







ORIGINAL PAPER

Densidade de semeio de microverdes de amaranto sob diferentes condutividades elétricas das soluções nutritivas

Izaiana dos Santos Barros¹, Mairton Gomes da Silva^{1,2}^{*}, Edna de Souza Souza¹, Andressa dos Santos Rodrigues¹, Toshik Iarley da Silva^{1,2}, Hans Raj Gheyi^{2,3}, Glaucia Silva de Jesus Pereira¹, Luan Silva Sacramento¹, Artur Silva de Andrade¹, Patrícia Santos de Oliveira¹ & Emilly Vitória Rocha dos Santos¹

¹Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, Bahia, Brasil

²Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, Bahia, Brasil

³Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba, Brasil

Resumo: Com o aumento da demanda por alimentos saudáveis, os microverdes têm ganhado popularidade devido aos vários benefícios nutricionais. Nesse tipo de cultivo, a colheita se dá na fase de plântulas (variando de uma a três semanas); portanto, no processo produtivo são usadas menores quantidades de insumos, como água e nutrientes. Nesse sentido, o objetivo neste estudo foi avaliar o cultivo de microverdes de amaranto (*Amaranthus cruentus* L.) sob diferentes densidades de semeio e níveis de condutividade elétrica (CE) das soluções nutritivas. O delineamento experimental foi em blocos casualizados em esquema de parcelas subdivididas, com quatro repetições. Nas parcelas principais, três níveis de CE (água de abastecimento – CEa de 0,3 dS m⁻¹ e das soluções nutritivas – CEsol de 1,0 e 2,0 dS m⁻¹) foram avaliados. Nas subparcelas, quatro densidades de semeio (25, 50, 75 e 100 g m⁻²) foram avaliadas. Os microverdes de amaranto foram expostos a tais condições de cultivo por oito dias em casa de vegetação, quando avaliaram-se: altura das plântulas (AP), massa fresca das plântulas (MFP), massa seca das plântulas (MSP), teor de água nas plântulas (TAP) e massa de sementes para produção de 1 kg de MFP. Os menores rendimentos do amaranto foram registrados sob irrigações apenas com água; portanto, se faz necessário o uso de soluções nutritivas para o seu cultivo. As produções de MFP foram maximizadas sob as densidades de semeio estimadas de 78 e 72 g m⁻² (1218,92 e 1130,53 g m⁻²) sob CEsol de 1,0 e 2,0 dS m⁻¹, respectivamente. Portanto, conclui-se que, o amaranto pode ser irrigado com solução nutritiva na CE de 1,0 dS m⁻¹.

Palavras-chave: *Amaranthus cruentus* L., recursos hídricos, solução nutritiva.

* Autor correspondente: E-mail: mairtong@hotmail.com

Editores: Petterson Costa Conceição Silva & Selma Cristina da Silva

Recebido em: 20 de outubro de 2024

Aceito em: 04 de dezembro de 2024

Amaranth microgreens cultivation under different seeding densities and electrical conductivity of the nutrient solutions

Abstract: With the increasing demand for healthy foods, microgreens have gained popularity due to their various nutritional benefits. In this cultivation, harvesting is performed in the seedling stage (ranging from one to three weeks); therefore, smaller amounts of water and chemical fertilizers in the production are used. In this sense, the objective of this study was to evaluate the cultivation of amaranth (*Amaranthus cruentus* L.) microgreens under different seeding densities and electrical conductivity (EC) of the nutrient solutions. The experiment was carried out in a randomized block design in a split-plot arrangement, with four replicates. The microgreens were irrigated under three EC levels (only with water – EC_w of 0.3 dS m⁻¹ and with nutrient solutions – EC_{sol} of 1.0 and 2.0 dS m⁻¹) in the main plots. Four seeding densities (25, 50, 75, and 100 g m⁻²) were used as a subplot. Amaranth microgreens were exposed to such growing conditions for eight days in a greenhouse, when the following variables were evaluated: seedling height (SH), seedling fresh matter (SFM), seedling dry matter (SDM), water content in seedlings (WCS), and seed mass to produce 1 kg of SFM. The lowest yields of amaranth were recorded under irrigation with water; therefore, it is necessary to use nutrient solutions for its cultivation. SFM yields were maximized at estimated seeding densities of 78 and 72 g m⁻² (1218.92 and 1130.53 g m⁻²) under EC_{sol} of 1.0 and 2.0 dS m⁻¹, respectively. Therefore, it is concluded that, amaranth can be irrigated with nutrient solution of EC of 1.0 dS m⁻¹.

Keywords: *Amaranthus cruentus* L., water resources, nutrient solution.

Introdução

Os hábitos alimentares da população estão em constantes mudanças devido à grande quantidade de produtos que são lançados no mercado anualmente, sobretudo, os industrializados. Como resultado, o risco de doenças associadas ao consumo desses produtos tem aumentado. Portanto, a qualidade de vida das pessoas está intimamente associada com a qualidade nutricional dos produtos consumidos (Yadav et al., 2019; Johnson et al., 2021; Silva et al., 2024a). Nesse sentido, pesquisas em escala mundial direcionam para o consumo de alimentos ricos em nutrientes com propriedades funcionais, a exemplo dos produtos de origem vegetal (Domínguez-Domínguez et al., 2021; El-Nakhel et al., 2021; Lone et al., 2024).

Há vários segmentos para produção de vegetais frescos para consumo *in natura*, sendo que, o cultivo de microverdes tem recebido uma atenção especial. Isso porque, o período de produção dos microverdes é rápido (de uma a três semanas de acordo com a espécie), pois a colheita se dá na fase

de plântulas (com folhas cotiledonares totalmente desenvolvidas) (Alloggia et al., 2023; Di Gioia et al., 2023). Portanto, nessa fase do vegetal há um grande acúmulo de compostos nutricionais devido às reservas presentes nas sementes, que difere consideravelmente do acúmulo na planta adulta (Choe et al., 2018; Tilahun et al., 2023).

Para o amaranto (*Amaranthus cruentus* L.), espécie avaliada no presente estudo, em estudos anteriores as plântulas foram colhidas aos 8 dias (Meas et al., 2020; Yusoh et al., 2022), 10 dias (Putri et al., 2023), 11 dias (Domínguez-Domínguez et al., 2021), 15 dias (Supapvanich et al., 2020) e 21 dias (Gil-Marin et al., 2023).

Os tratamentos culturais para esse tipo de cultivo são relativamente simples. O cultivo pode ser realizado em pequenos espaços, como nos interiores de casas, prédios, etc., usando iluminação artificial (Mendes et al., 2024) e/ou até mesmo nos interiores de casas de vegetação (com luz natural e/ou iluminação artificial suplementar) (Freitas et al., 2024). Em casa de vegetação, os

produtores podem implementar esse tipo de cultivo conjuntamente com a produção hidropônica sem muitas dificuldades. Isso porque, os insumos empregados no cultivo de microverdes são os mesmos da hidroponia, tais como substratos, sais nutrientes, etc.

Como o consumo de microverdes ocorre em poucos dias após a germinação, as sementes empregadas no semeio devem ser isentas de quaisquer tratamentos químicos. Nesse sentido, as empresas comercializam sementes apropriadas para o cultivo de microverdes. Não por essa razão, os custos de produção com as sementes são elevados. Isso porque, elevadas quantidades de sementes por unidade de área são necessárias; por exemplo, para produzir 1 kg de biomassa fresca.

Portanto, a densidade de semeio influencia o rendimento final das diferentes espécies de microverdes. A densidade varia conforme o tamanho da semente (Jones-Baumgardt et al., 2019); por exemplo, em 1 g tem-se 1149 sementes de amaranto (*Amaranthus tricolor*), 227 sementes de brócolis (*Brassica oleracea* var. *italica*) e repolho (*B. oleracea* var. *capitata*), 256 sementes de couve-rábano (*B. oleracea* var. *gongylodes*), 435 sementes de couve russa (*B. napus* var. *pabularia*), 500 sementes de manjeriço (*Ocimum basilicum*), 555 sementes de mostarda (*B. juncea*), 61 sementes de rabanete (*Raphanus sativus* var. *longipinnatus*) (Li et al., 2021); 130 sementes de linhaça (*Linum usitatissimum* L.) (Puccinelli et al., 2022); 476 sementes (Li et al., 2021) e 500 sementes (Silva et al., 2024a) de rúcula (*Eruca sativa*); 300 sementes de couve (*B. oleracea* var. *acephala*) (Tavan et al., 2024). De acordo com os estudos de Thuong e Minh (2020) com rabanete e de Lerner et al. (2024) com a rúcula, o aumento na densidade de sementes aumentou o rendimento de biomassa fresca dessas espécies até certo ponto. Ou seja, desse ponto em diante a densidade populacional causou perdas individuais nas plântulas;

consequentemente, afetou o rendimento por aérea.

A otimização na produção de microverdes passa por outros fatores, a exemplo das soluções nutritivas empregadas nas irrigações (Li et al., 2021; Khairunnisa et al., 2023). Nesse sentido, estudos têm sido realizados avaliando a combinação entre densidades de semeio e concentrações das soluções nutritivas (com base na condutividade elétrica das soluções – CEsol) (Cowden et al., 2024; Lerner et al., 2024). Sob cultivo em casa de vegetação em duas estações (inverno e primavera), Lerner et al. (2024) avaliaram quatro densidades de semeio da rúcula (50, 100, 150 e 200 g m⁻²) e quatro níveis de CE (apenas com água – CEa de 0,15 dS m⁻¹ e CEsol de 1,0; 2,0 e 3,0 dS m⁻¹).

Em estudos anteriores com amaranto, usaram-se as densidades de semeio de 53 g m⁻² (Meas et al., 2020; Johnson et al., 2021), 96 g m⁻² (Ampim et al., 2021) e 120 g m⁻² (Arya et al., 2023). No primeiro estudo, não se menciona como as irrigações foram conduzidas (se apenas com água e/ou com soluções nutritivas). Já nos outros estudos, as irrigações ocorreram apenas com água.

Portanto, existem muitas lacunas nos poucos estudos já realizados com microverdes de amaranto. Nesse sentido, o objetivo do presente estudo foi avaliar o cultivo de microverdes de amaranto sob diferentes densidades de semeio e condutividades elétricas das soluções nutritivas.

Material e Métodos

Local do estudo, delineamento experimental e condições de cultivo

O trabalho foi realizado em casa de vegetação sob condições não controladas (com iluminação natural), protegida nas laterais por telas de sombreamento a 70% e coberta com filme plástico transparente de polietileno de 150 µm. As instalações pertencem ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola (PPGEA) da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), Cruz das Almas, Bahia.

No interior da casa de vegetação foi instalado um módulo sensor DHT11 (a 2,0 m acima do nível do solo) para obter dados de temperatura do ar e umidade relativa. O módulo foi conectado ao Arduino Uno equipado com shield datalogger integrado a um relógio de tempo real (RTC, com funções de data, hora e calendário). Um cartão de memória SDHC de 8 GB foi usado para armazenar os dados, com médias registradas a cada 1 min. As médias de temperatura do ar e umidade relativa foram de $27,47 \pm 2,25^{\circ}\text{C}$ e $86,62 \pm 6,67\%$, respectivamente. Todos os componentes foram adquiridos de uma empresa brasileira (Usina Ind. Comércio e Importação, Santo Ângelo, RS, Brasil).

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados em esquema de parcelas subdivididas, com quatro repetições. Nas parcelas principais, três níveis de condutividade elétrica – CE (nomeadamente da água de abastecimento – CEa de $0,3 \text{ dS m}^{-1}$ e das soluções nutritivas – CEsol de 1,0 e $2,0 \text{ dS m}^{-1}$) foram avaliados. Nas subparcelas, foram avaliadas quatro densidades de semente (25, 50, 75 e 100 g m^{-2}). Os níveis de CEsol de 1,0 e $2,0 \text{ dS m}^{-1}$ foram obtidos a partir da formulação de Furlani et al. (1999) para hortaliças folhosas, nas concentrações a 50 e 100%, respectivamente (Tabela 1).

Como mostrado na Tabela 1, as densidades foram estabelecidas a partir do semente em bandeja ($15 \times 22 \text{ cm}$; área útil de $201,25 \text{ cm}^2$ – $11,5 \times 17,5 \text{ cm}$), baseado no estudo de Meas et al. (2020). Naquele estudo, 2 g de sementes de amaranto foram semeadas em bandeja ($17 \times 22 \text{ cm}$), estimando aproximadamente 50 g m^{-2} . A partir dessa estimativa, neste estudo, foram utilizados um valor menor (25 g m^{-2}) e dois valores maiores (75 e 100 g m^{-2}).

Em 30/04/2024, as sementes de amaranto ‘Asteca’ (Isla[®] Sementes, Porto Alegre, RS, Brasil) foram semeadas em substrato de fibra de coco Golden mix (pH = $6,0 \pm 0,3$ e CE = $1,2 \pm 0,6 \text{ dS m}^{-1}$) (Amafibra Ltda., Artur Nogueira, SP,

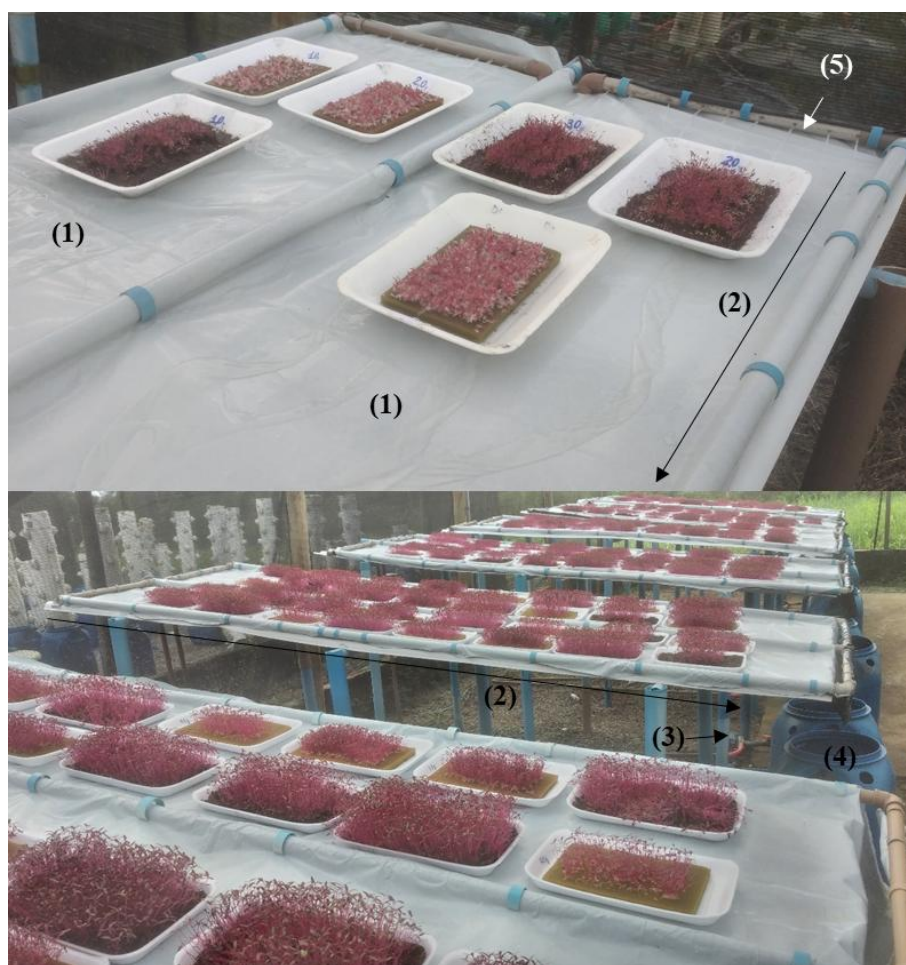
Brasil). O substrato previamente umedecido com água de abastecimento (CEa de $0,3 \text{ dS m}^{-1}$), foi disposto em bandejas com tampas ($11,5 \times 17,5 \text{ cm}$), formando uma camada de aproximadamente 1,0 cm; e então, as sementes foram distribuídas uniformemente sobre o substrato de acordo com a densidade planejada (0,5, 1,0, 1,5 ou $2,0 \text{ g}$ por bandeja). Após o semeio, cobriram-se as bandejas com suas respectivas tampas. Tais condições foram mantidas por 48 h no Laboratório de Qualidade de Água e Hidroponia do PPGEA/UFRB. Após esse período, as bandejas foram levadas para casa de vegetação; quando então, iniciaram-se as aplicações das soluções nutritivas ou água. O cultivo foi realizado em berçários (Figura 1), com estrutura similar àquela descrita por Silva et al. (2024b) para produção de mudas para hidroponia.

Cada unidade experimental da parcela principal (nível de CEsol ou CEa) foi composta por uma bancada de cultivo (confeccionada com telha plástica de dimensões $2,44 \times 0,50 \text{ m}$, instalada a uma declividade de 6%), uma eletrobomba para bombear a solução nutritiva ou água até a parte mais alta da bancada e um reservatório (capacidade para 60 L) para armazenamento da solução ou água (o volume real usado foi de 50 L). Sobre a telha, uma lona plástica dupla face (parte branca voltada para cima) foi instalada; e então, as bandejas (furadas no fundo para umedecimento do substrato por capilaridade) foram dispostas sobre a mesma. Para isso, na parte superior do berçário, uma tubulação com vários orifícios injetou a solução ou água sobre a lona plástica. Em cada bancada, foram dispostas oito bandejas com as quatro densidades de semente testadas. As aplicações das soluções nutritivas ou água foram de forma automática usando timer analógico, a cada duas horas (das 06:00 h da manhã às 18:00 h da tarde; no período noturno não houve aplicações).

Tabela 1: Distribuição dos tratamentos e composição das soluções nutritivas

CEa ou CEsol (dS m ⁻¹)	Composição da água ou da solução nutritiva (mg L ⁻¹)	DS (g por bandeja)	DS (g m ⁻²)
CEa: 0,3	(K ⁺ = 2,87; Ca ²⁺ = 16,00; Mg ²⁺ = 12,40; Na ⁺ = 29,67; Cl ⁻ = 66,38) ¹	0,5	25
		1,0	50
		1,5	75
		2,0	100
CEsol: 1,0	Ca(NO ₃) ₂ (N 15,5% e Ca 19,0%) = 375; KNO ₃ (N 13,0% e K 44,0%) = 250; MAP (N 12,0% e P 61,0%) = 75; MgSO ₄ (S 11,0% e Mg 9,0%) = 200; mix micronutrientes = 12,5; ferro = 8	0,5	25
		1,0	50
		1,5	75
		2,0	100
CEsol: 2,0	Ca(NO ₃) ₂ (N 15,5% e Ca 19,0%) = 750; KNO ₃ (N 13,0% e K 44,0%) = 500; MAP (N 12,0% e P 61,0%) = 150; MgSO ₄ (S 11,0% e Mg 9,0%) = 400; mix micronutrientes = 25; ferro = 16	0,5	25
		1,0	50
		1,5	75
		2,0	100

¹ Composição química da água descrita em Silva et al. (2024a); CEa – condutividade elétrica da água; CEsol – condutividade elétrica da solução nutritiva; DS – densidade de semeio; K⁺ – potássio; Ca²⁺ – cálcio; Mg²⁺ – magnésio; Na⁺ – sódio; Cl⁻ = cloreto; Ca(NO₃)₂ – nitrato de cálcio; KNO₃ – nitrato de potássio; MAP – fosfato monoamônico; MgSO₄ – sulfato de magnésio.



(1) – berçário (parcela principal); (2) – sentido da declividade da bancada; (3) – eletrobomba para bombear a solução nutritiva ou água até a parte mais alta da bancada; (4) – reservatório (capacidade para 60 L) com a solução nutritiva ou água; (5) – pontos de injeção da solução nutritiva ou água na parte mais alta da bancada.

Figura 1: Estrutura dos berçários utilizada no estudo, instalada no interior da casa de vegetação.

As soluções nutritivas (CEsol de 1,0 e 2,0 dS m⁻¹) foram preparadas em água deionizada, pela adição de sais nutrientes seguindo a formulação recomendada por Furlani et al. (1999) para hortaliças folhosas, nas concentrações de 50 e 100%, respectivamente (Tabela 1). Os micronutrientes e o ferro (13% Fe-EDTA) foram fornecidos pelos compostos Micromix[®] e GeoQuel[®], respectivamente (Rigrantec Tecnologias para Sementes e Plantas Ltda., Porto Alegre, RS, Brasil).

Variáveis avaliadas

Aos oito dias sob as condições de cultivo avaliadas (10 dias após o semeio), a colheita dos microverdes foi realizada. Para isso, todas as plântulas foram colhidas por bandeja (corte em torno de 5 mm acima do nível do substrato). Determinaram-se a altura das plântulas (AP, cm) e a massa de matéria fresca das plântulas da bandeja de cultivo (MFP, g por bandeja). Imediatamente após a pesagem, o material fresco foi colocado em sacos de papel e seco em estufa de ventilação forçada Q314M (Quimis[®], Diadema, SP, Brasil) a 65°C até atingir peso constante; e então, quantificou a massa de matéria seca das plântulas por bandeja (MSP, g por bandeja). A partir da produção por bandeja, estimaram-se as produções de MFP e MSP por m⁻², expresso em g m⁻².

Calculou-se o teor de água nas plântulas (TAP) baseado na diferença entre a MFP e a MSP dos microverdes, segundo a metodologia de Benincasa (2003) usando a Equação 1.

$$\text{TAP (\%)} = \frac{(\text{MFP} - \text{MSP})}{\text{MFP}} \times 100 \quad (1)$$

Calculou-se também a massa de sementes (em g) necessária para produzir 1 kg de MFP de microverdes de amaranto.

Análise estatística

Os dados foram submetidos ao teste F da análise de variância. As médias obtidas em função dos níveis de condutividade elétrica (das soluções nutritivas ou da água) foram comparadas usando o teste de Tukey ($p \leq 0,05$). Análise de regressão foi usada para os dados obtidos em função da densidade de semeio. As análises estatísticas foram realizadas usando o programa Sisvar 5.6 (Ferreira, 2011). Adicionalmente, a análise de correlação de Pearson foi realizada usando o pacote Corrplot no programa estatístico R 4.4.1 (R Core Team, 2024) e RStudio 2024.09.0.

Resultados

Na Figura 2 pode-se visualizar os microverdes de amaranto no dia da colheita (10 dias após a semeadura). No presente estudo, avaliaram-se a altura das plântulas – AP (Figura 3A), as massas de matéria fresca das plântulas – MFP por bandeja (Figura 3B) e por unidade de área (Figura 3C), as massas de matéria seca das plântulas – MSP por bandeja (Figura 3D) e por unidade de área (Figura 3E), o teor de água nas plântulas – TAP (Figura 3F) e a massa de sementes – MS para produzir 1 kg de MFP de microverdes (Figura 3G). Interação significativa entre os níveis de CE (das soluções ou da água) e densidades de semeio – DS foi registrada para MFP e MSP por bandeja e por unidade área (Figuras 3B, 3C, 3D e 3E). A AP não foi afetada significativamente ($p > 0,05$) por quaisquer fontes de variações, com média geral de 6,48 cm (Figura 3A). Já para o TAP (Figura 3F) e a MS (Figura 3G), foram registradas mudanças significativas em função dos efeitos isolados.

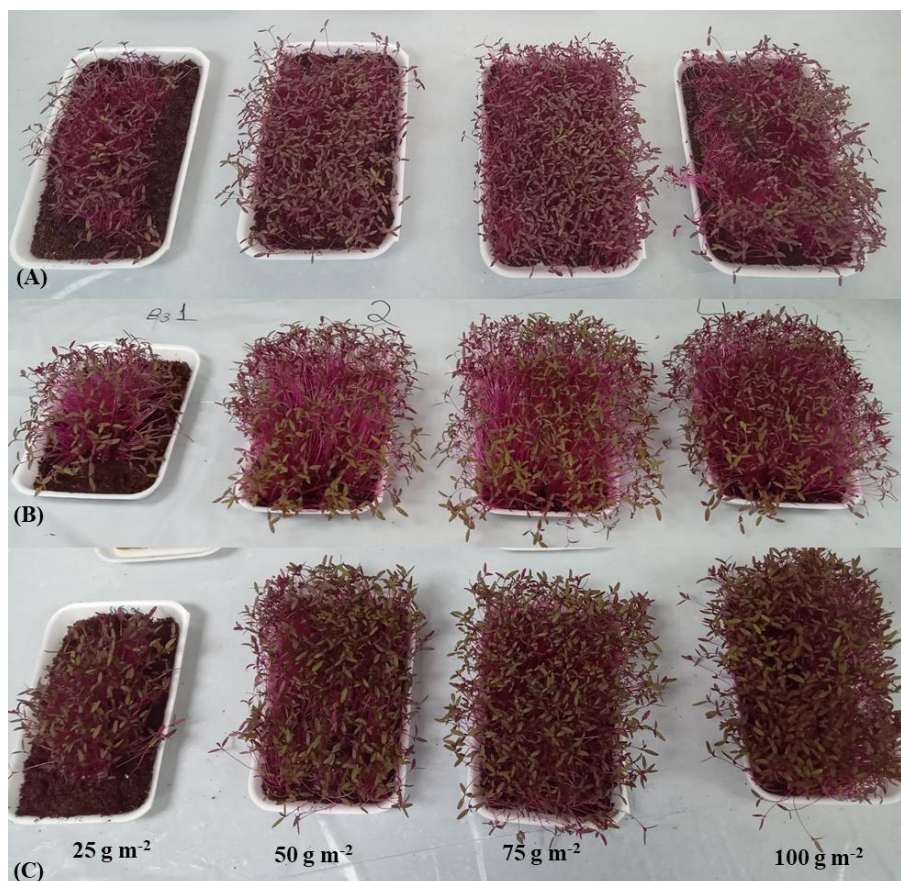


Figura 2: Microverdes de amaranto cultivado a diferentes densidades de semeio e irrigados apenas com água (condutividade elétrica – CEa de $0,3 \text{ dS m}^{-1}$) (A) e com soluções nutritivas sob CEsol de $1,0 \text{ dS m}^{-1}$ (B) e $2,0 \text{ dS m}^{-1}$ (C), por um período de oito dias.

Ao analisar os desdobramentos para MFP por bandeja (Figura 3B) e por m^2 (Figura 3C), um comportamento quadrático quanto ao acúmulo de massa foi registrado dentro dos três níveis de CE. Por exemplo, para MFP por bandeja estimaram-se os maiores rendimentos ($11,20$; $24,85$ e $22,65$ g por bandeja) com as densidades de semeio de 80 , 79 e 71 g m^{-2} dentro dos níveis de CE de $0,3$, $1,0$ e $2,0 \text{ dS m}^{-1}$, respectivamente. Da mesma forma, com as densidades de semeio de 81 , 78 e 72 g m^{-2} dentro dos níveis de CE de $0,3$, $1,0$ e $2,0 \text{ dS m}^{-1}$, estimaram-se os maiores rendimentos de MFP por unidade de área ($567,21$; $1218,92$ e $1130,53 \text{ g m}^{-2}$, respectivamente). Ao analisar os níveis de CE dentro de cada DS, como esperado, as maiores médias foram registradas quando as irrigações ocorreram com as soluções nutritivas (CEsol de $1,0$ e $2,0 \text{ dS m}^{-1}$) em relação ao cultivo apenas com água (CEa de $0,3 \text{ dS m}^{-1}$). Nas

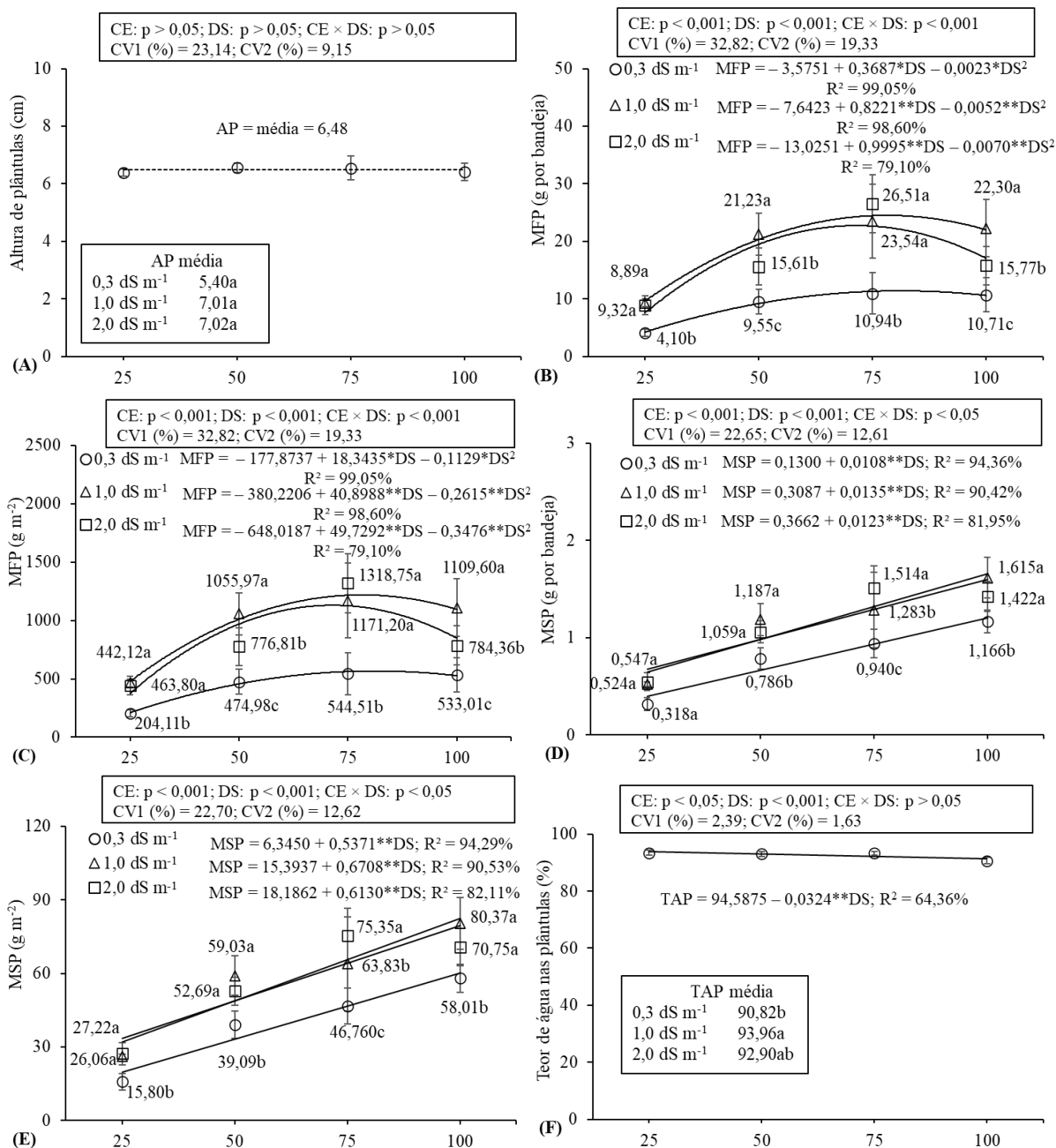
densidades de semeio de 25 e 75 g m^{-2} , as médias da MFP por bandeja foram estatisticamente iguais sob os níveis de CEsol de $1,0$ e $2,0 \text{ dS m}^{-1}$; enquanto nas densidades de 50 e 100 g m^{-2} , as maiores médias foram registradas sob o menor nível de CEsol ($1,0 \text{ dS m}^{-1}$). O mesmo comportamento foi registrado para MFP por m^2 .

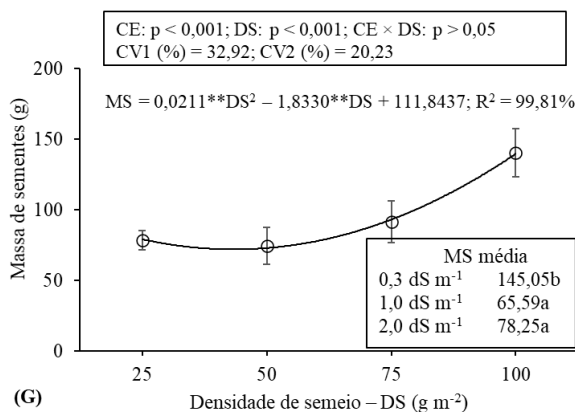
Houve acúmulo de MSP por bandeja (Figura 3D) e por m^2 (Figura 3E) com o aumento na densidade de semeio para os três níveis de CE. Ao analisar os níveis de CE dentro de cada DS, similarmente ao comportamento da MFP, com exceção da menor DS (25 g m^{-2}), as maiores médias de MSP por bandeja foram registradas sob cultivo com as soluções nutritivas. Sob DS de 50 e 100 g m^{-2} , as médias foram estatisticamente iguais sob os níveis de CEsol de $1,0$ e $2,0 \text{ dS m}^{-1}$; enquanto na DS de 75 g m^{-2} , uma maior média foi registrada

sob CEsol de 2,0 dS m⁻¹. O mesmo comportamento foi registrado para MSP por m², com exceção da DS de 25 g m⁻² (maiores médias foram obtidas sob os níveis de CEsol em relação à CEa).

Para o TAP, as médias foram menores com o aumento na densidade de semeio (Figura 3F). O máximo TAP foi observado sob CEsol de 1,0 dS m⁻¹ (93,96%) em

relação ao cultivo sob CEa de 0,3 dS m⁻¹ (90,82%). Ao analisar a massa de sementes para produzir 1 kg de MFP de microverdes (Figura 3G), foi registrado um comportamento quadrático com o ponto de mínima (72,04 g de sementes sob densidade de semeio de 43 g m⁻²), o que corrobora com o comportamento contrário ao da MFP.





$p < 0,001$, $p < 0,05$ e $p > 0,05$ – significativo a 0,1%, 5% e não significativo, respectivamente, pelo teste F; CV1 e CV2 – coeficientes de variações dos erros 1 (parcelas principais – CE das soluções ou da água) e 2 (subparcelas – DS), respectivamente; nas Figuras B, C, D e E, as letras minúsculas comparam as médias dos níveis de CE (das soluções ou da água) dentro de cada DS pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); nas Figuras A, F e G, as médias em função dos níveis de CE (das soluções ou da água) são comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); **, * – significativo a 1 e 5%, respectivamente, pelo teste t de Student; as barras de erros representam média \pm desvio padrão.

Figura 3: Altura de plântulas – AP (A), massas de matéria fresca das plântulas – MFP por bandeja (B) e por unidade de área (C), massas de matéria seca das plântulas – MSP por bandeja (D) e por unidade de área (E), teor de água nas plântulas – TAP (F) e massa de sementes – MS para produzir 1 kg de MFP (G) de microverdes de amaranto sob diferentes densidades de semeio e condutividade elétrica das soluções nutritivas ou água.

A matriz de correlação mostrou que a AP se correlacionou positivamente com a MFP e o TAP; já com a massa de sementes, há uma correlação negativa. Uma correlação

negativa da massa de sementes também foi verificada com a MFP e o TAP. Positivamente, a MFP se correlacionou com a MSP e o TAP (Figura 4).

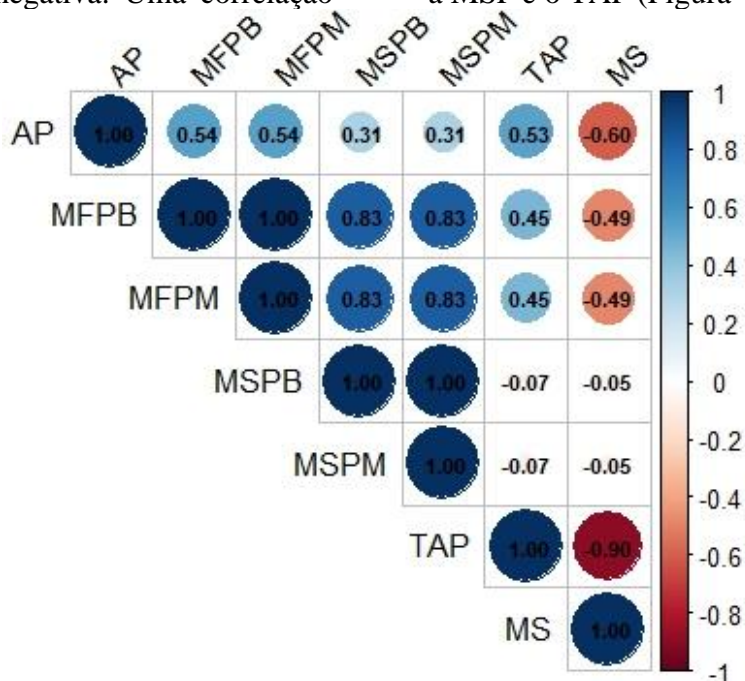


Figura 4: Correlação de Pearson entre altura de plântulas (AP), massas de matéria fresca das plântulas por bandeja (MFPB) e por unidade de área (MFPM), massas de matéria seca das plântulas por bandeja (MSPB) e por unidade de área (MSPM), teor de água nas plântulas (TAP) e massa de sementes (MS) para produzir 1 kg de MFP de microverdes de amaranto sob diferentes densidades de semeio e condutividade elétrica das soluções nutritivas ou água.

Discussão

O cultivo de microverdes pode ser realizado em diferentes ambientes, desde uma casa de vegetação a pequenos espaços, por exemplo, como no interior de uma casa. O curto período de cultivo otimiza o uso dos recursos naturais, como água e nutrientes. No entanto, esse tipo de cultivo exige uma grande quantidade de sementes, que é variável conforme a espécie. Essas características têm motivado a realização de estudos visando a otimização na densidade de semeio e/ou concentrações das soluções nutritivas (expresso em termos de condutividade elétrica – CE) ou em combinação com outras fontes de variações (substrato, qualidade da luz, etc.), a exemplo da chia (*Salvia hispanica* L.) (Junpatiw e Sangpituk, 2019), repolho (*Brassica oleracea* var. *capitata*) (Wieth et al., 2019; Ntsoane et al., 2023), brócolis (*B. oleracea* var. *italica*) e couve-flor (*B. oleracea* var. *botrytis*) (Palmitessa et al., 2020), rabanete (*Raphanus sativus*) (Thuong e Minh, 2020; Cowden et al., 2024), beterraba (*Beta vulgaris* L.) (Freitas et al., 2024), rúcula (*Eruca sativa* L.) (Wieth et al., 2021; Lerner et al., 2024; Silva et al., 2024a), entre outras espécies.

No presente estudo, como esperado, quando os microverdes de amaranto foram irrigados apenas com água (CEa de 0,3 dS m⁻¹) foram registradas as menores médias de MFP (Figuras 3B e 3C) e MSP (Figuras 3D e 3E) em relação ao cultivo aplicando soluções nutritivas (CEsol de 1,0 e 2,0 dS m⁻¹). Independente da densidade, as produções de MFP sob irrigações apenas com água, em média, foram aproximadamente 50% menores em relação àquelas obtidas sob irrigações com soluções nutritivas. Como mostrado na Tabela 1, as maiores produções dos microverdes de amaranto sob CEsol de 1,0 e 2,0 dS m⁻¹ justifica-se pela quantidade de nutrientes empregados no preparo das soluções nutritivas em relação àqueles presentes na água de abastecimento (CEa de 0,3 dS m⁻¹). Por exemplo, as concentrações de Ca²⁺, K⁺ e Mg²⁺ foram maiores sob CEsol de 1,0 e

2,0 dS m⁻¹ em 4,45 e 8,91 vezes, 38,33 e 76,66 vezes e 1,45 e 2,90 vezes, respectivamente, em relação à CEa.

O K é um dos elementos vitais necessários para o crescimento das plantas. Além de ser um constituinte da estrutura da planta, o K tem uma função reguladora em vários processos bioquímicos (síntese de proteínas, metabolismo de carboidratos e ativação enzimática); outros processos, como a regulação estomática e a fotossíntese, dependem do K (Hasanuzzaman et al., 2018; Johnson et al., 2022). No presente estudo, notadamente, há uma baixa concentração de K na água de abastecimento em relação às concentrações empregadas nas formulações das soluções nutritivas, o que ocasionou em menor produção de microverdes de amaranto. Tal resultado é reforçado com base em estudo anterior com microverdes de rúcula (Silva et al., 2024a). Naquele estudo, o acúmulo de K nos microverdes foi duas vezes maior sob CEsol de 1,0 dS m⁻¹ em relação ao cultivo apenas com água (CEa de 0,3 dS m⁻¹), refletindo em maior acúmulo de massa fresca.

Em estudos anteriores com microverdes de amaranto (Ampim et al., 2021; Domínguez-Domínguez et al., 2021; Johnson et al., 2021; Yusoh et al., 2022; Arya et al., 2023; Putri et al., 2023; Gunjal et al., 2024), as irrigações ocorreram apenas com água. Já em outros estudos, avaliaram-se diferentes espécies de microverdes sob irrigações com apenas água e com soluções nutritivas. Por exemplo, no estudo de Wieth et al. (2019) com repolho roxo, os ganhos de biomassa fresca foram de 1,7 e 2,4 vezes maiores sob irrigações com soluções nutritivas (CEsol de 1,2 e 2,0 dS m⁻¹, respectivamente) em relação às produções obtidas apenas com água da chuva (CEa ~ 0 dS m⁻¹). Em outro estudo pelos mesmos autores com rúcula usando espuma fenólica como substrato (Wieth et al., 2021), ganhos na mesma magnitude (2,4 vezes maiores) foram registrados sob irrigações com soluções nutritivas (CEsol de 1,2 e 2,0 dS m⁻¹). Também com rúcula, El-Nakhel et al.

(2021) registraram um ganho de biomassa fresca de aproximadamente 90% sob CEsol de $0,4 \text{ dS m}^{-1}$ (concentração de 25% da solução de Hoagland) em relação ao cultivo apenas com água destilada (sem nutrientes); já para os microverdes de couve-de-bruxelas e repolho, os ganhos de biomassa foram de aproximadamente 14 e 10%, respectivamente. Usando a formulação de Hoagland a 50% (CEsol de $1,5 \text{ dS m}^{-1}$) e a 100% (CEsol de $2,6 \text{ dS m}^{-1}$), Bantis e Koukounaras (2024) registraram as maiores produções de microverdes de mostarda e rabanete em relação ao cultivo apenas com água de abastecimento com CE de $0,67 \text{ dS m}^{-1}$.

Portanto, os resultados reforçam a necessidade de aplicações de soluções nutritivas para otimizar a produção de microverdes de acordo com a espécie cultivada. Consequentemente, a qualidade dos microverdes é influenciada pelo manejo das irrigações (aplicações de soluções nutritivas ou água). A aparência/cor dos vegetais folhosos frescos é um dos principais atributos que atraem os consumidores (Domínguez-Domínguez et al., 2021; El-Nakhel et al., 2021). Cores mais intensas foram registradas em microverdes sob cultivo com soluções nutritivas em relação às irrigações apenas com água, a exemplo da rúcula (El-Nakhel et al., 2021; Silva et al., 2024a) e espinafre (Petropoulos et al., 2021). Tais características foram registradas no presente estudo, quando um vermelho mais intenso pode ser visualizado nas plântulas de microverdes de amaranto sob irrigações com soluções nutritivas, além do maior crescimento (Figura 2).

Os microverdes são comercializados em base de massa fresca; portanto, é a principal variável de interesse econômico nesse tipo de cultivo (Bulgari et al., 2021). No presente estudo, os rendimentos de MFP foram no mesmo patamar sob cultivo com soluções nutritivas (CEsol de $1,0$ e $2,0 \text{ dS m}^{-1}$) até as densidades de semeio de 78 e 72 g m^{-2} , com médias de $1218,92$ e $1130,53 \text{ g m}^{-2}$, respectivamente. A partir dessas

densidades estimadas, houve uma queda no acúmulo de MFP mais acentuada sob o maior nível de CEsol, chegando a aproximadamente 29% sob densidade de 100 g m^{-2} em relação ao cultivo com solução na CE de $1,0 \text{ dS m}^{-1}$.

O nível de CEsol de $2,0 \text{ dS m}^{-1}$ corresponde a concentração de 100% da formulação de solução de Furlani et al. (1999) recomendada para produção hidropônica de hortaliças folhosas na fase adulta (Tabela 1). Portanto, essa elevada concentração de nutrientes não resultou em ganhos de biomassa fresca das plântulas sob maior densidade de semeio, apesar do maior número de plântulas por bandeja de cultivo. Essa elevada competição entre plântulas causou perdas individuais (menor acúmulo de biomassa), consequentemente a exigência de nutrientes foi menor. Portanto, nas condições em que o cultivo foi realizado (em substrato de fibra de coco e em casa de vegetação sob condições não controladas), os resultados mostram que os microverdes de amaranto podem ser irrigados com solução nutritiva na concentração de 50% (CEsol de $1,0 \text{ dS m}^{-1}$).

Os resultados do presente estudo estão de acordo com a literatura, quando a interação entre densidade de semeio e níveis de CE foi avaliada em estudos com microverdes de rúcula, a saber: densidades de 50 , 100 , 150 e 200 g m^{-2} e CEa de $0,15$ e CEsol de $1,00$, $2,00$ e $3,00 \text{ dS m}^{-1}$ (Lerner et al., 2024); densidades de 25 e 50 g m^{-2} e CEa de $0,3$ e CEsol de $0,6$ e $1,2 \text{ dS m}^{-1}$ (formulação Plantpar® Flex mudas 1 e Flex mudas 2) e $0,5$ e $1,0 \text{ dS m}^{-1}$ (concentrações de 25 e 50% de Furlani et al., 1999) (Silva et al., 2024a). No primeiro estudo, as melhores respostas em produção da rúcula ocorreram sob CEsol de $1,00 \text{ dS m}^{-1}$ sob cultivo nas densidades de 150 e 175 g m^{-2} para o inverno e primavera, respectivamente. No segundo estudo, independente da densidade, as maiores produções foram registradas sob CEsol de $1,0$ e $1,2 \text{ dS m}^{-1}$.

Adicionalmente a composição da solução nutritiva e densidade de semeio, pode-se evidenciar que a resposta dos

microverdes depende de uma série de outros fatores, como espécie vegetal, condições de cultivo (luz natural ou iluminação artificial), tipos de substrato de cultivo, estágio de colheita, entre outros, que podem afetar significativamente o conteúdo mineral das espécies (Kyriacou et al., 2016; Kyriacou et al., 2019; El-Nakhel et al., 2021; Cowden et al., 2024; Lerner et al., 2024). No presente estudo, as maiores produções de MFP de 1218,92 e 1130,53 g m⁻² (sob CEsol de 1,0 e 2,0 dS m⁻¹, respectivamente) foram estimadas nas densidades de semeio de 78 e 72 g m⁻², respectivamente. Tais resultados são inferiores aqueles registrados por Ampim et al. (2021) com microverdes de amaranto, com MFP entre 7441 e 9457 g m⁻² sob uma densidade de semeio de 96 g m⁻². Essa diferença, em parte, pode ser explicada pelo período de cultivo; enquanto naquele estudo as plântulas foram colhidas na terceira semana, no presente estudo foram colhidas aos 10 dias. Já no estudo de Arya et al. (2023), foi registrada uma média de MFP do amaranto (290 g m⁻²) inferior aos valores supracitados. Esse baixo rendimento pode ter ocorrido pela combinação da elevada densidade de semeio (120 g m⁻²) e as irrigações apenas com água.

Em resumo, os diferentes resultados reforçam a relevância de estudos sobre a densidade de semeio para produção de microverdes. No presente estudo, os incrementos de 25 g m⁻² não garantiram ganhos de biomassa fresca na mesma proporcionalidade, isso como consequência das perdas individuais. Por exemplo, os incrementos na produção de MFP entre as densidades de 25 e 50 g m⁻² foram de aproximadamente 111 e 156% (532,16 e 591,48 g); enquanto entre a densidade de 50 g m⁻² e as densidades estimadas (78 e 72 g m⁻²) foram de aproximadamente 20 e 16% (207,95 e 161,08 g) sob os níveis de CEsol de 1,0 e 2,0 dS m⁻¹, respectivamente. Portanto, adotando-se uma densidade de semeio de 50 g m⁻² há uma redução com os custos das sementes, sem perdas significativas de produção. Tais resultados

são reforçados pela variável massa de sementes para produzir 1 kg de biomassa fresca de microverdes de amaranto (Figura 3G). Para cada 1 kg de MFP, foram estimadas 43 g m⁻² de sementes de amaranto.

A massa seca das plântulas (MSP) aumentou com o incremento na densidade de semeio, com médias no mesmo patamar sob cultivo com soluções nutritivas (CEsol de 1,0 e 2,0 dS m⁻¹) (Figuras 3D e 3E). Portanto, reforçando que os microverdes de amaranto podem ser irrigados usando solução a meia força (CEsol de 1,0 dS m⁻¹) em relação à uma solução completa (CEsol de 2,0 dS m⁻¹). A diferença no comportamento da MFP (Figuras 3B e 3C) e MSP com o incremento na densidade de semeio se deve ao acúmulo de água nos tecidos das plântulas frescas. Pois enquanto a produção de MFP aumentou até certa densidade de semeio, os teores de água nas plântulas diminuíram com o aumento na densidade de semeio (variando entre 93,78 e 91,35% sob as densidades de 25 e 100 g m⁻², respectivamente).

Conclusões

Com base na massa fresca das plântulas, variável de maior interesse econômico dos microverdes, as maiores produções do amaranto foram obtidas nas densidades de semeio de 78 e 72 g m⁻² sob irrigações com as soluções nutritivas (com os níveis de condutividade elétrica – CE de 1,0 e 2,0 dS m⁻¹, respectivamente).

A massa seca das plântulas aumentou com a densidade de semeio, com as maiores médias estimadas sob irrigações com soluções nutritivas.

Conclui-se que, o amaranto pode ser irrigado com solução nutritiva na CE de 1,0 dS m⁻¹.

Agradecimentos

Agradecemos ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Agricultura Sustentável no Semiárido Tropical – INCTAgriS (Processo CNPq/INCT: 406570/2022-1), ao Conselho Nacional de

Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq (Processo 408511/2023-0) e ao Instituto de Ciência, Inovação e Tecnologia do Estado da Bahia – Recursos Hídricos e Desenvolvimento Sustentável (INCITE Economia Verde: Edital INCITE Nº 005/2022 – Pedido Nº 4137/2022). Agradecemos também ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola (PPGEA) da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), por fornecer a infraestrutura necessária para realização do estudo.

Referências

- Alloggia, F. P.; Bafumo, R. F.; Ramirez, D. A.; Maza, M. A.; Camargo, A. B. *Brassicaceae* microgreens: A novel and promissory source of sustainable bioactive compounds. *Current Research in Food Science*, v. 6, 100480, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2023.100480>
- Ampim, P. A. Y.; Obeng, E.; Gonzalez, E. O.; Weerasooriya, A.; Osuji, G. O.; Myers Sr., D. J. The response of Egyptian spinach and vegetable amaranth microgreens to different light regimes. *Scientific Journal of Biology & Life Sciences*, v. 1, n. 3, p. 1-5, 2021. <https://doi.org/10.33552/SJBLS.2020.01.000512>
- Arya, K. S.; Kutty, M. S.; Pradeepkumar, T. Microgreens of tropical edible-seed species, an economical source of phytonutrients- insights into nutrient content, growth environment and shelf life. *Future Foods*, v. 8, 100262, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2023.100262>
- Bantis, F.; Koukounaras, A. Microgreen vegetables' production can be optimized by combining the substrate and nutrient solution in a PFAL. *Scientia Horticulturae*, v. 333, 113277, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2024.113277>
- Benincasa, M. M. P. Análise de crescimento de plantas: Noções básicas. 2. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 42p.
- Bulgari, R.; Negri, M.; Santoro, P.; Ferrante, A. Quality evaluation of indoor-grown microgreens cultivated on three different substrates. *Horticulturae*, v. 7, n. 5, 96, 2021. <https://doi.org/10.3390/horticulturae7050096>
- Choe, U.; Yu, L. L.; Wang, T. T. Y. The science behind microgreens as an exciting new food for the 21st Century. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 66, n. 44, p. 11519-11880, 2018. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.8b03096>
- Cowden, R. J.; Markussen, B.; Ghaley, B. B.; Henriksen, C. B. The effects of light spectrum and intensity, seeding density, and fertilization on biomass, morphology, and resource use efficiency in three species of *Brassicaceae* microgreens. *Plants*, v. 13, n. 1, 124, 2024. <https://doi.org/10.3390/plants13010124>
- Di Gioia, F.; Hong, J. C.; Pisani, C.; Petropoulos, S. A.; Bai, J.; Roskopf, E. N. Yield performance, mineral profile, and nitrate content in a selection of seventeen microgreen species. *Frontiers in Plant Science*, v. 14, 1220691, 2023. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1220691>
- Domínguez-Domínguez, A.; Herrera-Corredor, J. A.; Argumedo-Macias, A.; Ramírez-Rivera, E. J.; López-Aranda, E.; Romero-Cruz, A.; López-Espíndola, M. Amaranth microgreens as a potential ingredient for healthy salads: Sensory liking and purchase intent. *Agroproductividad*, v. 14, n. 4, p. 47-51, 2021. <https://doi.org/10.32854/agrop.v14i4.1933>
- El-Nakhel, C.; Pannico, A.; Graziani, G.; Kyriacou, M. C.; Gaspari, A.; Ritieni, A.; De Pascale, S.; Roupheal, Y. Nutrient supplementation configures the bioactive profile and production characteristics of three *Brassica L.* microgreens species grown in peat-based media. *Agronomy*, v. 11, n. 2, 346, 2021. <https://doi.org/10.3390/agronomy11020346>
- Ferreira, D. F. Sisvar: A computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001>
- Freitas, I. S.; Mello, S. C.; Nemali, K. Supplemental light quality affects optimal seeding density of microgreens. *Urban Agriculture & Region Food Systems*, v. 9, n. 1, e20064, 2024. <https://doi.org/10.1002/uar2.20064>
- Furlani, P. R.; Silveira, L. C. P.; Bolonhezi, D.; Faquin, V. Cultivo hidropônico de plantas. Campinas: Instituto Agrônomo, 1999. 52p. (Boletim Técnico, 180).

- Gil-Marin, J.; Goldman, M. S.; Kolmos, E. Changes in amaranth microgreen growth in response to differing light conditions. *Journal of Student Research*, v. 12, n. 4, p. 1-7, 2023. <https://doi.org/10.47611/jsrhs.v12i4.5855>
- Gunjal, M.; Singh, J.; Kaur, J.; Kaur, S.; Nanda, V.; Mehta, C. M.; Bhadariya, V.; Rasane, P. Comparative analysis of morphological, nutritional, and bioactive properties of selected microgreens in alternative growing medium. *South African Journal of Botany*, v. 165, p. 188-201, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2023.12.038>
- Hasanuzzaman, M.; Bhuyan, M. H. M. B.; Nahar, K.; Hossain, M. S.; Al-Mahmud, J.; Hossen, M. S.; Masud, A. A. C.; Moumita.; Fujita, M. Potassium: A vital regulator of plant responses and tolerance to abiotic stresses. *Agronomy*, v. 8, n. 3, 31, 2018. <https://doi.org/10.3390/agronomy8030031>
- Johnson, R.; Vishwakarma, K.; Hossen, M. S.; Kumar, V.; Shackira, A. M.; Puthur, J. T.; Abdi, G.; Sarraf, M.; Hasanuzzaman, M. Potassium in plants: Growth regulation, signaling, and environmental stress tolerance. *Plant Physiology and Biochemistry*, v. 172, p. 56-69, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2022.01.001>
- Johnson, S. A.; Prenni, J. E.; Heuberger, A. L.; Isweiri, H.; Chaparro, J. M.; Newman, S. E.; Uchanski, M. E.; Omerigic, H. M.; Michell, K. A.; Bunning, M.; Foster, M. T.; Thompson, H. J.; Weir, T. L. Comprehensive evaluation of metabolites and minerals in 6 microgreen species and the influence of maturity. *Current Developments in Nutrition*, v. 5, n. 2, nzaa180, 2021. <https://doi.org/10.1093/cdn/nzaa180>
- Jones-Baumgardt, C.; Llewellyn, D.; Ying, Q.; Zheng, Y. Intensity of sole-source light-emitting diodes affects growth, yield, and quality of Brassicaceae microgreens. *HortScience*, v. 54, n. 7, p. 1168-1174, 2019. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI13788-18>
- Junpatiw, A.; Sangpituk, A. Effects of seed preparation, sowing media, seed sowing rate and harvesting period on the production of chia microgreens. *International Journal of GEOMATE*, v. 17, n. 61, p. 80-85, 2019. <https://doi.org/10.21660/2019.61.4726>
- Khairunnisa, N.; Warnita.; Hervani, D. Impact of growing media and nutrition on growth and yield of broccoli microgreens (*Brassica oleracea*). *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology*, v. 8, n. 3, p. 30-34, 2023. <https://dx.doi.org/10.22161/ijeab.83.4>
- Kyriacou, M. C.; El-Nakhel, C.; Graziani, G.; Pannico, A.; Soteriou, G. A.; Giordano, M.; Ritieni, A.; De Pascale, S.; Roupheal, Y. Functional quality in novel food sources: Genotypic variation in the nutritive and phytochemical composition of thirteen microgreens species. *Food Chemistry*, v. 277, p. 107-118, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.10.098>
- Kyriacou, M. C.; Roupheal, Y.; Di Gioia, F.; Kyratzis, A.; Serio, F.; Renna, M.; De Pascale, S.; Santamaria, P. Micro-scale vegetable production and the rise of microgreens. *Trends in Food Science & Technology*, v. 57, p. 103-115, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.09.005>
- Lerner, B. L.; Strassburger, A. S.; Schäfer, G. Cultivation of arugula microgreens: seed densities and electrical conductivity of nutrient solution in two growing seasons. *Bragantia*, v. 83, e20230183, 2024. <https://doi.org/10.1590/1678-4499.20230183>
- Li, T.; Lalk, G. T.; Arthur, J. D.; Johnson, M. H.; Bi, G. Shoot production and mineral nutrients of five microgreens as affected by hydroponic substrate type and post-emergent fertilization. *Horticulturae*, v. 7, n. 6, 129, 2021. <https://doi.org/10.3390/horticulturae7060129>
- Lone, J. K.; Pandey, R.; Gayacharan. Microgreens on the rise: Expanding our horizons from farm to fork. *Heliyon*, v. 10, n. 4, e25870, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e25870>
- Meas, S.; Luengwilai, K.; Thongket, T. Enhancing growth and phytochemicals of two amaranth microgreens by LEDs light irradiation. *Scientia Horticulturae*, v. 265, 109204, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109204>
- Mendes, F. Q.; Purquerio, L. F. V.; Carvalho, R. F.; Cecílio Filho, A. B. White light intensities for maximum yield and quality of arugula

microgreens. Pesquisa Agropecuária Tropical, v. 54, e79951, 2024. <https://doi.org/10.1590/1983-40632024v5479951>

Ntsoane, M. L. L.; Manhivi, V. E.; Shoko, T.; Seke, F.; Maboko, M. M.; Sivakumar, D. The phytonutrient content and yield of brassica microgreens grown in soilless media with different seed densities. Horticulturae, v. 9, n. 11, 1218, 2023. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9111218>

Palmitessa, O. D.; Renna, M.; Crupi, P.; Lovece, A.; Corbo, F.; Santamaria, P. Yield and quality characteristics of *Brassica* microgreens as affected by the NH₄:NO₃ molar ratio and strength of the nutrient solution. Foods, v. 9, n. 5, 677, 2020. <https://doi.org/10.3390/foods9050677>

Petropoulos, S. A.; El-Nakhel, C.; Graziani, G.; Kyriacou, M. C.; Rouphael, Y. The effects of nutrient solution feeding regime on yield, mineral profile, and phytochemical composition of spinach microgreens. Horticulturae, v. 7, n. 7, 162, 2021. <https://doi.org/10.3390/horticulturae7070162>

Puccinelli, M.; Maggini, R.; Angelini, L. G.; Santin, M.; Landi, M.; Tavarini, S.; Castagna, A.; Incrocci, L. Can light spectrum composition increase growth and nutritional quality of *Linum usitatissimum* L. sprouts and microgreens? Horticulturae, v. 8, n. 2, 98, 2022. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8020098>

Putri, E. A. D.; Fajri, H. A. M.; Iswari, F.; Muhammad, F. A.; Fauziah, R.; Budiarto, R. Growth and yield pattern of microgreen under different types of artificial lighting. Jurnal Kultivasi, v. 22, n. 1, p. 48-54, 2023. <http://dx.doi.org/10.24198/kultivasi.v22i1.41767>

R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2024. Disponível em: <<https://www.r-project.org/>>. Acessado em: 22 de outubro de 2024.

Silva, M. G.; Gheyi, H. R.; Silva, L. L.; Souza, T. T.; Silva, P. C. C.; Queiroz, L. A.; Santos, T. S.; Soares, T. M. Evaluation of salt and root-zone temperature stresses in leafy vegetables using hydroponics as a clean production cultivation technique in northeastern Brazil.

Horticulture, Environment and Biotechnology, v. 65, n. 1, p. 95-118, 2024b. <https://doi.org/10.1007/s13580-023-00547-6>

Silva, M. G.; Sacramento, L. S.; Pereira, G. S. J.; Ribeiro, M. C. B. O.; Barros, I. S.; Gheyi, H. R. Rocket microgreen cultivation under seeding densities and nutrient solution concentrations. Water Resources and Irrigation Management, v. 13, n. 1-3, p. 60-71, 2024a. <https://doi.org/10.19149/wrim.v13i1-3.4795>

Supapvanich, S.; Sangsuk, P.; Sripumimas, S.; Anuchai, J. Efficiency of low dose cyanocobalamin immersion on bioactive compounds contents of ready to eat sprouts (sunflower and daikon) and microgreens (red-amaranth) during storage. Postharvest Biology and Technology, v. 160, 111033, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2019.111033>

Tavan, M.; Wee, B.; Fuentes, S.; Pang, A.; Brodie, G.; Viejo, C. G.; Gupta, D. Biofortification of kale microgreens with selenate-selenium using two delivery methods: Selenium-rich soilless medium and foliar application. Scientia Horticulturae, v. 323, 112522, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2023.112522>

Thuong, V. T.; Minh, H. G. Effects of growing substrates and seed density on yield and quality of radish (*Raphanus sativus*) microgreens. Research on Crops, v. 21, n. 3, p. 579-586, 2020. <https://doi.org/10.31830/2348-7542.2020.091>

Tilahun, S.; Baek, M. W.; An, K.-S.; Choi, H. R.; Lee, J. H.; Hong, J. S.; Jeong, C. S. Radish microgreens produced without substrate in a vertical multi-layered growing unit are rich in nutritional metabolites. Frontiers in Plant Science, v. 14, 1236055, 2023. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1236055>

Wieth, A. R.; Pinheiro, W. D.; Duarte, T. S. Purple cabbage microgreens grown in different substrates and nutritive solution concentrations. Revista Caatinga, v. 32, n. 4, p. 976-985, 2019. <https://doi.org/10.1590/1983-21252019v32n414rc>

Wieth, A. R.; Pinheiro, W. D.; Duarte, T. S. Commercial substrates and nutrient concentrations in the production of arugula microgreens. Agronomía Colombiana, v. 39, n. 1, p. 5-11, 2021. <https://doi.org/10.15446/agron.colomb.v39n1.87290>

Yadav, L. P.; Koley, T. K.; Tripathi, A.; Singh, S. Antioxidant potentiality and mineral content of summer season leafy greens: Comparison at mature and microgreen stages using chemometric. *Agricultural Research*, v. 8, n. 2, p. 165-175, 2019.

<https://doi.org/10.1007/s40003-018-0378-7>

Yusoh, W.; Malaeh, W.; Ruangrak, E. Increasing qualities of amaranth microgreens under plant factory system by LED light. In: *Insan Junior Researchers International Conference, 2022, Nilai. Proceedings...* Nilai: Kolej GENIUS Insan USIM, 2022.