

ÍNDICE DE ESTRESSE, POTENCIAL HÍDRICO E SUCULÊNCIA FOLIAR DA COUVE-FLOR SOB SOLUÇÕES NUTRITIVAS SALOBRAS E VAZÕES DE APLICAÇÃO

Ruana Iris Fernandes Cruz¹, Gerônimo Ferreira da Silva², Alexsandro Oliveira da Silva³,
Sabrina Maria Alves das Neves⁴, Manassés Mesquita da Silva², Alan Henrique Santos Silva⁴

RESUMO: Objetivou-se com este trabalho avaliar o índice de estresse hídrico, o potencial hídrico e a suculência foliar da couve-flor cv. Sarah 1169 com o a utilização de águas subterrâneas salobras para o preparo da solução nutritiva e duas vazões de aplicação desta solução. O experimento foi conduzido no Departamento de Engenharia Agrícola da UFRPE em sistema hidropônico NFT. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial 6 x 2, onde o primeiro fator correspondeu a seis tipos de águas, uma de abastecimento e as demais de poços coletados no município de Ibimirim- PE (1,67; 3,30; 4,71; 5,88 e 13,84 dS m⁻¹) e duas vazões de aplicação de solução nutritiva (1,5 L min⁻¹ e 2,5 L min⁻¹), com 4 repetições. Os maiores índices de estresse hídrico foram encontrados nos tratamentos com maior salinidade, água cloretada sódica e água cloretada magnésiana S2. A vazão de aplicação de 2,5 L min⁻¹ proporcionou o maior índice de estresse hídrico. De modo geral, a salinidade das águas reduziu a suculência foliar e o potencial hídrico da cultura, com efeitos mais acentuados na vazão de 2,5 L min⁻¹.

PALAVRAS-CHAVE: relações hídricas, salinidade, hidroponia NFT.

WATER STRESS INDEX, LEAF WATER POTENTIAL AND SUCCULENCE OF CAULIFLOWER UNDER BRACKISH NUTRITIVE SOLUTIONS AND FLOW RATES

ABSTRACT: This study aimed to evaluate the water stress index, leaf water potential and succulence of the Sarah 1169 cauliflower cultivar with the use of brackish groundwater for

¹Mestranda em Engenharia Agrícola, UFRPE, CEP 52171-900, Recife, PE. Fone: (81) 99405-0912. e-mail: ruanairis@gmail.com.

² Professores Doutores, Departamento de Engenharia Agrícola, UFRPE, Recife, PE.

³ Prof. Doutor, Departamento de Engenharia Agrícola, UFC, Fortaleza, CE.

⁴ Mestrandos em Engenharia Agrícola, UFRPE, Recife, PE.

the preparation of nutrient solution and two flow rates. It was carried out in the Agricultural Engineering at UFRPE, Recife – PE, in a NFT hydroponic system. The design used was a completely randomized in a factorial scheme 6 x 2, which the first factor corresponded to six types of water, water supply and the others of wells collected in the municipality of Ibimirim-PE (1.67, 3.30, 4.71, 5.88 and 13.84 dS m⁻¹) along with two nutrient solution flow rates (1.5 L min⁻¹ and 2.5 L min⁻¹) with four replicates. The highest water stress indexes were found in treatments with higher salinity levels, sodium chlorinated water and magnesium chlorinated water S2. The 2.5 L min⁻¹ flow rate provided the highest water stress index. In general, water salinity reduced succulence and leaf water potential in the plants with higher effects in 2.5 L min⁻¹ flow rate.

KEYWORDS: water relations, salinity, NFT hydroponics.

INTRODUÇÃO

Em regiões semiáridas a utilização de águas subterrâneas em cultivos hidropônicos vem ganhando destaque nos últimos anos e tem sido objeto de estudo por pesquisadores, principalmente no tocante à salinidade dessas águas e os efeitos que elas ocasionam nas plantas (Santos et al., 2011; Soares et al., 2013).

Conseqüentemente, a procura por culturas que possuam certa tolerância à salinidade e gerem lucro para os produtores tem se intensificado. Dentre estas culturas destaca-se a couve-flor, folhosa que pode ser cultivada em sistema hidropônico NFT (fluxo laminar de nutrientes) e que possui moderada tolerância à salinidade (Paulus et al., 2012; Soares et al., 2010).

No entanto, apesar da hidroponia NFT promover uma maior tolerância a salinidade em relação ao cultivo convencional, um menor gasto de insumos agrícolas e de água, a salinidade pode ocasionar efeitos nocivos ao desenvolvimento das culturas, afetando o seu potencial osmótico e, conseqüentemente, o potencial hídrico, refletindo-se em um maior índice de estresse hídrico e uma redução da suculência foliar, característica muito importante para comercialização de folhosas (Rhoades et al., 2000; Cruz et al., 2018).

Apesar de toda essa importância, pesquisas sobre o comportamento da couve-flor em condições hidropônicas com uso de águas salobras com composições próprias da região do nordeste brasileiro e seu comportamento diante de diferentes vazões de aplicação de solução nutritiva, são escassos e, ainda mais escassos quando relacionados ao índice de estresse hídrico, potencial hídrico e suculência foliar.

Assim, tendo em vista a relevância das variáveis supracitadas para a produtividade da cultura da couve-flor e a escassez de informações relacionadas ao assunto, objetivou-se com o presente trabalho avaliar o índice de estresse hídrico, o potencial hídrico e a suculência foliar da couve-flor cv. Sarah 1169 em função de vazões de aplicação da solução nutritiva preparada com águas subterrâneas salobras.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação localizada no Departamento de Engenharia Agrícola (DEAGRI) na Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), em Recife-PE (08° 01' 05" de latitude sul, 34° 56' 48" de longitude oeste e altitude média de 6,5 m).

A couve flor cv. "Sarah 1169" foi cultivada em sistema hidropônico do tipo NFT (Nutrient Film Technique) onde cada parcela era composta por perfil hidropônico independente de 3,0 m de comprimento com espaçamento de 0,6 m entre os perfis trapezoidais e de 0,5 m entre plantas. A altura média de instalação dos perfis em relação ao solo foi de 1,0 m, adotando-se uma inclinação de 5%.

Cada parcela dispôs de uma eletrobomba de circulação de 220 V, com potência de 32 W e um reservatório para solução nutritiva com 50 L por calha, equipado com boia e interligado a estruturas individuais de PVC que liberavam, à medida com que o nível da água baixava, a respectiva água salobra, conforme tratamentos, para a reposição do volume evapotranspirado pelas plantas da calha. O manejo da solução nutritiva adotado foi do tipo fechado, com recirculação de água e nutrientes.

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado com esquema fatorial de 6x2, no qual o primeiro fator diz respeito a utilização de 6 diferentes águas para preparo de solução nutritiva, cinco das quais oriundas de águas de poços do município de Ibimirim-PE, classificadas pela o dígrama de Piper (Tabela 1) e um tratamento com água de abastecimento (0,2 dS m⁻¹), o segundo fator correspondeu a duas vazões de aplicação de solução nutritiva (1,5 L min⁻¹ e 2,5 L min⁻¹), com 4 repetições, totalizando 48 parcelas experimentais.

Para formulação das águas salobras oriundas dos poços foi realizada a análise da composição química das águas e em seguida adicionados uma mistura de sais (CaCl₂, NaHCO₃, Na₂CO₃, KCl, MgSO₄, NaCl e MgCl₂) simulando as características química dessas

águas. Para formulação da solução nutritiva foi feita o preparo conforme recomendação de Furlani et al. (1998) utilizando nitrato de cálcio, nitrato de potássio, MAP, sulfato de magnésio, sulfato de cobre, sulfato de zinco, sulfato de manganês, ácido bórico, molibdato de sódio e Fe-EDTA-13% Fe.

Tabela 1. Composição química das águas de 5 poços dos municípios de Ibimirim-PE caracterizada segundo diagrama de Piper

Poço	CEw (dS m ⁻¹)	pH	Cátions					Ânions		
			Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	Cl ⁻	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻
SC	1,67	7,23	90,09	71,66	2,73	176,86	349,70	52,85	361,24	133,40
CMs1	3,30	6,72	207,48	147,89	37,07	295,27	1105,55	36,79	500,94	65,00
CC	4,71	7,08	436,80	185,86	18,00	476,24	1927,20	118,86	689,70	47,40
CS	5,88	7,39	300,30	202,95	10,54	665,44	2230,53	0,00	419,82	0,00
CMs2	13,84	7,67	60,06	1146,69	18,00	1283,89	4893,56	82,07	755,04	137,69

SC – Água sulfatada cálcica; CMs1 – Água cloretada magnésiana S1; CC – Água cloretada cálcica; CS – Água cloretada sódica; CMs2 – Água cloretada magnésiana S2. CEw – condutividade elétrica da água

As mudas de couve-flor foram adquiridas de viveirista especializado com idade de 20 dias após a semeadura (DAS). Após a produção e a aquisição as mudas foram mantidas em bandeja até 30 DAS, onde durante esse período as mesmas foram irrigadas com solução nutritiva indicada por Furlani et al. (1998) com 50% de diluição. Aos 30 DAS, quando as plântulas apresentaram quatro folhas definitivas, realizou-se o transplante das mesmas para o perfil e então iniciou-se os tratamentos. O controle de pragas e doenças foi realizado conforme a necessidade. A colheita foi realizada aos 90 DAS (60 dias após o transplante).

A determinação do índice de estresse hídrico (IEH) foi realizada por meio da diferença entre as temperaturas médias da folha coletada com termômetro infravermelho e a temperatura do ar, coletada por meio de datalogger presente na casa de vegetação (Jackson et al., 1977):

$$IEH = T_c - T_a \quad (1)$$

Em que,

IEH - Índice de Estresse Hídrico, em °C;

T_c - Temperatura foliar, em °C;

T_a - Temperatura do ar, em °C.

A obtenção do potencial hídrico foi feita por meio de medição em câmara de pressão de Scholander (Scholander et al., 1965), sendo realizada em ramos do terço médio das plantas e, antes do amanhecer.

A suculência foliar foi determinada seguindo metodologia preconizada por Benincasa (1988), que consiste na razão entre a massa de água em miligramas de água por centímetro quadrado presente na folha e a área foliar:

$$SF = (BMFF - BMSF) / AF \quad (2)$$

Em que,

SF – Suculência foliar, em mg H₂O cm⁻²;

BMFF – Biomassa fresca foliar, em mg;

BMSF – Biomassa seca foliar, em mg.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F e, quando constatado efeito significativo, os dados foram submetidos ao teste de médias de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas Figuras 1 e 2 encontram-se os valores para condutividade elétrica (CE) e pH da solução nutritiva durante todo o ciclo da cultura (60 DAT) em função dos tipos de águas utilizadas para o preparo da solução nutritiva e das vazões de aplicação da solução (1,5 L min⁻¹ e 2,5 L min⁻¹).

Houve aumento na CE da solução (Figuras 1A e 1B) para todos os tipos de água utilizados nos tratamentos e para ambas as vazões (1,5 L min⁻¹ e 2,5 L min⁻¹), com exceção do tratamento com água de abastecimento (AA). Este incremento constatado pode ser atribuído a reposição da lâmina evapotranspirada ter sido realizada com as respectivas águas salobras dos tratamentos.

No caso do tratamento com água de abastecimento (0,2 dS m⁻¹) o decréscimo da CE sol foi devido a absorção pelas plantas dos nutrientes presentes na solução, que à medida que a lâmina evapotranspirada era repostada com a água de baixa salinidade promovia a diminuição da condutividade elétrica da solução. Resultados semelhantes aos expostos foram encontrados por Lira et al. (2018) ao avaliarem a produção hidropônica de agrião com águas salobras e por Alves et al. (2011) e Soares et al. (2010) para a cultura da alface também com águas salobras.

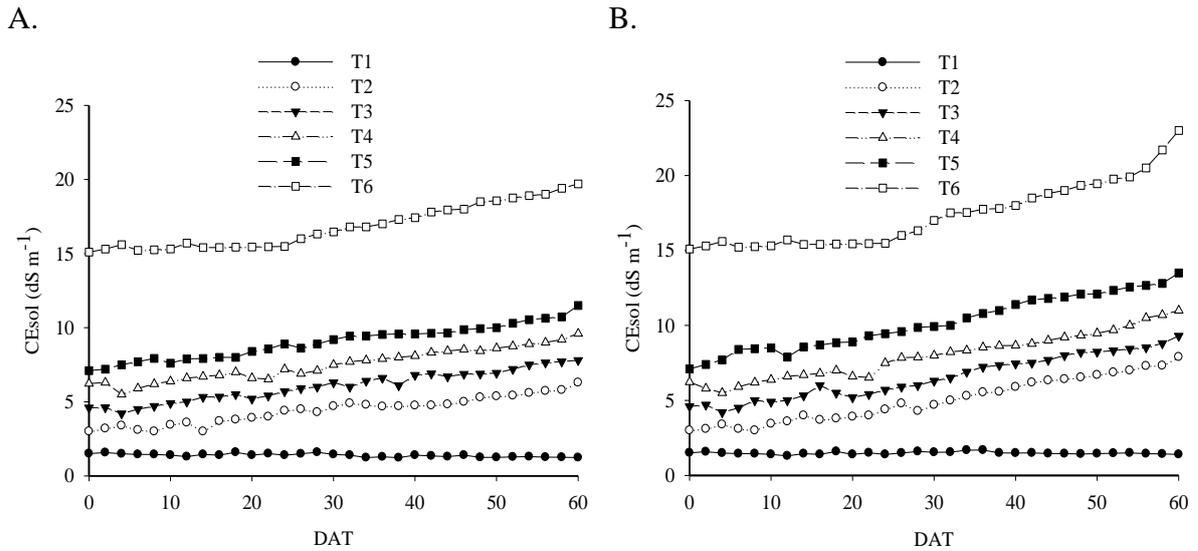


Figura 1. Valores médios de condutividade elétrica à medida com que o nível da água baixava, a respectiva água salobra, conforme tratamentos da solução nutritiva CESol (A) na vazão de 1,5 L min⁻¹ e valores médios de condutividade elétrica da solução nutritiva CESol (B) na vazão de 2,5 L min⁻¹ ao longo do ciclo de cultivo da couve-flor, em função dos tipos de águas utilizados

Com relação ao pHsol (Figura 2A e 2B) verifica-se que o pHsol manteve-se entre 5,5 a 7,0 para todos os tratamentos, faixa considerada adequada para plantas segundo Furlani et al. (1999), os quais afirmam que variações de pH na faixa de 4,5 a 7,5 da solução nutritiva não influenciam negativamente as plantas em sistemas hidropônicos.

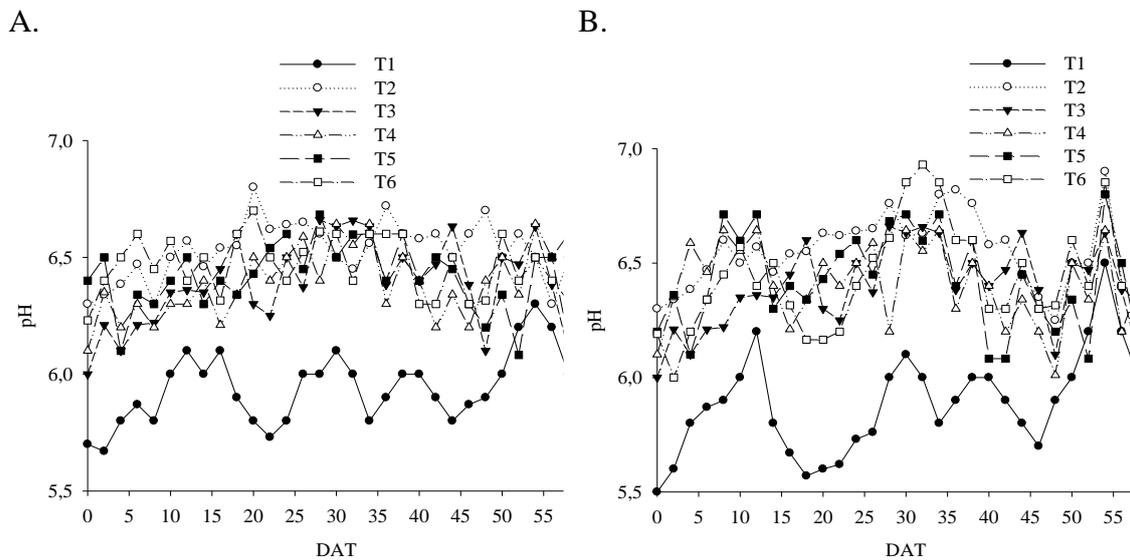


Figura 2. Valores médios de pH (A) da solução nutritiva na vazão de 1,5 L min⁻¹ e valores médios de pH (B) da solução nutritiva na vazão de 2,5 L min⁻¹ ao longo do ciclo de cultivo da couve-flor em função dos tipos de águas utilizados

Na Tabela 2 estão apresentados os resultados do resumo da análise de variância para o experimento. Percebe-se que houve efeito significativo ($p < 0,05$) da interação entre poços versus vazão sobre as variáveis potencial hídrico (PW) e suculência foliar (SF), e que o índice de estresse hídrico foi afetado apenas pelo efeito isolado dos fatores.

Tabela 2. Análise de variância para índice de estresse hídrico (IEH), potencial hídrico (PW) e suculência foliar (SF) para cultura da couve-flor c.v. “Sarah 1169”

F.V	Teste F		
	IEH	PW	SF
Poços	64,788**	230,351**	95,31**
Vazão	274,824**	7,072**	2,69 ^{ns}
Poços x Vazão	0,387 ^{ns}	2,820*	3,09*
CV (%)	12,54	-9,77	10,22

** : significativo ($P < 0,01$); * : significativo ($P < 0,05$); NS: não significativo; CV%: coeficiente de variação.

Para o índice de estresse hídrico (Figura 3) em função dos diferentes tipos de águas utilizadas para o preparo da solução, verifica-se que os tratamentos com água cloretada sódica (CS) e água cloretada magnesiana S2 (CMS2) foram os que proporcionaram os maiores valores para índice estresse hídrico (IEH), 2,38 e 2,51, respectivamente. O menor valor para IEH foi obtido no tratamento com água de abastecimento (AA), 1,02, valor este 2,5 vezes menor do que o tratamento com maior IEH, o CMS2 (2,51).

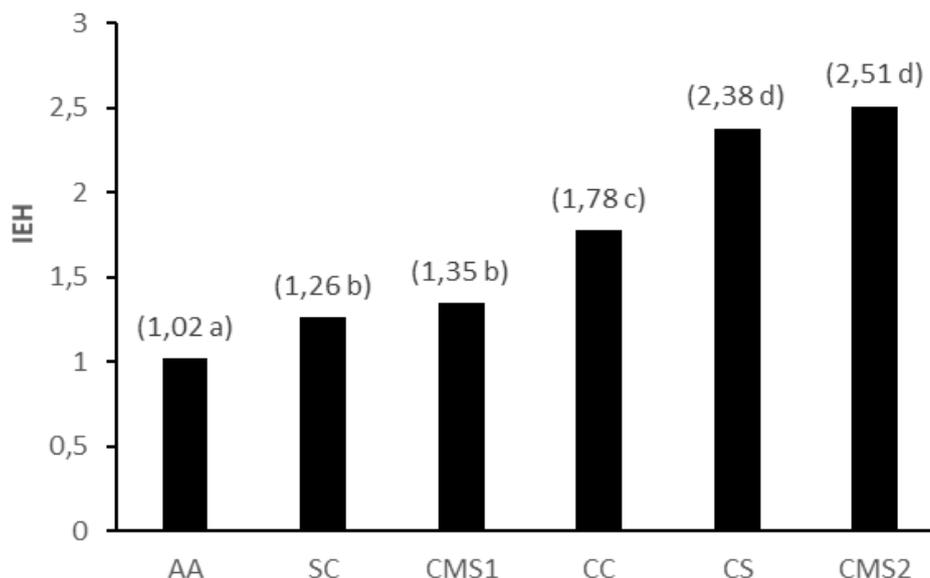


Figura 3. Índice de estresse hídrico (IEH) em função dos diferentes tipos de águas utilizadas para o preparo da solução nutritiva na cultura da couve-flor c.v. “Sarah 1169”

Esses resultados corroboram com os obtidos por Cruz et al (2018) que ao estudarem o efeito da salinidade na cultura da couve-flor constataram um aumento do índice de estresse hídrico em detrimento do aumento da salinidade. Katerji et al. (2000) também obtiveram resultado semelhante em sua pesquisa com diferentes culturas. Tal comportamento pode ser atribuído a redução da transpiração das plantas ocasionada pelo fechamento dos estômatos em decorrência da redução da permeabilidade das raízes com o aumento da salinidade (Távora et al., 2001).

Com relação ao índice de estresse hídrico da cultura em detrimento das duas vazões utilizadas, verificou-se que a vazão de 2,5 L min⁻¹ proporcionou para as plantas um índice médio significativamente superior (2,21) que a vazão de 1,5 min⁻¹ (1,19) que caracteriza que na maior vazão as plantas sofreram mais estresse, fator este que pode ser atribuído ao maior fluxo de massa de sais na rizosfera das plantas nos tratamentos com maior vazão (Cruz et al; 2018).

Na tabela 3 são apresentados os desdobramentos das interações dos tratamentos para as variáveis potencial hídrico e suculência foliar. Com relação ao potencial hídrico (PW) percebe-se uma diminuição do mesmo com o aumento da salinidade da solução nutritiva, o que pode ser atribuído a maior concentração de sais na rizosfera das plantas, com aumento da salinidade, ocasionando diminuição do potencial osmótico e, conseqüentemente, do potencial hídrico (Giuffrida et al., 2016).

Vale ressaltar que a água se desloca sempre do potencial hídrico menos negativo para o mais negativo o que pode ser um indicativo de que a planta estaria buscando manter seu turgor através da diminuição do potencial hídrico em níveis mais altos de salinidade. Comportamentos que se assemelham aos obtidos neste trabalho foram também constatados em suas pesquisas por Giuffrida et al. (2016), Oliveira et al. (2016) e Cruz et al (2018). Com relação a vazão de aplicação da solução nutritiva é possível verificar redução mais acentuada na maior vazão, com exceção da água sulfatada cálcica (SC).

Tabela 3. Desdobramentos das interações significativas da análise de variância para potencial hídrico (Pw) e suculência foliar para cultura da couve-flor c.v. “Sarah 1169” em função da utilização de águas salobras e duas vazões de aplicação

Variáveis	Vazão	Poços					
		AA	SC	CMs1	CC	Cs	CMs2
PW (MPa)	1	-0,16 Aa	-0,31 Bb	-0,40 Ca	-0,48 Da	-0,6 Ea	-0,8 Fa
	2	-0,17 Aa	-0,24 Ba	-0,4 Ca	-0,51 Da	-0,68 Eb	-0,9 Fb
SF (H ₂ O cm ²)	1	0,18 Aa	0,16 Aa	0,15 Ba	0,12 Ca	0,08 Da	0,08 Da
	2	0,18 Aa	0,16 Aa	0,13 Ca	0,13 Ca	0,09 Da	0,05 Eb

Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente entre si segundo o teste de médias de Scott Knott a 5% de probabilidade. SC – Água sulfatada cálcica; CMs1 – Água cloretada magnésiana S1; CC – Água cloretada cálcica; Cs – Água cloretada sódica; CMs2 – Água cloretada magnésiana S2. CEw – condutividade elétrica da água. Para Vazão: 1 = 1,5 L min⁻¹ e 2 = 2,5 L min⁻¹.

A maior suculência foliar ($0,18 \text{ mg H}_2\text{O cm}^{-2}$) foi obtida com a utilização da água de abastecimento (AA) para ambas as vazões de aplicação de solução nutritiva utilizada, valor 2,25 vezes superior ao menor valor obtido para a suculência foliar, que foi o do tratamento com CMs2 ($0,08 \text{ mg H}_2\text{O cm}^{-2}$) na vazão de $1,5 \text{ L m}^{-1}$ e 3,6 vezes superior ao mesmo tratamento, CMs2, quando as plantas foram submetidas a vazão de $2,5 \text{ L m}^{-1}$ de aplicação de solução nutritiva. O segundo tratamento a obter maior suculência foliar foi com água sulfatada cálcica, $0,16 \text{ mg H}_2\text{O cm}^{-2}$ para ambas as vazões, não diferindo significativamente do tratamento com água de abastecimento (AA).

Com relação as vazões, diferenças significativas foram constatadas apenas no tratamento CMs2, onde a menor vazão proporcionou maior valor de suculência foliar. O comportamento dos dados obtidos assemelha-se aos constatados por Cruz et al. (2018), ao estudar o efeito da salinidade na cultura da couve-flor.

CONCLUSÕES

Os maiores valores de estresse hídrico foram constatados nos tratamentos com água cloretada sódica e água cloretada magnesiana. O menor índice de estresse hídrico foi obtido com a água de abastecimento. A vazão de $2,5 \text{ L min}^{-1}$ foi a que proporcionou o maior estresse hídrico na cultura. O aumento da salinidade da água reduziu o potencial hídrico e a suculência foliar nas duas vazões avaliadas, com efeitos mais acentuados na vazão de $2,5 \text{ L min}^{-1}$.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, M. S.; SOARES, T. M.; SILVA, L. T.; FERNANDES, J. P.; OLIVEIRA, M. L. A.; PAZ, V. P.S. 2011. Estratégias de uso de água salobra na produção de alface em hidroponia NFT. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.15, p.491-498, 2011.
- BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas**. (Noções básicas). 1. Ed. Jaboticabal: FUNEP, p.42, 1988.
- CRUZ, A. F. S.; SILVA, G. F.; SILVA, E. F. F.; SOARES, H. R.; SANTOS, J. S. G.; LIRA, R. M. Stress index, water potentials and leaf succulence in cauliflower cultivated

hydroponically with brackish water. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.22, n.9, p.622-627, 2018.

FURLANI, P. R. Instruções para o cultivo de hortaliças de folhas pela técnica de hidroponia NFT. **Boletim técnico IAC**, Campinas, n.168, p.30, 1998. 1 ed.

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**, v.97, n.5, p.1552-1560, 2016.

JACKSON, R. D.; REGINATO, R. J.; IDSO, S. B. Wheat canopy temperature: A practical tool for evaluating water requirements. **Water Resources Research**, v.13, n.3, p.651-656, 1977.

KATERJI, N.; VAN HOORN, J. W.; HAMDY, A.; MASTRORILLI, M. Sal tolerance classification of crops according to soil salinity and to water stress day index. **Agricultural water management**, v.43, n.1, p.99-109, 2000.

OLIVEIRA, W. J.; SOUZA, E. R.; ALMEIDA, B. G.; SILVA, E. F. F.; MELO, H. F.; LEAL, L. Y. C. Soil water energetic status and cowpea beans irrigated with saline water. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.20, n.8, p.685-691, 2016.

PAULUS, D.; PAULUS, E.; NAVA, G. A.; MOURA, C. A. Crescimento, consumo hídrico e composição mineral de alface cultivada em hidroponia com águas salinas. **Revista Ceres**, v.59, n.1, p.110-117, 2012.

RHOADES J. D., KANDIAH A.; MASHALI A. M. **Uso de águas salinas para produção agrícola**. Tradução de GHEYI HR; SOUSA J. R.; QUEIROZ J.E. Campina Grande, UFPB, p.117, 2000.

SANTOS, A. N.; SILVA, E. F. F.; SOARES, T. M.; DANTAS, R. M. L.; SILVA, M. M. Produção de alface em NFT e Floating aproveitando água salobra e o rejeito da dessalinização. **Revista Ciência Agronômica**, v.42, n.2, p.319-326, 2011.

SCHOLANDER, P. F.; HAMMEL, H. T.; HEMINGSSEN, E. A.; BRADSTREET, E. D. Hydrostatic pressure and osmotic potentials in leaves of mangroves and some other plants. **Proceedings of the National Academy Science**, v.51, n.1, p.119- 125, 1965.

SOARES, T. M.; ALMEIDA, C. D. G. C.; FRIZZONE, J. A.; SILVA, E. F. F.; DUARTE, S. N. Economic risk analysis of tomato irrigation using desalinated water by reverse osmosis. **Irrigation and Drainage**, v.62, n.5, p.658-665, 2013.

SOARES, T. M.; DUARTE, S. N.; SILVA, E. F. F.; JORGE, A. Combinação de águas doce e salobra para produção de alface hidropônica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.7, p.705-714, 2010.

TÁVORA, F. J. A. F.; FERREIRA, R. G., HERNANDEZ, F. F. F. Crescimento e relações hídricas em plantas de goiabeira submetidas a estresse salino com NaCl. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.23, n.2, p.441-446, 2001.