

## CRESCIMENTO, PRODUÇÃO E TOLERÂNCIA DO BROCOLIS EM HIDROPONIA COM O USO DE ÁGUAS SALOBRAS

**PAULO VITOR SANTA ROSA SILVA<sup>1</sup>; TALES MILER SOARES<sup>2</sup>; LIZANDRA REIS BOMFIM<sup>2</sup>; MAIRTON GOMES DA SILVA<sup>1</sup> E LEANDRO FERREIRA DA COSTA<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Rua Rui Barbosa, 710 – Campus Universitário, CEP: 44380-000, Cruz das Almas, Bahia, Brasil. E-mail: paulovitor.srs@hotmail.com, mairtong@hotmail, leandroifbaianobonfim@gmail.com

<sup>2</sup> Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Rua Rui Barbosa, 710 – Campus Universitário, CEP: 44.380-000, Cruz das Almas, Bahia, Brasil. E-mail: talesmiler@gmail.com, lizandrareis6@hotmail.com

### 1 RESUMO

O presente estudo foi realizado visando avaliar o cultivo de brócolis (*Brassica oleracea* var. *itálica*, cv. 'Imperial') empregando águas salobras em sistema hidropônico. Dois experimentos foram realizados simultaneamente em casa de vegetação sob hidroponia NFT, entre março e junho de 2022 (outono-inverno): um com reposição com água doce e outro com águas salobras. As plantas foram submetidas a quatro níveis de condutividade elétrica (CE) da água: 0,3 dS m<sup>-1</sup> (controle, sem adição de NaCl), 1,75, 3,50 e 5,25 dS m<sup>-1</sup> (com adição de NaCl), no delineamento em blocos casualizados com seis repetições. Ao longo dos experimentos, foram realizadas medições biométricas e, no ponto de colheita, avaliou-se o crescimento vegetativo, a biometria e produção das inflorescências, além de sua qualidade. Também foi calculado o teor de água nas folhas e inflorescências. Os resultados indicam que é viável cultivar o brócolis com CE da solução nutritiva de até 4,46 dS m<sup>-1</sup> no outono-inverno. Contudo, no experimento com águas salobras, foram observadas perdas na qualidade comercial no nível salino mais alto. Portanto, recomenda-se evitar o uso exclusivo de águas salobras com CE de 5,25 dS m<sup>-1</sup>, reservando-as apenas para o preparo das soluções nutritivas.

**Palavras-chave:** *Brassica oleracea*, água de baixa qualidade, inflorescência, hidroponia NFT, estresse salino.

**SILVA, P. V. S. R.; SOARES, T. M.; BOMFIM, L. R.; SILVA, M. G.; COSTA, L. F.  
GROWTH, PRODUCTION AND TOLERANCE OF BROCCOLI IN HYDROPONICS  
USING BRACKISH WATERS**

### 2 ABSTRACT

The present study aimed to evaluate the cultivation of broccoli (*Brassica oleracea* var. *itálica*, cv. 'Imperial') using brackish water in a hydroponic system. Two experiments were simultaneously conducted in a greenhouse under NFT hydroponics between March and June 2022 (autumn-winter): one with replenishment using fresh water and the other with brackish water. The plants were subjected to four levels of electrical conductivity (EC) of the water: 0.3

dS m<sup>-1</sup> (control, no NaCl added), 1.75, 3.50, and 5.25 dS m<sup>-1</sup> (with NaCl addition), in a randomized block design with six replications. Throughout the experiments, biometric measurements were taken, and at harvest time, vegetative growth, biometric parameters, inflorescence production, and quality were evaluated. The water content of the leaves and inflorescences was also calculated. The results indicate that broccoli can be cultivated with an EC of up to 4.46 dS m<sup>-1</sup> in nutrient solution during autumn–winter. However, in the experiment with brackish water, losses in commercial quality were observed at the highest salinity level. Therefore, it is recommended to avoid the exclusive use of brackish water with an EC of 5.25 dS m<sup>-1</sup>, which should be reserved only for nutrient solution preparation.

**Keywords:** *Brassica oleracea*, poor water quality, inflorescence, NFT hydroponics, salt stress.

### 3 INTRODUÇÃO

Como utilizar os recursos hídricos de forma sustentável para garantir a segurança alimentar é um grande desafio para as gerações presentes e futuras (Wang *et al.*, 2022). A escassez de água doce devido às mudanças climáticas é um dos desafios mais importantes para a produção agrícola (Gorfie *et al.*, 2022). Portanto, é importante usar recursos hídricos não convencionais para irrigação para aliviar a pressão de recursos insuficientes de água doce.

Nos últimos anos, pesquisas sobre a utilização de águas salobras têm se concentrado em aspectos como salinidade, textura do solo, culturas adequadas e manejo de campo, resultando na formação de um sistema técnico relativamente completo (Liu *et al.*, 2021).

Em regiões áridas e semiáridas, a escassez de água de baixa salinidade levou ao uso de águas salobras para irrigação (Mengjie *et al.*, 2021; Silva *et al.*, 2018; Chehab *et al.*, 2020; Khaleghi *et al.*, 2020). Contudo, esse uso pode aumentar o risco de salinização dos solos e reduzir a produtividade das culturas (Ellouzi *et al.*, 2021; Sharma *et al.*, 2020).

Para mitigar os problemas de salinidade quando se emprega águas salobras na irrigação, diversas estratégias têm sido adotadas, destacando-se a transição de sistemas convencionais de cultivo em solo para hidroponia (Atzori; Mancuso;

Masi, 2019; Bione *et al.*, 2021; Silva *et al.*, 2022), principalmente para o cultivo de hortaliças (Silva *et al.*, 2018; Alves *et al.*, 2019).

A hidroponia pode oferecer maior tolerância das plantas à salinidade, uma vez que elimina a interface água/ar entre as partículas sólidas do solo (não existe energia de retenção por meio do potencial matricial), resultando, assim, apenas no efeito proveniente do estresse osmótico (Atzori *et al.*, 2019; Freitas *et al.*, 2019; Silva *et al.*, 2020a; Silva *et al.*, 2020b).

Além disso, a hidroponia proporciona uma colheita mais precoce em comparação ao cultivo em solo, favorecendo a resposta das plantas à salinidade. Essa técnica tem sido aplicada a hortaliças de ciclos curtos, como couve chinesa (Lira *et al.*, 2015), coentro (Silva *et al.*, 2015; Silva *et al.*, 2016, Silva *et al.*, 2018; Silva *et al.*, 2020b), rúcula (Campos Júnior *et al.*, 2018; Silva *et al.*, 2022), agrião (Lira *et al.*, 2018; Souza *et al.*, 2020), chicória (Alves *et al.*, 2019; Silva *et al.*, 2020a), salsa (Martins *et al.*, 2020), cebolinha (Silva Júnior *et al.*, 2019) e alface (Soares *et al.*, 2019; Freitas *et al.*, 2021; Silva *et al.*, 2021a), mas também permite o cultivo de espécies de ciclos mais longos, como pimentão (Santos *et al.*, 2018), quiabeiro (Modesto *et al.*, 2019), couve-flor (Costa *et al.*, 2020; Soares *et al.*, 2020; Santos *et al.*, 2021), meloeiro (Ulas *et al.*, 2020), tomateiro (Batista *et al.*, 2021), pimenteira (Bione *et al.*, 2021), abobrinha

(Dantas *et al.*, 2021), mini melancia (Ó *et al.*, 2021), *Scolymus hispanicus* L. (Papadimitriou *et al.*, 2022), entre outras.

A hortaliça brócolis (*Brassica oleracea* var. *itálica*), uma cultura moderadamente sensível à salinidade, é amplamente cultivada em regiões de clima ameno. Seu valor nutritivo e propriedades nutraceuticas o destacam entre as hortaliças, sendo sua inflorescência a parte da planta mais consumida (Lalla *et al.*, 2010). No Brasil, o cultivo concentra-se na região Centro-Sul, especialmente no Distrito Federal, Rio Grande do Sul, Paraná e São Paulo, onde é comercializado in natura ou processado (Cecílio Filho; Schiavon Júnior; Cortez, 2012).

Estudo anteriores indicam que o brócolis é classificado como uma cultura moderadamente sensível à salinidade, o que pode resultar em uma redução de 9,2% na produção a cada aumento unitário da condutividade elétrica do extrato de saturação do solo acima de 2,8 dS m<sup>-1</sup> (Maas; Hoffman, 1977; Maas, 1984). No entanto, esses dados foram obtidos em cultivo em solo, e a literatura carece de estudos sobre a produção de brócolis em hidroponia com águas salobras. Embora couve-folha e couve-flor tenham sido investigadas sob essas condições, o brócolis ainda é uma lacuna a ser explorada.

A aparência visual dos produtos é crucial para a aceitação do consumidor, e o estresse salino pode, em alguns casos, até melhorar a qualidade do produto (Bonasia *et al.*, 2017; D'Imperio *et al.*, 2018). Giuffrida *et al.* (2018), por exemplo, reportaram que a aplicação de estresse salino moderado melhorou as propriedades organolépticas das inflorescências da couve-flor em cultivo sem solo, aumentando assim, a vida útil do produto.

Diante do exposto, o estudo foi conduzido com o objetivo de avaliar o efeito do uso de águas salobras, em condições hidropônicas, sobre o crescimento,

produção, qualidade e tolerância do brócolis à salinidade.

## 4 MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1 Localização da área de estudo

Foram conduzidos dois experimentos, concomitantes, com brócolis (*Brassica oleracea* var. *itálica*) em casa de vegetação, entre abril e junho de 2022 (outono-inverno). As instalações do local dos experimentos fazem parte da área experimental do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, no Núcleo de Engenharia de Água e Solo (NEAS) da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), Cruz das Almas-BA (12° 40' 19" de latitude Sul, 39° 06' 23" de longitude Oeste e altitude de 220 m), Brasil.

### 4.2 Delineamento experimental e tratamentos

Nos dois experimentos, as plantas de brócolis foram submetidas a quatro níveis de condutividade elétrica da água (CEa): 0,3 – controle (sem NaCl); 1,75; 3,50 e 5,25 dS m<sup>-1</sup> (com NaCl), em delineamento de blocos casualizados com seis repetições. As concentrações de 0,00; 1,03; 2,01 e 2,99 g L<sup>-1</sup> de NaCl foram empregadas para a obtenção dos níveis salinos, preparados em água de abastecimento de baixa salinidade (CEa 0,3 dS m<sup>-1</sup>).

Duas estratégias de reposição foram adotadas: em um dos experimentos, as águas salobras foram utilizadas apenas para o preparo das soluções nutritivas, enquanto a reposição do consumo hídrico das plantas foi feita com água de abastecimento para todos os tratamentos. No outro experimento, as águas salobras foram empregadas tanto para o preparo das soluções quanto para a reposição do consumo hídrico das plantas.

### 4.3 Estrutura experimental

As plantas de brócolis foram cultivadas no sistema hidropônico NFT (técnica do fluxo laminar de nutrientes), em canais hidropônicos de PVC de 0,075 m de diâmetro com 6 m de comprimento. Os canais foram dispostos em bancadas com declividade de 5,0%, construídas com cavaletes de tubos de PVC de 0,05 m de diâmetro, com dois canais por bancada, perfazendo os espaçamentos de 0,56 m × 0,80 m entre plantas e canais, respectivamente.

Tanques plásticos com capacidade de 500 L foram utilizados para armazenamento da solução nutritiva, com válvulas esféricas na parte inferior do tanque e saídas para as bombas construídas com tubos de PVC de 0,015 m de diâmetro. Uma bomba elétrica de 32 W foi utilizada para injetar a solução em seis canais hidropônicos, simultaneamente. Após bombeada para o canal, o excedente de solução retornava ao reservatório por gravidade. Cada reservatório foi dotado de uma torneira-boia, que mantinha o volume de solução constante em 400 L, por meio de um tanque de reabastecimento de água responsável pela reposição de água consumida pelas plantas, conforme descrito por Costa *et al.* (2020) e Silva *et al.* (2020c).

O controle do acionamento das eletrobombas foi realizado com um temporizador analógico, programado para alterar as circulações em intervalos de 15 minutos (15 minutos funcionando e 15

minutos em repouso) das 06:00 às 18:00 h. Durante o período noturno, as soluções nutritivas eram circuladas a cada 2 horas, com duração de 15 minutos para cada evento.

### 4.4 Produção de mudas e manejos das plantas no sistema hidropônico

A semeadura do brócolis ‘Imperial’ (Sakata<sup>®</sup> Sementes, São Paulo, Brasil) ocorreu em 30 de março de 2022. As sementes foram semeadas em espuma fenólica (2 × 2 × 2 cm), uma por célula. A germinação ocorreu 2 dias após a semeadura (DAS). Em seguida, as plântulas foram levadas para um berçário construído em telha PVC (sistema NFT), onde receberam solução nutritiva conforme Furlani *et al.* (1999) a 50% (condutividade elétrica da solução – CE<sub>sol</sub> ~ 1,0 dS m<sup>-1</sup>) por períodos de 23 dias.

Aos 30 DAS, as mudas de brócolis foram transplantadas para os canais hidropônicos, com um total de seis mudas por canal, espaçadas em 0,7 m entre linhas e 0,5 m entre plantas. Durante o experimento, obstruções nos canais hidropônicos ocorreram devido ao robusto sistema radicular do brócolis. Portanto, recomenda-se o uso de canais com diâmetro superior a 0,075 m para o cultivo do brócolis em perfis hidropônicos do tipo NFT. Na Figura 1 apresenta-se uma visão geral do experimento.

**Figura 1.** Visão geral do experimento de cultivo brócolis em sistema hidropônico NFT

Fonte: Autores (2024).

#### 4.5 Monitoramento da solução nutritiva

No sistema definitivo de cultivo, as plantas receberam solução nutritiva

conforme Furlani *et al.* (1999) na concentração de 100%, preparada com águas de diferentes salinidades (com NaCl), conforme apresentado na Tabela 1.

**Tabela 1.** Valores de condutividade elétrica (CE) da água (CEa), CE da solução inicial (ECsol inicial), CE da solução final (ECsol final) e CE ponderada (ECsolp) ao longo do tempo, a partir de experimentos com estratégias de reabastecimento com água doce e salobra

CEa	Reposição com água doce			Reposição com água salobra		
	CEsolinicial	CEsolfinal	CEsolp	CEsolinicial	CEsolfinal	CEsolp
	dS m <sup>-1</sup>					
T1 = 0,30	2,10	2,02	1,92	2,01	2,08	1,95
T2 = 1,75	3,78	3,72	3,62	3,81	5,92	4,87
T3 = 3,50	5,56	5,42	5,41	5,57	8,46	6,77
T4 = 5,25	7,26	7,22	7,16	7,28	10,40	8,74

Fonte: Autores (2024).

#### 4.6 Medições biométricas

##### 4.6.1 Parâmetros de crescimento do brócolis

Durante os experimentos foram realizadas medições biométricas nas plantas.

Na posição central de cada canal hidropônico, três plantas foram previamente identificadas nos experimentos com reposição de água doce e de água salobra, garantindo que as medições fossem feitas sempre nas mesmas plantas. As medições incluíram altura de planta (AP, em cm),

diâmetro do caule (DC, em mm), área foliar (AF, em cm<sup>2</sup>) e a contagem do número de folhas (NF), realizadas aos 60 dias após a semeadura, e na colheita, que ocorreu em torno dos 90 dias após a semeadura, variando conforme a estratégia e o tratamento.

A AF foi mensurada utilizando a Equação 1, que estima a área foliar da couve-flor (Silva *et al.*, 2021b), considerando o comprimento (CLF) e largura (LLF) do limbo foliar, devido a semelhança biofísica entre brócolis e couve-flor, esse método de estimativa foi selecionado. Ressalta-se que folhas com sintomas de deficiência ou toxicidade iônica relacionados à salinidade ou que apresentavam danos causados por pragas e doenças não foram contabilizadas.

$$AF = 0,578 \times (CLF \times LLF)^{1,05} \quad (1)$$

Na colheita das inflorescências, além das variáveis já mencionadas, foram obtidas as massas de matéria fresca das folhas (MFF, em g) e do caule (MFC, em g). A massa de matéria fresca da parte aérea (MFPA, em g) foi calculada pela soma da MFF e MFC. O DC foi medido com um paquímetro digital. O material fresco foi acondicionado em sacos de papel e colocado em estufa de circulação forçada de ar quente a 65°C até atingir massa constante, permitindo a quantificação das massas de matéria seca das folhas (MSF, em g) e do caule (MSC, em g). A massa de matéria seca da parte aérea (MSPA, em g) foi obtida pela soma da MSF e MSC.

#### **4.6.2 Crescimento, produção e qualidade visual das inflorescências do brócolis**

As inflorescências do brócolis foram colhidas assim que se identificou o ponto ideal de colheita, que foi determinado pela compactidade e firmeza das inflorescências. Durante cada colheita, foram determinados o diâmetro da inflorescência (DI, em mm), a altura da inflorescência (AI, em cm) e a

massa de matéria fresca da inflorescência (MFI, em g).

No experimento com reposição de água doce, as colheitas foram realizadas aos 45 dias após o transplântio (DAT) para os tratamentos T1 e T2, aos 50 DAT para o tratamento T3 e aos 55 DAT para o tratamento T4. No experimento com águas salobras, as colheitas dos tratamentos T1 e T2 também ocorreram aos 45 DAT, enquanto os tratamentos T3 e T4 foram colhidos aos 51 e 57 DAT, respectivamente.

Em ambos experimentos, as inflorescências frescas foram acondicionadas em sacos de papel e colocadas em uma estufa de circulação forçada de ar quente a 65°C até atingirem massa constante, para quantificar a massa de matéria seca da inflorescência (MSI, em g).

#### **4.6.3 Teor de água da parte aérea e das inflorescências do brócolis**

O teor de água (TA) foi calculado com base nas massas de matéria fresca (MF) e seca (MS) das folhas e da inflorescência, conforme Equação 2.

$$TA (\%) = (MF - MS)/MF \quad (2)$$

#### **4.7 Tolerância à salinidade**

Para determinar a tolerância da cultura do brócolis à salinidade, foram utilizados os resultados do experimento com reposição com água doce, uma vez que a salinidade permaneceu relativamente constante, permitindo a análise das produções relativas obtidas em cada tratamento. Os modelos de Maas e Hoffman (1977), Steppuhn, Van Genuchten e Grieve (2005a) e Bione *et al.* (2021) foram empregados na avaliação.

#### 4.8 Análise estatística

Os dados foram avaliados individualmente para cada experimento. Primeiramente, foram submetidos ao teste de normalidade (Shapiro-Wilk) e, em seguida, à análise de variância pelo teste F ( $P \leq 0,05$ ). Quando os resultados foram significativos, realizaram-se análise de regressão, selecionando-se modelos de primeiro ou segundo grau, com a significância de seus parâmetros avaliada pelo teste t de Student. Além disso, os modelos foram escolhidos com base nos maiores valores do coeficiente de determinação ( $R^2 > 65\%$ ).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Crescimento vegetativo e teor de água nas folhas de brócolis

No experimento com reposição do consumo hídrico com água doce, foram avaliados, aos 60 dias após a semeadura e na colheita, a altura de planta, o número de folhas, o diâmetro do caule e a área do foliar. Adicionalmente, na colheita das inflorescências, foram medidas as massas de matéria fresca das folhas, do caule e da parte aérea, bem como as massas de matéria seca das folhas, do caule e da parte aérea, além dos teores de água nas folhas. Os resultados são apresentados na Tabela 2.

**Tabela 2.** Resumo do teste F e ajuste dos modelos de regressão para altura da planta (AP, cm), número de folhas (NF), área foliar (AF,  $\text{cm}^2$ ), diâmetro do caule (DC, mm), matéria fresca das folhas (MFF, g), matéria fresca do caule (MFC, g), matéria fresca da parte aérea (MFPA, g), matéria seca das folhas (MSF, g), matéria seca do caule (MSC, g), matéria seca da parte aérea (MSPA, g) e teor de água nas folhas (TAF, %) de plantas de brócolis cultivadas sob diferentes níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva (CEsol), em sistema hidropônico NFT, aos 60 dias após a semeadura (DAS) e no momento da colheita, no experimento realizado com estratégia de reposição com água doce

Variáveis	P-valor teste F	CV (%)	Modelo ou média	<sup>(1)</sup> Relação (b/a) × 100	R <sup>2</sup> (%)
60 DAS					
AP	<0,01	4,93	AP = -3,52**CEsol + 73,03	4,82	88,84
NF	<0,01	6,19	NF = -0,58**CEsol + 16,34	3,56	90,42
DC	<0,01	9,70	DC = -0,85**CEsol + 20,04	4,24	93,06
AF	<0,01	9,90	AF = -895,63**CEsol+13.743,24	6,52	82,58
Colheita					
AP	<0,01	4,33	AP = -3,51**CEsol + 80,27	4,37	92,42
NF	<0,01	5,42	Média = 23,96	--	--
DC	<0,01	9,49	DC = -0,91**CEsol + 31,96	2,85	76,39
AF	<0,01	10,04	AF=-1.356,56**CEsol+19.336,80	7,02	90,64
MFF	<0,01	9,13	MFF = -39,42**CEsol + 787,88	5,00	94,55
MFC	<0,01	9,50	MFC = -48,41**CEsol + 906,36	5,34	90,91
MFPA	<0,01	8,38	MFPA = -87,83**CEsol+1.694,24	5,18	93,82
MSF	>0,05	7,62	Média = 80,30	--	--
MSC	<0,01	7,44	MSC = -2,31**CEsol + 73,96	3,12	92,41
MSPA	<0,01	4,13	MSPA = -3,93**CEsol + 161,57	2,43	98,70
TAF	<0,01	1,24	TAF = -0,66**CEsol + 89,53	0,74	87,85

CV – coeficiente de variação; \*\*, \* – significativo a 1 e 5%, respectivamente; <sup>(1)</sup>  $y = bx + a$ .

Fonte: Autores (2024).

De acordo com a Tabela 2, a condutividade elétrica da solução nutritiva exerceu efeito significativo em todos os parâmetros avaliados, exceto no NF e na MSF na colheita. De maneira geral, no experimento com reposição de água doce, observou-se que o número de folhas das plantas de brócolis não foi afetado pela salinidade, evidenciado pela ausência de efeito significativo ( $P > 0,05$ ) da salinidade da solução nutritiva sobre esse parâmetro. Assim, mesmo sob estresse salino, as plantas

continuaram a emitir novas folhas, embora tenha havido reduções na AF com o aumento da salinidade nos dois períodos avaliados.

No experimento que utilizou exclusivamente águas salobras (Tabela 3), não foi observado efeito significativo ( $P > 0,05$ ) dos níveis crescentes de CEsol no NF e no DC aos 60 DAS, nem na MSC na colheita. Contudo, a CEsol influenciou significativamente os demais parâmetros avaliados.

**Tabela 3.** Resumo do teste F e ajuste dos modelos de regressão para altura da planta (AP, cm), número de folhas (NF), área foliar (AF,  $\text{cm}^2$ ), diâmetro do caule (DC, mm), matéria fresca das folhas (MFF, g), matéria fresca do caule (MFC, g), matéria fresca da parte aérea (MFPA, g), matéria seca das folhas (MSF, g), matéria seca do caule (MSC, g), matéria seca da parte aérea (MSPA, g) e teor de água nas folhas (TAF, %) de plantas de brócolis cultivadas sob diferentes níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva (CEsol) em sistema hidropônico NFT, aos 60 dias após a semeadura (DAS) e no momento da colheita para o experimento com reposição com uso de água salobra

Variáveis	P-valor teste F	CV (%)	Modelo ou média	<sup>(1)</sup> Relação (b/a) × 100	R <sup>2</sup> (%)
60 DAS					
AP	<0,01	8,27	AP = -2,83**CEsol + 65,34	4,33	95,95
NF	>0,05	11,89	Média = 13,00	--	--
DC	>0,05	15,18	Média = 13,93	--	--
AF	<0,01	9,59	AF = -669,16**CEsol+11.617,06	5,76	87,30
Colheita					
AP	<0,01	7,08	AP = -3,80**CEsol + 82,03	4,63	97,15
NF	<0,01	6,05	NF = -0,31*CEsol + 24,56	1,26	70,69
DC	<0,01	6,73	DC = -1,03**CEsol + 32,37	3,18	90,58
AF	<0,01	12,03	AF=-1.472,88**CEsol+17.911,24	8,22	82,45
MFF	<0,01	13,34	MFF = -46,39**CEsol + 754,53	6,15	83,96
MFC	<0,01	14,31	MFC = -63,56**CEsol + 913,64	6,96	84,67
MFPA	<0,01	10,37	MFPA = -109,95**CEsol+1.668,17	6,59	84,42
MSF	<0,01	11,19	MSF = -2,57**CEsol + 87,46	2,94	85,41
MSC	>0,05	14,43	Média = 59,78	--	--
MSPA	<0,01	8,15	MSPA = -4,07**CEsol + 155,63	2,62	89,13
TAF	<0,01	1,25	TAF = -1,02**CEsol + 90,18	1,13	79,77

CV – coeficiente de variação; \*\*, \* – significativo a 1 e 5%, respectivamente; <sup>(1)</sup>  $y = bx + a$ .

Fonte: Autores (2024).

No final dos experimentos, para cada aumento unitário da CEsol, registraram-se reduções na AF de 7,02 e 8,22% no experimento com reposição com água doce (Tabela 2) e salobra (Tabela 3), respectivamente. A redução da área foliar é

um mecanismo de adaptação das plantas ao estresse, visando conservar água ao diminuir a área transpiratória (Silva *et al.*, 2017; Silva *et al.*, 2019; Costa *et al.*, 2020), no caso do presente estudo, como resposta ao estresse salino. A magnitude da redução da AF

depende da intensidade e da duração do estresse salino, bem como da estratégia de reposição hídrica.

Ao contrário do observado na presente pesquisa, nos estudos de Giuffrida *et al.* (2013a) e Giuffrida *et al.* (2017), a AF total da couve-flor 'Conero' não foi influenciada significativamente pela salinidade. No primeiro estudo desenvolvido pelos autores (ano de 2013), concentrações de NaCl na solução (0 mM NaCl – controle, 20 e 40 mM NaCl) foram avaliadas. Já no segundo estudo, duas soluções (não salina – CEsol 2,0 dS m<sup>-1</sup> sem NaCl e salina – CEsol 4,0 dS m<sup>-1</sup> com NaCl) foram aplicadas constantemente durante todo o ciclo de cultivo ou em períodos alternados de crescimento. Para o tratamento no qual a solução salina foi aplicada até o surgimento das brotações das inflorescências (posteriormente foi aplicada solução não salina) e para o tratamento em que se aplicou a solução salina logo após o início das brotações (antes foi aplicada solução não salina), a AF não diferenciou estatisticamente em relação ao controle (aplicação não salina em todo o ciclo de cultivo). Tais estudos foram realizados em vasos com areia com cultivo em casa de vegetação na Itália nas estações outono-inverno (90 DAT) e outono (84 DAT), respectivamente.

No presente estudo, já na primeira avaliação (60 DAS), registraram-se reduções na AF de 6,52% e 5,76% nos experimentos com água doce e água salobra, respectivamente, com um efeito intensificado na colheita (reduções de 7,02% e 8,22% por dS m<sup>-1</sup>). Esses resultados estão em concordância com os de Silva *et al.* (2020d), que avaliaram o crescimento inicial da couve-flor 'SF1758' em hidroponia NFT na mesma localidade, encontrando que plantas submetidas a uma condutividade elétrica da água (CEa) de 0,3 e 5,5 dS m<sup>-1</sup> apresentaram uma redução da AF em 22,47% e 18,44% aos 15 e 25 DAT,

respectivamente, em comparação ao tratamento controle.

Para o número de folhas, independentemente dos níveis de CEsol, a média registrada foi de 23,96 folhas planta<sup>-1</sup> no experimento com água doce (Tabela 2). No experimento com água salobra (Tabela 3), estimou-se uma média de 23,95 folhas planta<sup>-1</sup> para o tratamento controle (CEsol ponderada de 1,95 dS m<sup>-1</sup>), enquanto o tratamento com maior salinidade (CEsol ponderada de 8,74 dS m<sup>-1</sup>) registrou 21,85 folhas planta<sup>-1</sup>. Portanto, independentemente da estratégia de reposição, não houve perdas significativas de folhas. Semelhantemente, outros estudos mostraram que o NF da couve-flor não variou significativamente em função dos níveis de condutividade elétrica do extrato de saturação do solo. De Pascale, Maggio e Barbieri (2005) estudaram CEsol iguais a 1,81; 2,18; 2,89; 3,22 e 6,22 dS m<sup>-1</sup>, encontrando NF média de 28 folhas planta<sup>-1</sup>, enquanto Costa *et al.* (2020) avaliaram CEsol iguais a 1,4; 2,6; 3,5; 4,6; 5,4 e 6,7 dS m<sup>-1</sup>, registrando NF média de 27 folhas planta<sup>-1</sup>.

Já no estudo de Soares *et al.* (2020) com a couve-flor 'Piracicaba Precoce' em hidroponia NFT, o número de folhas mostrou-se bastante variável em função dos níveis de condutividade elétrica da água (CEa) e das taxas de aplicação das soluções nutritivas (TAsol) nos canais de cultivo. Aos 79 DAS (49 DAT), sob baixa salinidade (CEa 0,2 dS m<sup>-1</sup>), registraram-se 27,05 e 26,92 folhas planta<sup>-1</sup> com TAsol de 1,5 e 2,5 L min<sup>-1</sup>; enquanto sob maior salinidade (CEa 5,5 dS m<sup>-1</sup>), foram registradas 18,84 e 14,23 folhas planta<sup>-1</sup>, respectivamente. Nesse estudo, as águas salobras foram empregadas durante todo o processo produtivo. No geral, o NF observado no presente trabalho (Tabelas 2 e 3) está na faixa dos valores registrados por Soares *et al.* (2020).

O maior crescimento das folhas do brócolis no experimento com reposição com água doce contribuiu para um maior acúmulo de biomassa, registrando-se

maiores médias de MFPA de 1.525,61; 1.376,30; 1.219,08 e 1.065,38 g, para os níveis ponderados de CEsol de 1,92; 3,62; 5,41 e 7,16 dS m<sup>-1</sup>, respectivamente. Sob estratégia de reposição com água salobra, as médias obtidas para a MFPA foram de 1.453,77; 1.132,71; 923,81 e 707,21 g, para os níveis ponderados de CEsol de 1,95; 4,87; 6,77 e 8,74 dS m<sup>-1</sup>, respectivamente.

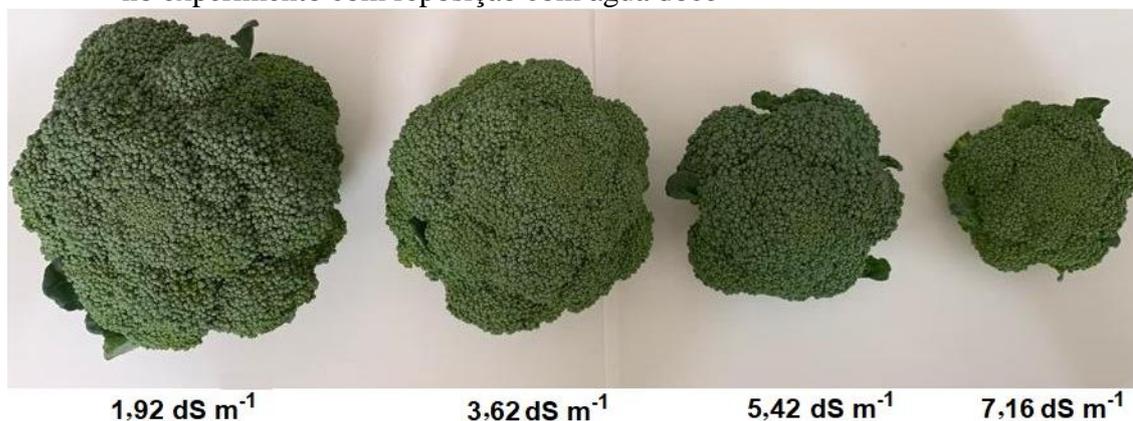
Essa maior redução na produção de biomassa sob salinidade no experimento com reposição de água salobra pode ser explicada pela estratégia empregada no manejo das soluções nutritivas, uma vez que o uso das águas salobras foi exclusivo (tanto para o preparo das soluções quanto para a reposição do consumo hídrico), o que

aumentou a CEsol durante o cultivo. Em contraste, na estratégia com reposição de água doce, a CEsol se manteve relativamente constante ao longo do ciclo, pois as águas salobras foram utilizadas apenas para o preparo das soluções, enquanto a reposição foi feita com água de baixa salinidade.

### 5.3. Biometria, produção e teor de água da inflorescência do brócolis

No experimento com uso da água salobra apenas para preparo da solução nutritiva, todas as inflorescências colhidas foram classificadas como comercializáveis, sem quaisquer defeitos de forma e/ou outros distúrbios, como mostrado na Figura 2.

**Figura 2.** Qualidade visual das inflorescências do brócolis sob diferentes níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva (ECsol) em sistema hidropônico NFT, no experimento com reposição com água doce



Fonte: Autores (2024).

Dos tratamentos testados no experimento com reposição com água salobra, apenas no nível mais salino (CEa = 5,25 dS m<sup>-1</sup>), observou-se a produção de inflorescências defeituosas e não comercializáveis, conforme ilustrado na Figura 3. Essa redução na qualidade das

inflorescências pode ser atribuída ao estresse salino elevado, que afetou o desenvolvimento normal da planta, resultando em características indesejáveis que comprometeram sua viabilidade comercial.

**Figura 3.** Qualidade visual da inflorescência do brócolis cultivado sob condutividade elétrica de água de  $5,25 \text{ dS m}^{-1}$ , em sistema hidropônico NFT, no experimento com reposição com água salobra



**Fonte:** Autores (2024).

Durante o experimento, não foram registradas perdas totais de plantas devido ao efeito deletério do excesso de sais, mesmo no nível salino mais elevado testado. Os sintomas apresentados e descritos no presente trabalho são compatíveis com a sintomatologia de toxidez dos íons sódio e cloreto. De acordo com Dias *et al.* (2016), o NaCl, em altas concentrações, pode provocar essas manchas inicialmente nas bordas, que depois se intensificam por toda a área foliar.

Embora a literatura sobre salinidade tenha documentado reduções na biomassa das inflorescências da couve-flor, poucos

estudos mencionam a perda de qualidade das inflorescências (Giuffrida *et al.*, 2017; Costa *et al.*, 2020).

Nos experimentos realizados, avaliou-se o diâmetro da inflorescência, a altura da inflorescência, a massa de matéria fresca na inflorescência, a massa de matéria seca e o teor de água na inflorescência. Em ambos os experimentos, verificou-se efeito significativo da CESol em todas as variáveis avaliadas (DI, AI, MFI, MSI e TAI), exceto para a MSI do experimento com reposição com água doce, conforme apresentado na Tabela 4.

**Tabela 4.** Resumo do teste F e ajuste dos modelos de regressão para diâmetro da inflorescência (DI, mm), altura da inflorescência (AI, mm), matéria fresca da inflorescência (MFI, g), matéria seca da inflorescência (MSI, g) e teor de água na inflorescência (TAI, %) do brócolis cultivado sob diferentes níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva (CEsol), em sistema hidropônico NFT, no experimento realizado com estratégia de reposição com água doce e salobra

Variáveis	P-valor teste F	CV (%)	Modelo ou média	<sup>(1)</sup> Relação (b/a) × 100	R <sup>2</sup> (%)
Experimento com reposição com água doce					
DI	<0,01	11,77	DI = - 8,95**CEsol + 123,73	7,23	93,53
AI	<0,01	14,08	AI = -4,64**CEsol + 84,09	5,52	82,72
MFI	<0,01	6,08	MFI = -18,43**CEsol + 210,98	8,74	95,41
MSI	>0,05	6,71	Média = 20,13	--	--
TAI	<0,01	3,47	TAI = - 1,56**CEsol + 89,74	1,74	92,12
Experimento com reposição com água salobra					
DI	<0,01	6,56	DI = - 10,91**CEsol + 134,56	8,11	99,30
AI	<0,01	12,17	AI = -7,79**CEsol + 102,96	7,57	97,20
MFI	<0,01	5,08	MFI = -27,62**CEsol + 262,83	10,51	95,49
MSI	<0,01	11,17	MSI = -2,05*CEsol + 30,63	6,69	99,44
TAI	<0,01	12,41	TAI = - 4,63**CEsol + 99,29	4,66	83,44

CV – coeficiente de variação; \*\*, \* – significativo a 1 e 5%, respectivamente; <sup>(1)</sup> y = bx + a.

Fonte: Autores (2024).

As médias estimadas da MFI obtidas no experimento com reposição com água doce foram de 175,59; 144,26; 111,27 e 79,02 g para os níveis de CEsol de 1,92; 3,62; 5,41 e 7,16 dS m<sup>-1</sup>, respectivamente. Já no experimento com reposição com águas salobras, as médias estimadas da MFI foram de 208,97; 128,32; 75,84 e 21,43 g, respectivamente.

As menores perdas de produção do brócolis, observadas no experimento com água doce, podem ser atribuídas à estratégia de manejo das águas salobras, que foi utilizada apenas para o preparo da solução nutritiva. Nesse experimento, os níveis de CEsol permaneceram relativamente constantes ao longo do ciclo, pois a reposição hídrica das plantas foi realizada com água de baixa salinidade (CEa de 0,3 dS m<sup>-1</sup>). Com a salinidade mais elevada (CEa de 5,25 dS m<sup>-1</sup>), o rendimento relativo médio (RR) da MFI foi de aproximadamente 60% em relação ao controle (RR = 100 × tratamento salino/controlado), apresentando uma redução de cerca de 8,74% para cada aumento unitário na CEsol (Tabela 4).

Por outro lado, no experimento em que as águas salobras foram utilizadas exclusivamente (tanto para o preparo das soluções nutritivas quanto para a reposição hídrica), os níveis de CEsol aumentaram, resultando em perdas de produção mais acentuadas, com uma redução média de 10,51% para cada incremento unitário na CEsol.

Esse aumento expressivo na CEsol ocorreu em função da maior demanda hídrica do brócolis durante a estação de cultivo, levando a um maior aporte de íons tóxicos (principalmente Na<sup>+</sup>) na solução nutritiva. Assim, parte desses íons foi absorvida pelas plantas, enquanto uma quantidade significativa permaneceu na solução, contribuindo para o aumento da CEsol. Apesar dos consideráveis aumentos na CEsol, os rendimentos de biomassa fresca das inflorescências se mostraram satisfatórios, exceto no nível mais elevado de salinidade no experimento com águas salobras.

Diante do exposto, pode ser estratégico utilizar as águas salobras apenas

para o preparo das soluções nutritivas, mantendo a reposição do consumo hídrico das plantas com água de baixa salinidade. Embora essas abordagens representem situações de cultivo diferentes, é relevante mencionar os resultados de Giuffrida *et al.* (2017) com a couve-flor 'Conero', cultivada em vasos com areia durante o outono. Nesse estudo, duas soluções foram aplicadas: uma não salina (CEsol de 2,0 dS m<sup>-1</sup> sem NaCl) e uma salina (CEsol de 4,0 dS m<sup>-1</sup> com NaCl), sendo utilizadas continuamente ou em períodos alternados. Os autores observaram que não houve diferença significativa na MFI quando a solução salina foi aplicada até o surgimento das brotações das inflorescências (posteriormente foi aplicada solução não salina), em comparação ao controle. Além disso, a produção sob aplicação das soluções em períodos alternados de crescimento não diferiu estatisticamente da produção sob aplicações constantes ao longo do ciclo produtivo.

No presente estudo, em ambas as estratégias, a redução na MFI foi influenciada pelo diâmetro da inflorescência e pela altura da inflorescência. No experimento com reposição de água doce, as médias de DI variaram de 106,55 mm a 59,65 mm para os níveis de CEsol de 1,92 a 7,16 dS m<sup>-1</sup>, apresentando uma redução de 7,23% para cada aumento unitário na CEsol. Para a AI, as médias foram de 75,18 mm e 50,87 mm, nos mesmos níveis de CEsol, com uma redução de 5,52% por aumento unitário.

No experimento com águas salobras, as médias de DI variaram de 113,29 mm a 39,21 mm para os níveis de CEsol de 1,95 a 8,74 dS m<sup>-1</sup>, resultando em uma redução de 8,11% por aumento unitário da CEsol. Para a AI, as médias foram de 87,77 mm e 34,88 mm, também nos níveis de CEsol correspondentes, com uma redução de 7,57% por aumento unitário.

Em conformidade com os resultados do presente estudo, em ambas estratégias de reposição, exceto para o nível salino mais alto do experimento com uso exclusivo de águas salobras, Giuffrida *et al.* (2013b) também registraram que a forma da cabeça da couve-flor não foi afetada em função das concentrações de NaCl na solução nutritiva (0 mM NaCl – controle, 20 e 40 mM NaCl).

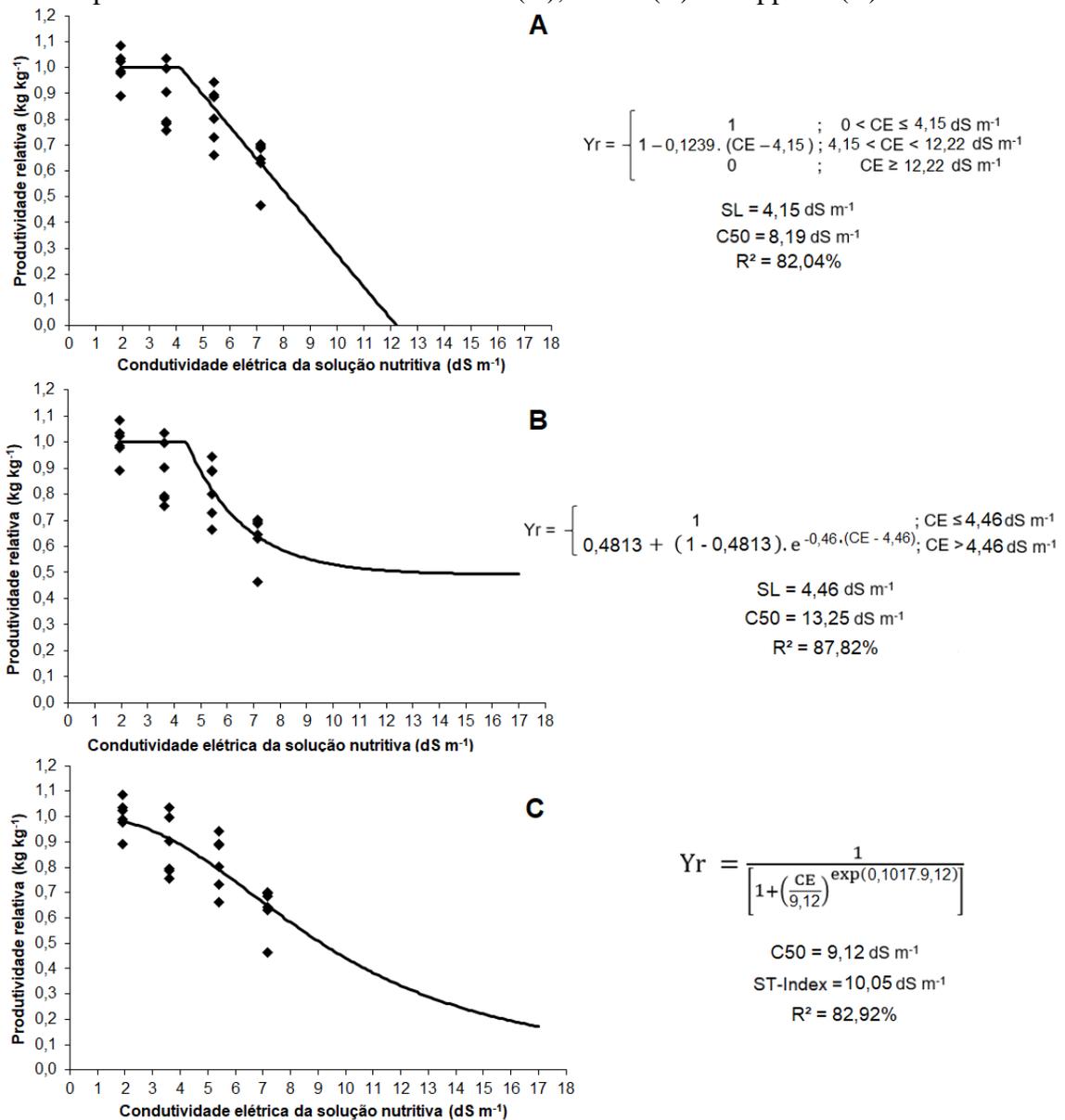
Devido às maiores superfícies das inflorescências observadas no experimento com água doce, houve um maior acúmulo de água nos tecidos, resultando em produções mais elevadas de MFI. O impacto da salinidade da solução nutritiva sobre o teor de água na inflorescência foi mais acentuado no experimento com águas salobras, com uma redução percentual de 4,66% por aumento na salinidade, superior aos 2,92% registrados no experimento com água doce.

Esse expressivo impacto da salinidade sobre o teor de água da inflorescência torna-se mais evidente quando se compara os níveis mais salinos de cada experimento. Enquanto no experimento com reposição com água doce obteve-se um TAI estimado de 78,57% para o nível salino de 7,16 dS m<sup>-1</sup>, no experimento com água salobra, a média para o nível mais salino (CEsolp = 8,74 dS m<sup>-1</sup>) foi de 58,82%.

#### 5.4 Tolerância do brócolis à salinidade

A análise dos dados de produção relativa, com base na produção do tratamento controle, permitiu determinar a salinidade limiar (SL) do brócolis utilizando os modelos de Maas e Hoffman (Figura 4A) e de Bione (Figura 4B). Os valores obtidos foram de 4,15 dS m<sup>-1</sup> para o modelo de Maas e Hoffman, que indica uma redução de 12,39% para cada aumento unitário na CEsol, e de 4,46 dS m<sup>-1</sup> para o modelo de Bione. Destaca-se que o modelo de Bione apresentou uma vantagem de 5,78% em relação ao modelo de Maas e Hoffman, em termos de coeficiente de determinação.

**Figura 4.** Produtividade relativa (Yr) e salinidade limiar do brócolis, em sistema hidropônico NFT sob diferentes níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva, analisados pelos modelos de Maas e Hoffman (A), Bione (B) e Steppuhn (C)



Fonte: Autores (2024).

De acordo com Maas e Hoffman (1977), a salinidade limiar do brócolis é de 2,8 dS m<sup>-1</sup>, com uma redução de 9,2% para cada aumento unitário na salinidade, caracterizando a cultura como moderadamente sensível. No presente estudo, os valores obtidos (4,15 dS m<sup>-1</sup> e 12,39%) foram superiores aos reportados pelos autores supracitados, indicando uma maior tolerância do brócolis à salinidade em

condições de cultivo hidropônico. Contudo, utilizar as faixas de tolerância de Maas (1984) para reclassificar a sensibilidade do brócolis à salinidade é questionável, uma vez que essas foram desenvolvidas para cultivos em solo, sendo baseadas na condutividade elétrica do extrato de saturação.

O modelo de Steppuhn (Figura 4C) não exibe um platô de produtividade de 100% seguido por uma queda; em vez disso,

introduz o conceito de C50, que representa a salinidade na qual a produtividade atinge 50% do rendimento em relação ao tratamento controle. Para o brócolis, o valor de C50 foi de 9,12 dS m<sup>-1</sup>, enquanto nos modelos de Maas e Hoffman e Bione, os valores de C50 foram de 8,19 e 13,25 dS m<sup>-1</sup>, respectivamente.

Adicionalmente, com base nos resultados do modelo de Steppuhn, o índice de tolerância à salinidade (ST-Index) do brócolis foi de 10,05 dS m<sup>-1</sup>, com uma declividade 's' de 0,1017 (dS m<sup>-1</sup>)<sup>-1</sup>. Steppuhn, Van Genuchten e Grieve (2005b) encontraram, em estudos com brócolis cultivado em solo, um índice de 8,99 dS m<sup>-1</sup>, associado a uma C50 de 7,88 dS m<sup>-1</sup> e uma declividade 's' de 0,14 (dS m<sup>-1</sup>)<sup>-1</sup>.

## 6 CONCLUSÕES

Os resultados deste estudo sugerem que o cultivo de brócolis é viável sob uma condutividade elétrica da solução nutritiva de até 4,46 dS m<sup>-1</sup>. Em geral, as inflorescências apresentaram elevadas produções e não houve perdas significativas de qualidade que comprometessem a viabilidade dos experimentos, exceto para o nível mais salino (CEa = 5,25 dS m<sup>-1</sup>) no experimento que utilizou exclusivamente águas salobras. Portanto, recomenda-se evitar o uso exclusivo de águas salobras com CEa de 5,25 dS m<sup>-1</sup>, reservando essas águas apenas para o preparo das soluções nutritivas, a fim de prevenir possíveis efeitos adversos na qualidade das inflorescências.

## 7 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq – processo nº 408511/2023-0) e ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Agricultura Sustentável no Semiárido Tropical

(INCTAgriS/CNPq – processo nº 406570/2022-1), pelo apoio financeiro.

## 8 REFERÊNCIAS

- ALVES, L. S.; SILVA, M. G.; GHEYI, H. R.; PAZ, V. P. S.; SOARES, T. M.; RAFAEL, M. R. S. Uso de águas salobras no cultivo da chicória em condições hidropônicas. **Irriga**, Botucatu, v. 24, n. 4, p. 758-769, 2019.
- ATZORI, G.; MANCUSO, S.; MASI, E. Seawater potential use in soilless culture: A review. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 249, p. 199-207, 2019.
- BATISTA, M. C.; NASCIMENTO, R.; MAIA JÚNIOR, S. O.; NASCIMENTO, E. C. S.; BEZERRA, C. V. C.; LIMA, R. F. Physiology and production of cherry tomato cultivars in a hydroponic system using brackish water. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 25, n. 4, p. 219-227, 2021.
- BIONE, M. A. A.; SOARES, T. M.; COVA, A. M. W.; PAZ, V. P. S.; GHEYI, H. R.; RAFAEL, M. R. S.; MODESTO, F. J. N.; SANTANA, J. A.; NEVES, B. S. L. Hydroponic production of 'Biquinho' pepper with brackish water. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 245, article 106607, p. 1-10, 2021.
- BONASIA, A.; LAZZIZERA, C.; ELIA, A.; CONVERSA, G. Nutritional, biophysical and physiological characteristics of wild rocket genotypes as affected by soilless cultivation system, salinity level of nutrient solution and growing period. **Frontiers in Plant Science**, Lausanne, v. 8, n. 300, p. 1-15, 2017.

- CAMPOS JÚNIOR, J. E.; SANTOS JÚNIOR, J. A.; MARTINS, J. B.; SILVA, E. F. F.; ALMEIDA, C. D. G. C. Rocket production in a low cost hydroponic system using brackish water. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 31, n. 4, p. 1008-1016, 2018.
- CECÍLIO FILHO, A. B.; SCHIAVON JÚNIOR, A. A.; CORTEZ, J. W. M. Produtividade e classificação de brócolis para indústria em função da adubação nitrogenada e potássica e dos espaçamentos entre plantas. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v. 30, n. 1, p. 12-17, 2012.
- CHEHAB, H.; TEKAYA, M.; HAJLAOUI, H.; ABDELHAMID, S.; GOUIAA, M.; SFINA, H.; MECHRI, B. Complementary irrigation with saline water and soil organic amendments modified soil salinity, leaf  $\text{Na}^+$ , productivity and oil phenols of olive trees (*cv. Chemlali*) grown under semiarid conditions. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 237, article 106183, p. 1-12, 2020.
- COSTA, L. F.; SOARES, T. M.; SILVA, M. G.; MODESTO, F. J. N.; QUEIROZ, L. A.; PEREIRA, J. S. Cauliflower growth and yield in a hydroponic system with brackish water. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 33, n. 4, p. 1060-1070, 2020.
- DANTAS, M. V.; LIMA, G. S.; GHEYI, H. R.; PINHEIRO, F. W. A.; SILVA, L. A.; FERNANDES, P. D. Summer squash morphophysiology under salt stress and exogenous application of  $\text{H}_2\text{O}_2$  in hydroponic cultivation. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus, v. 12, p. e3464, 2021.
- DIAS, N. S.; BLANCO, F. F.; SOUZA, E. R.; FERREIRA, J. F. S.; SOUSA NETO, O. N.; QUEIROZ, I. S. R. Efeitos dos sais na planta e tolerância das culturas a salinidade. *In*: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F.; GOMES FILHO, E. (ed.). **Manejo da Salinidade na Agricultura: Estudos Básicos e Aplicados**. 2. ed. Fortaleza: INCTSal, 2016. p. 151-162.
- D'IMPERIO, M.; MONTESANO, F. F.; RENNA, M.; LEONI, B.; BUTTARO, D.; PARENTE, A.; SERIO, F. NaCl stress enhances silicon tissue enrichment of hydroponic "baby leaf" chicory under biofortification process. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 235, p. 258-263, 2018.
- ELLOUZI, H.; OUESLATI, S.; HESSINI, K.; RABHI, M.; ABDELLY, C. Seed-priming with  $\text{H}_2\text{O}_2$  alleviates subsequent salt stress by preventing ROS production and amplifying antioxidant defense in cauliflower seeds and seedlings. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 288, article 110360, p. 1-15, 2021.
- FREITAS, F. T. O.; SOARES, T. M.; SILVA, M. G.; RAFAEL, M. R. S. Cultivo de alface sob intervalos de recirculações das soluções nutritivas em sistemas hidropônicos usando água salobra. **Irriga**, Botucatu, v. 1, n. 1, edição especial, p. 67-96, 2021.
- FREITAS, W. E. S.; OLIVEIRA, A. B.; MESQUITA, R. O.; CARVALHO, H. H.; PRISCO, J. T.; GOMES-FILHO, E. Sulfur-induced salinity tolerance in lettuce is due to a better P and K uptake, lower Na/K ratio and an efficient antioxidative defense system. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 257, article 108764, p. 1-11, 2019.
- FURLANI, P. R.; SILVEIRA, L. C. P.; BOLONHEZI, D.; FAQUIN, V. **Cultivo hidropônico de plantas**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1999. (Boletim Técnico, 180).

- GIUFFRIDA, F.; SCUDERI, D.; GIURATO, R.; LEONARDI, C. Physiological response of broccoli and cauliflower as affected by NaCl salinity. **Acta Horticulturae**, Leuven, v. 1005, p. 435-441, 2013a.
- GIUFFRIDA, F.; GANGI, D.; GIURATO, R.; LEONARDI, C. Effects of NaCl salinity on yield, quality and mineral composition of broccoli and cauliflower. **Acta Horticulturae**, Leuven, v. 1005, p. 531-538, 2013b.
- GIUFFRIDA, F.; CASSANITI, C.; MALVUCCIO, A.; LEONARDI, C. Effects of salt stress imposed during two growth phases on cauliflower production and quality. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, New York, v. 97, n. 5, p. 1552-1560, 2017.
- GIUFFRIDA, F.; AGNELLO, M.; MAURO, R. P.; FERRANTE, A.; LEONARDI, C. Cultivation under salt stress conditions influences postharvest quality and glucosinolates content of fresh-cut cauliflower. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 236, p. 166-174, 2018.
- GORFIE, B. B.; TUHAR, A. W.; KERAGA, A. S.; WOLDEYOHANNES, A. B. Effect of brewery wastewater irrigation on soil characteristics and lettuce (*Lactuca sativa*) crop in Ethiopia. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 269, article 107633, p. 1-12, 2022.
- KHALEGHI, M.; HASSANPOUR, F.; KARANDISH, F.; SHAHNAZARI, A. Integrating partial root-zone drying and saline water irrigation to sustain sunflower production in freshwater-scarce regions. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 234, article 106094, p. 1-12, 2020.
- LALLA, J. G.; LAURA, V. A.; RODRIGUES, A. P. D. C.; SEABRA JÚNIOR, S.; SILVEIRA, D. S.; ZAGO, V. H.; DORNAS, M. F. Competição de cultivares de brócolos tipo cabeça única em Campo Grande. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v. 28, n. 3, p. 260-363, 2010.
- LIRA, R. M.; SILVA, E. F. F.; SILVA, G. F.; SANTOS, A. N.; ROLIM, M. M. Production, water consumption and nutrient content of Chinese cabbage grown hydroponically in brackish water. **Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 46, n. 3, p. 497-505, 2015.
- LIRA, R. M.; SILVA, E. F. F.; SILVA, G. F.; SOARES, H. R.; WILLADINO, L. G. Growth, water consumption and mineral composition of watercress under hydroponic system with brackish water. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v. 36, n. 1, p. 13-19, 2018.
- LIU, C.; CUIA, B.; HU, C.; WU, H.; GAO, F. Effects of mixed irrigation using brackish water with different salinities and reclaimed water on a soil-crop system. **Water Reuse**, London, v. 11, n. 4, p. 632-648, 2021.
- MAAS, E. V.; HOFFMAN, G. J. Crop salt tolerance: current assessment. **Journal of Irrigation and Drainage Division**, Reston, v. 103, n. 2, p. 115-134, 1977.
- MAAS, E. V. Salt tolerance of plants. In: CHRISTIE, B. R. (ed). **CRC Handbook of plant science in agriculture**. Boca Raton: CRC Press, 1984. p. 57-76.
- MARTINS, J. B.; SANTOS JÚNIOR, J. A.; LEAL, L. Y. C.; PAULINO, M. K. S. S.; SOUZA, E. R.; GHEYI, H. R. Fluorescence emission and photochemical yield of parsley under saline waters of different cationic nature. **Scientia Horticulturae**,

Amsterdam, v. 273, article 109574, p. 1-8, 2020.

MENGJIE, Z.; QUANJIU, W.; YAN, S.; JIHONG, Z. Effects of oxygenated brackish water on germination and growth characteristics of wheat. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 245, article 106520, p. 1-9, 2021.

MODESTO, F. J. N.; SANTOS, M. Â. C. M.; SOARES, T. M.; SANTOS, E. P. M. Crescimento, produção e consumo hídrico do quiabeiro submetido à salinidade em condições hidropônicas. **Irriga**, Botucatu, v. 24, n. 1, p. 86-97, 2019.

Ó, L. M. F.; COVA, A. M. W.; AZEVEDO NETO, A. D.; SOUZA, M. G.; SANTOS, A. L.; GHEYI, H. R. Production, water-use efficiency and post-harvest quality of hydroponic mini watermelon under salinity stress. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 51, p. e67054, 2021.

PAPADIMITRIOU, D. M.; DALIAKOPOULOS, I. N.; KONTAXAKIS, E.; SABATHIANAKIS, M.; MANIOS, T.; SAVVAS, D. Effect of moderate salinity on Golden Thistle (*Scolymus hispanicus* L.) grown in a soilless cropping system. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 303, article 111182, p. 1-11, 2022.

PASCALE, S.; MAGGIO, A.; BARBIERI, G. Soil salinization affects growth, yield and mineral composition of cauliflower and broccoli. **European Journal of Agronomy**, Conthey, v. 23, n. 3, p. 254-264, 2005.

SANTOS, A. C.; SILVA, M. G.; BOECHAT, C. L.; CHAGAS, D. S.; MENDES, W. S. Brackish water: an option for producing hydroponic *Capsicum annuum* in laminar flows of mineral nutrients. **Revista Colombiana de**

**Ciencias Hortícolas**, Bogota, v. 12, n. 1, p. 147-155, 2018.

SANTOS, A. L.; COVA, A. M. W.; SILVA, M. G.; SANTOS, A. A. A.; PEREIRA, J. S.; GHEYI, H. R. Crescimento e conteúdo de solutos orgânicos em couve-flor cultivada com água salobra em sistema hidropônico. **Water Resources and Irrigation Management**, Cruz das Almas, v. 10, n. 1/3, p. 38-50, 2021.

SHARMA, A.; KAPOOR, D.; WANG, J.; LANDI, M.; ZHENG, B.; YAN, D.; YUAN, H. Nitric oxide mediated mechanisms adopted by plants to cope with salinity. **Biologia Plantarum**, Praha, v. 64, p. 512-518, 2020.

SILVA, A. A. R.; VELOSO, L. S. A.; NASCIMENTO, R.; NASCIMENTO, E. C. S.; BEZERRA, C. V. C.; PEREIRA, M. C. A. Gas exchanges and growth of cotton cultivars under water salinity. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 23, n. 6, p. 393-399, 2019.

SILVA, A. C. R. A.; SILVA, G. F.; MENEZES, S. M.; CRUZ, R. Í. F.; SANTOS JÚNIOR, J. A.; ROLIM, M. M. Accumulation of cations in lettuce cultivars under low-cost hydroponic system with brackish waters. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 25, n. 12, p. 833-839, 2021a.

SILVA, A. L.; NASCIMENTO, M. N.; TANAN, T. T.; OLIVEIRA, U. C.; LIMA, J. C. Efeito da salinidade da água de irrigação na produção de alface crespa. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 14, n. 26, p. 328-337, 2017.

SILVA JÚNIOR, F. J.; SANTOS JÚNIOR, J. A.; DIAS, N. S.; GHEYI, H. R.;

- RIVERA, R. C.; SILVA, G. F.; FERNANDES, C. Green onion production under strategies of replacement and frequencies of circulation of brackish nutritive solutions. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 35, n. 3, p. 796-805, 2019.
- SILVA, M. G.; ALVES, L. S.; SOARES, T. M.; GHEYI, H. R.; BIONE, M. A. A. Growth, production and water use efficiency of chicory (*Cichorium endivia* L.) in hydroponic systems using brackish waters. **Advances in Horticultural Science**, Firenze, v. 34, n. 3, p. 243-253, 2020a.
- SILVA, M. G.; COSTA, L. F.; SOARES, T. M.; GHEYI, H. R.; SANTOS, A. A. A.; SILVA, M. V. Calibration and validation of regression models for individual leaf area estimation of cauliflower grown in a hydroponic system. **Water Resources and Irrigation Management**, Cruz das Almas, v. 10, n. 1/3, p. 1-14, 2021b.
- SILVA, M. G.; OLIVEIRA, I. S.; SOARES, T. M.; GHEYI, H. R.; SANTANA, G. O.; PINHO, J. S. Growth, production and water consumption of coriander in hydroponic system using brackish waters. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 22, n. 4, p. 547-552, 2018.
- SILVA, M. G.; PEREIRA, B. R.; SANTOS, D. C.; SILVA, M. V.; GHEYI, H. R.; SOARES, T. M. Crescimento vegetativo da couve-flor cultivada com água salobra em condições hidropônicas. *In: INOVAGRI MEETING VIRTUAL*, 2020. **Anais [...]**. Fortaleza: Inovagri Meeting, 2020d. p. 1-11.
- SILVA, M. G.; SOARES, T. M.; GHEYI, H. R.; COSTA, I. P.; VASCONCELOS, R. S. Growth, production and water consumption of coriander grown under different recirculation intervals and nutrient solution depths in hydroponic channels. **Emirates Journal of Food & Agriculture**, Al Ain, v. 32, n. 4, p. 281-294, 2020c.
- SILVA, M. G.; SOARES, T. M.; GHEYI, H. R.; OLIVEIRA, I. S.; SILVA FILHO, J. A.; CARMO, F. F. Frequency of recirculation of the nutrient solution in the hydroponic cultivation of coriander with brackish water. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 20, n. 5, p. 447-454, 2016.
- SILVA, M. G.; SOARES, T. M.; GHEYI, H. R.; OLIVEIRA, M. G. B.; SANTOS, C. C. Hydroponic cultivation of coriander using fresh and brackish waters with different temperatures of the nutrient solution. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 40, n. 6, p. 674-683, 2020b.
- SILVA, M. G.; SOARES, T. M.; GHEYI, H. R.; SANTOS, C. C.; OLIVEIRA, M. G. B. Hydroponic cultivation of coriander intercropped with rocket subjected to saline and thermal stresses in the root-zone. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 69, n. 2, p. 148-157, 2022.
- SILVA, M. G.; SOARES, T. M.; OLIVEIRA, I. S.; SANTOS, J. C. S.; PINHO, J. S.; FREITAS, F. T. O. Produção de coentro em hidroponia NFT com o uso de águas salobras para reposição do consumo evapotranspirado. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 9, n. 4, p. 246-258, 2015.
- SOARES, H. R.; SANTOS JÚNIOR, J. A.; SILVA, E. F. F.; ROLIM, M. M.; SILVA, G. F. Water and physiological relationships of lettuce cultivated in hydroponics with brackish waters. **Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 50, n. 2, p. 216-222, 2019.

- SOARES, H. R.; SILVA, E. F. F.; SILVA, G. F.; CRUZ, A. F. S.; SANTOS JÚNIOR, J. A.; ROLIM, M. M. Salinity and flow rates of nutrient solution on cauliflower biometrics in NFT hydroponic system. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 24, n. 4, p. 258-265, 2020.
- SOUZA, C. A.; SILVA, A. O.; SANTOS, J. S. G.; LACERDA, C. F.; SILVA, G. F. Production of watercress with brackish water and different circulation times for the nutrient solution. **Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 51, n. 3, p. e20196775, 2020.
- STEPPUHN, H.; VAN GENUCHTEN, M. T.; GRIEVE, C. M. Root-zone salinity: I. Selecting a product-yield index and response function for crop tolerance. **Crop Science**, Madison, v. 45, n. 1, p. 209-220, 2005a.
- STEPPUHN, H.; VAN GENUCHTEN, M. T.; GRIEVE, C. M. Root-zone salinity: II. Indices for tolerance in agricultural crops. **Crop Science**, Madison, v. 45, n. 1, p. 221-232, 2005b.
- ULAS, A.; AYDIN, A.; ULAS, F.; YETISIR, H.; MIANO, T. F. *Cucurbita* rootstocks improve salt tolerance of melon scions by inducing physiological, biochemical and nutritional responses. **Horticulturae**, Basel, v. 6, n. 4, p. 1-13, 2020.
- WANG, H.; WANG, N.; QUAN, H.; ZHANG, F.; FAN, J.; FENG, H.; CHENG, M.; LIAO, Z.; WANG, X.; XIANG, Y. Yield and water productivity of crops, vegetables and fruits under subsurface drip irrigation: A global meta-analysis. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 269, article 107645, p. 1-12, 2022.