rates on soil organic carbon in the semi-arid Loess Plateau, China. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 52, n. 5, p. 423–431, 2021.

KUSCU, Hayrettin; TURHAN, Ahmet. Yield, Net Return and Fruit Quality Response of Melon to Deficit Irrigation. **Gesunde Pflanzen**, v. 74, n. 3, p. 647–659, 2022.

LACERDA, Francisco Hélio Dantas *et al.* Aplicação exógena de prolina na redução do estresse salino em meloeiro Exogenous application of proline in the reduction of salt stress in melon. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 7, n. 3, p. 218–227, 2012.

LAMERS, Jasper *et al.* Absciscic acid signaling gates salt-induced responses of plant roots. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 122, n. 6, 2025.

LANDAU, Elena Charlotte *et al.* Evolução da Produção de Melão (*Cucumis melo*, Cucurbitaceae). In: LANDAU, Elena Charlotte *et al.* (org.). **Dinâmica da produção agropecuária e da paisagem natural no Brasil nas últimas décadas**. Brasília, DF: Embrapa, 2020. v. 2, p. 1095–1125.

LESTER, Gene. Melon (*Cucumis melo* L.) Fruit nutritional quality and health functionality. **Horttechnology**, v. 7, n. 3, p. 222–227, 1997.

LI, Xufeng; ZHENG, Lijian; MA, Juanjuan. Biochar Improves Greenhouse Tomato Yield: Source–Sink Relations under Deficit Irrigation. **Agronomy**, v. 13, n. 9, 2023.

LIMA, José Romualdo de Sousa *et al.* Biochar enhances Acrisol attributes and yield of bean in Brazilian tropical dry region. **Acta Agriculturae Scandinavica Section B: Soil and Plant Science**, v. 71, n. 8, p. 674–682, 2021.

MALLEK-AYADI, Sana *et al.* Bioactive compounds from *Cucumis melo* L. fruits as potential nutraceutical food ingredients and juice processing using membrane technology. **Food Science and Nutrition**, v. 10, n. 9, p. 2922–2934, 2022.

MANCHALI, Shivapriya *et al.* Nutritional composition and health benefits of various botanical types of melon (*Cucumis melo* L.). **Plants**, v. 10, n. 9, 2021.

MELO, Rogério Oliveira *et al.* Susceptibilidade à compactação e correlação entre as propriedades físicas de um neossolo sob vegetação de caatinga. **Revista Caatinga**, v. 21, n. 5, p. 12–17, 2008.

MORANTE-CARBALLO, Fernando *et al.* What Do We Know about Water Scarcity in Semi-Arid Zones? A Global Analysis and Research Trends. **Water (Switzerland)**, v. 14, n. 17, 2022.

MUKHERJEE, Atanu; ZIMMERMAN, Andrew R. Organic carbon and nutrient release from a range of laboratory-produced biochars and biochar-soil mixtures. **Geoderma**, v. 193–194, p. 122–130, 2013.

OBADI, Abdullah *et al.* Enhancement in Tomato Yield and Quality Using Biochar Amendments in Greenhouse under Salinity and Drought Stress. **Plants**, v. 13, n. 12, 2024.

OLIVEIRA, Frederico Inacio Costa de *et al.* A cultura do melão. In: FIGUEIRÊDO, Maria Cléa Brito de; GONDIM, Rubens Sonsol; ARAGÃO, Fernando Antonio Souza de (org.). **Produção de melão e mudanças climáticas: sistemas conservacionistas de cultivo para redução das pegadas de carbono e hídrica**. Brasília: Embrapa, 2017. p. 17–32.

OLIVEIRA, Renata Ramayane Torquato *et al.* Salt stress and K/Ca ratios of the nutrient solution in the production and quality of the melon. **Revista Ciencia Agronomica**, v. 54, 2023.

OLIVEIRA NETO, Pedro Mouzinho De *et al.* Dynamics of herbaceous vegetation in caatinga manipulated with grazing exclusion under phosphate fertilization. **Revista Caatinga**, v. 31, n. 4, p. 1027–1039, 2018.

OLMO, Manuel *et al.* Wheat growth and yield responses to biochar addition under Mediterranean climate conditions. **Biology and Fertility of Soils**, v. 50, n. 8, p. 1177–1187, 2014.

OMONDI, Morris Oduor *et al.* Quantification of biochar effects on soil hydrological properties using meta-analysis of literature data. **Geoderma**, v. 274, p. 28–34, 2016.

OUMA, Godfrey *et al.* Assessing the effect of deficit drip irrigation regimes on crop performance of eggplant. **Scientia Horticulturae**, v. 325, 2024.

ÖZBEK, Ömer; KAMAN, Harun. Impact of grafting and deficit irrigation on yield of melon (*Cucumis melo* L.). **Bangladesh Journal of Botany**, v. 52, n. 4, p. 925–932, 2023.

PEDROSA, Josué Fernandes; DE FARIA, Clementino Marcos Batista. **CULTURA DO MELÃO**. Petrolina: EMBRAPA, 1995.

PEREIRA, Auderlan M. *et al.* Características de frutos de melão em função da cobertura temporária com agrotêxtil e do número de frutos. **Horticultura Brasileira**, v. 35, n. 4, p. 591–598, 2017.

RIBEIRO, R. M.R. *et al.* The impact of saline and water stress on the agronomic performance of beet crops. **Brazilian Journal of Biology**, v. 84, 2024.

RICHARDS, L. A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington, D.C: U.S. Dept. of Agriculture, 1954. v. 60

ROBERTSON, Andrew W *et al.* Climate risk management for water in semi-arid regions. **Earth Perspectives**, v. 1, n. 1, p. 12, 2014.

SABATO, Diego *et al.* Molecular and morphological characterisation of the oldest *Cucumis melo* L. seeds found in the Western Mediterranean Basin. **Archaeological and Anthropological Sciences**, v. 11, n. 3, p. 789–810, 2019.

SANTANA, S. H.; TORRES, S. B.; BENEDITO, C. P. Biometria de frutos e sementes e germinação de melão-de-são-caetano. **Rev. Bras. Pl. Med**, n. 2, p. 169–175, 2013.

SANTOS, Francisco Gauberto Barros dos *et al.* Produção e qualidade de melão Cantaloupe em cultivo protegido temporariamente com agrotêxtil em Mossoró, Rio Grande do Norte. **Revista Ceres**, v. 62, n. 1, p. 93–100, 2015.

SHARMA, Sat Pal *et al.* Root growth, yield, and fruit quality responses of reticulatus and inodorus melons (*Cucumis melo* L.) to deficit subsurface drip irrigation. **Agricultural Water Management**, v. 136, p. 75–85, 2014.

SILVA, Matheus de C *et al.* Características produtivas e qualitativas de melão rendilhado adubado com nitrogênio e potássio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 6, p. 581–587, 2014.

SILVA, Henoque R. *et al.* **Cultivo do Meloeiro para o Norte de Minas Gerais**. Brasília: Embrapa Hortalias, 2000.

SILVA, Fernando Henrique Alves da *et al.* Physiological Aspects of Melon (*Cucumis melo* L.) as a Function of Salinity. **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 40, n. 3, p. 1298–1314, 2021.

SILVA, Saulo S. da *et al.* Production and post-harvest quality of mini-watermelon crop under irrigation management strategies and potassium fertilization. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 26, n. 1, p. 51–58, 2022.

SILVA, Thieres George Freire da *et al.* Soil water dynamics and evapotranspiration of forage cactus clones under rainfed conditions. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, n. 7, p. 515–525, 2015.

SINGH, Hardeep *et al.* Biochar applications influence soil physical and chemical properties, microbial diversity, and crop productivity: a meta-analysis. **Biochar**, v. 4, n. 1, 2022.

SINGH, M. *et al.* Root distribution, soil water depletion, and water productivity of sweet corn under deficit irrigation and biochar application. **Agricultural Water Management**, v. 279, 2023.

SINGH, Balwant; SINGH, Bhupinder Pal; COWIE, Annette L. Characterisation and evaluation of biochars for their application as a soil amendment. **Australian Journal of Soil Research**, v. 48, n. 6–7, p. 516–525, 2010.

SOUSA, Valdemício Ferreira de *et al.* EFICIÊNCIA DO USO DA ÁGUA PELO MELOEIRO SOB DIFERENTES FREQUÊNCIAS DE IRRIGAÇÃO. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 4, n. 2, p. 183–188, 2000.

STADNIK, Barbara; TOBIASZ-SALACH, Renata; MAZUREK, Marzena. Effect of Silicon on Oat Salinity Tolerance: Analysis of the Epigenetic and Physiological Response of Plants. **Agriculture (Switzerland)**, v. 13, n. 1, 2023.

SYUHADA, A. B. *et al.* Biochar as soil amendment: Impact on chemical properties and corn nutrient uptake in a Podzol. **Canadian Journal of Soil Science**, v. 96, n. 4, p. 400–412, 2016.

TAIZ, Lincoln *et al.* **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

TEDESCHI, A. *et al.* Melon crops (*Cucumis melo* L., cv. Tendral) grown in a mediterranean environment under saline-sodic conditions: Part I. Yield and quality. **Agricultural Water Management**, v. 98, n. 9, p. 1329–1338, 2011.

TOPALI, Christina; ANTONOPOULOU, Chrysovalantou; CHATZISSAVVDIS, Christos. Effect of Waterlogging on growth and productivity of fruit Crops. **Horticulturae**, v. 10, n. 6, p. 623, 2024.

USMAN, Muhammad *et al.* Impact of biochar on the yield and nutritional quality of tomatoes (*Solanum lycopersicum*) under drought stress. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 103, n. 7, p. 3479–3488, 2023.

WOOLF, Dominic *et al.* Sustainable biochar to mitigate global climate change. **Nature Communications**, v. 1, n. 5, 2010.

WU, Yang *et al.* Impact of Deficit Irrigation During Pre-Ripening Stages on Jujube (*Ziziphus jujube* Mill. 'Jing39') Fruit-Soluble Solids Content and Cracking. **Horticulturae**, v. 11, n. 5, p. 461, 2025.

XIAO, Qian *et al.* Soil amendment with biochar increases maize yields in a semi-arid region by improving soil quality and root growth. **Crop and Pasture Science**, v. 67, n. 5, p. 495–507, 2016.

YAKUBU, Adam *et al.* Rice straw biochar and irrigation effect on yield and water productivity of okra. **Agronomy Journal**, v. 112, n. 4, p. 3012–3023, 2020.

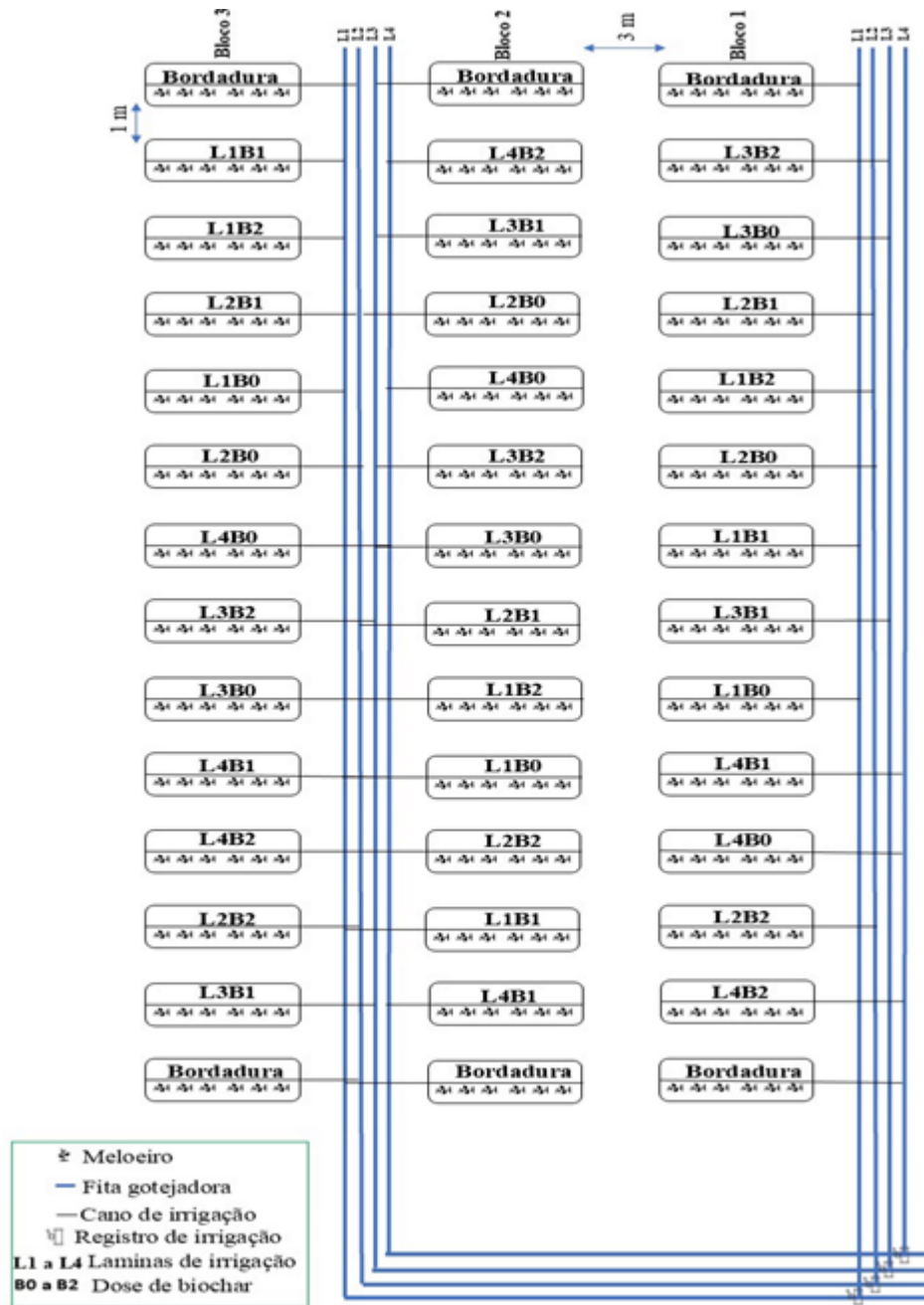
ZHANG, Yusen *et al.* A review of soil waterlogging impacts, mechanisms, and adaptive strategies. **Frontiers in Plant Science**, v. 16, 2025.

ZHANG, Xu *et al.* Biochar addition combined with daily fertigation improves overall soil quality and enhances water-fertilizer productivity of cucumber in alkaline soils of a semi-arid region. **Geoderma**, v. 363, 2020.

ZHAO, Wenju *et al.* Effects of biochar amendment on greenhouse tomato quality, nutrient uptake and use efficiency under various irrigation and fertilization regimes. **Scientia Horticulturae**, v. 337, 2024.

ZOGHI, Zohreh *et al.* The effect of biochar amendment on the growth, morphology and physiology of *Quercus castaneifolia* seedlings under water-deficit stress. **European Journal of Forest Research**, v. 138, n. 6, p. 967–979, 2019.

APENDICE A - Croqui da área experimental



APÊNDICE B - Efeito do biochar sobre o rendimento e eficiência do uso da água do melão

Variaveis	Unidade	Dose de biochar			p-valor
		0	10	20	
-----Primeiro ciclo-----					
NFP	f planta ⁻¹	3,19	3,04	3,29	0,51
PMF	g	1031,64	1067,49	1125,27	0,33
PT	t ha ⁻¹	56,24	56,01	61,97	0,36
PC	t ha ⁻¹	53,31	53,40	59,26	0,41
EUA _(P+I)	t ha ⁻¹ mm ⁻¹	0,19	0,19	0,21	0,27
EUA _(I)	t ha ⁻¹ mm ⁻¹	0,43	0,42	0,48	0,19
-----Segundo ciclo-----					
NPF	f planta ⁻¹	1,85	1,83	1,94	0,78
PMF	g	836,49	778,97	779,64	0,16
PT	t ha ⁻¹	25,97	24,28	25,36	0,71
PC	t ha ⁻¹	23,99	22,52	23,43	0,80
EUA _(P+I)	t ha ⁻¹ mm ⁻¹	0,09	0,09	0,09	0,67
EUA _(I)	t ha ⁻¹ mm ⁻¹	0,28	0,26	0,28	0,39

APÊNDICE C- Efeito do biochar sobre a qualidade de frutos de melão

Variaveis	Unidade	Dose de biochar			p-valor
		0	10	20	
-----Primeiro ciclo-----					
DL	cm	12,63	12,84	12,98	0,53
DT	cm	12,04	12,31	12,32	0,41
IFF		1,05	1,04	1,05	0,88
FP	N/mm ²	0,71	0,7	0,72	0,93
SST	Brix	9,06	9,93	11,08	0,07
AT	% AC	0,14	0,13	0,13	0,32
pH		7,13	7,37	7,25	0,55
CST	g 100 g ⁻¹ MF	5,08	5,81	5,49	0,71
VC	mg AA 100 g ⁻¹ MF	31,91	30,84	30,37	0,93
CF	mg AG 100 g ⁻¹ MF	89,49	95,46	93,81	0,87
-----Segundo ciclo-----					
DL	cm	11,29	11,52	10,90	0,17
DT	cm	11,24	11,38	11,06	0,51
IFF	-	1	1,01	0,99	0,88
FP	N/mm ²	0,5	0,47	0,49	0,62
SST	Brix	11,4	11,38	10,61	0,33
AT	% AC	0,16	0,16	0,15	0,39
pH	-	7,32	7,29	7,18	0,55
CST	g 100 g ⁻¹ MF	10,50	10,95	9,3	0,24
VC	mg AA 100 g ⁻¹ MF	16,65	16,14	16,18	0,87
CF	mg AG 100 g ⁻¹ MF	61,42	60,02	60,44	0,95