

Produção de alface crespa cv. Cristina no semiárido brasileiro com sistema de irrigação subsuperficial de baixo custo

Carlos Alberto Lins Cassimiro ^[1], Francisco de Sales Oliveira Filho ^[2], Selma dos Santos Feitosa ^[3], Ednaldo Barbosa Pereira Junior ^[4], Eliezer da Cunha Siqueira ^[5], Pedro Alves dos Santos ^[6]

[1] cassimiro.carlos@insa.gov.br. Instituto Nacional do Semiárido/ Núcleo de Biodiversidade Vegetal. [2] francisco.filho@ifpb.edu.br. [3] selmafeitosa7@hotmail.com. [4] ebjpr2@hotmail.com. [5] eliezer.siqueira@ifpb.edu.br. [6] pedroalves159@gmail.com. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba/ Campus Sousa.

RESUMO

O semiárido nordestino possui características climáticas que proporcionam baixas precipitações pluviométricas, dificultando atividades agrícolas na região. Visando reduzir as dificuldades de produtores no cultivo da alface crespa, especificamente quanto ao uso eficiente da água, objetivou-se estudar o uso da tecnologia social canteiro econômico de água sobre o efeito de diferentes lâminas de água na produtividade da alface. O experimento foi realizado no Instituto Federal da Paraíba, em casa de vegetação. O delineamento experimental usado foi o inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e quatro repetições, sendo os tratamentos constituídos de cinco fatores, correspondentes a 25%, 50%, 75%, 100% e 125% da ETo (evapotranspiração de referência). Os resultados permitiram concluir que o número de folhas e a massa de matéria seca da parte aérea tiveram resposta quadrática aos tratamentos, com valores máximos alcançados no intervalo de 75% a 99% ETo; a máxima produtividade (32.570 kg ha⁻¹) foi obtida com a aplicação da lâmina de 224,27 mm; a maior eficiência no uso da água (269,25 kg ha⁻¹ mm⁻¹) ocorreu com a aplicação da lâmina de irrigação de 56,88 mm, correspondente ao fator de reposição de água de 25% da ETo.

Palavras-chave: Tecnologias Sociais. *Lactuca Sativa* L. Irrigação. Semiárido.

ABSTRACT

The Brazilian semiarid has severe climatic conditions including low rainfall rates which constraints agricultural activities in the region. In order to reduce the difficulties of producers in the cultivation of curly lettuce, specifically regarding the efficient use of water, in this study we evaluate the use of social technology "water saving garden" on the effect of different irrigation water depths on the lettuce productivity. The experiment was carried out in a greenhouse at the Federal Institute of Paraíba, in 2018, using a randomized block design, with five treatments and four repetitions. Each treatment consisted of five irrigation depth, corresponding to 25%, 50%, 75%, 100% and 125% ETo (reference evapotranspiration). The results demonstrated that the number of leaves and the dry matter of the aerial part showed quadratic response to the treatments, with maximum values ranging 75% to 99% ETo. The maximum productivity (32.570 kg ha⁻¹) was obtained with the application of the 224.27 mm of irrigation depth; the greatest efficiency in the use of water (269.25 kg ha⁻¹ mm⁻¹) occurred with 56.88 mm irrigation water depth, corresponding to 25% of ETo.

Keywords: *Social Technologies. Lactuca sativa* L. Irrigation. Semiarid.

1 Introdução

A alface (*Lactuca sativa* L.) é uma cultura cosmopolita, tendo expressiva importância alimentar no Brasil e no mundo, devido aos seus valores nutricionais e à fácil aquisição pelos consumidores, pois a folhosa pode ser produzida em qualquer época do ano, o que lhe assegura significância econômica no comércio nacional (OHSE *et al.*, 2001; ALENCAR *et al.*, 2012; VALERIANO *et al.*, 2016).

A alface do grupo crespa expressa a maior ordem de importância econômica, com preferência de 70% no mercado brasileiro, seguida pela americana (15%) e pela lisa (10%) (SUINAGA *et al.*, 2013). O número de estabelecimentos que produzem a alface no Brasil, segundo o Censo Agropecuário do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), é de 108.603 unidades, que produzem um total de 908.186 toneladas por ano (IBGE, 2017).

A alface é uma cultura exigente quanto às necessidades hídricas para seu desenvolvimento fisiológico, sendo importante o manejo da irrigação para essa espécie vegetal (KOETZ *et al.*, 2006). A disponibilidade hídrica se constitui num fator limitante do desenvolvimento de espécies vegetais no semiárido nordestino, especialmente por este contar com precipitações entre 250 mm ano⁻¹ e 800 mm ano⁻¹ e prolongadas secas. Segundo Gheyi *et al.* (2012), as inovações tecnológicas e a pesquisa são imprescindíveis para atenuar os desafios presentes e futuros da sociedade quanto à disponibilidade e à qualidade dos recursos hídricos.

A pesquisa no tocante ao manejo racional da água para a produção de alface é de suma importância para os diferentes tipos de agricultores, sejam familiares, médios ou grandes produtores. Diferentes pesquisas vêm sendo realizadas a fim de sistematizar informações sobre o manejo agrícola. Valeriano *et al.* (2016), ao conduzirem experimento sobre o efeito da aplicação de doses de potássio e lâminas de irrigação na produção de alface americana, observaram que a maior eficiência no uso da água foi obtida com uma lâmina de reposição de 60% da ETo, contudo, em condições favoráveis de água, recomenda-se uma reposição de 95% a 73% da ETo.

Diante de condições hídricas limitantes, a agricultura irrigada torna-se uma técnica primacial para o cultivo de espécies agricultáveis. Por isso, várias pesquisas estudam a lâmina ótima de água de diversas culturas, buscando maximizar a eficiência hídrica e produtiva.

Diante desse contexto, vários trabalhos têm comprovado que a irrigação promove o aumento da produtividade de variadas hortaliças (LIMA JÚNIOR *et al.*, 2010; BILIBIO *et al.*, 2010; VALERIANO *et al.*, 2016; NUNES *et al.*, 2017).

Diante do exposto, o presente trabalho objetivou avaliar o efeito de diferentes lâminas de irrigação sobre a produção de alface crespa com o uso da tecnologia social intitulada “Canteiros econômicos de água”.

2 Referencial teórico

No tocante ao manejo da água na agricultura, a irrigação por gotejamento é o sistema mais eficiente de aplicação de água conhecido, proporcionando melhor controle da lâmina aplicada, menor perda por evaporação e insignificantes perdas por percolação (GOMES; MATIAS; PAULINO, 2015). Essa técnica foi criada com o objetivo de minimizar os problemas gerados pela escassez de recursos hídricos (MANFRINATO, 1974).

Contudo, no sertão paraibano surgiram técnicas que permitem a convivência humana e agrícola com as condições de semiaridez – são as intituladas “Tecnologias sociais”. Entre elas, os canteiros econômicos de água (CEA) ganham destaque na extensão rural, por maximizarem o uso da água, por diminuírem a perda de água por infiltração devido à impermeabilização do terreno plantado e pela menor perda por evaporação, pois a irrigação é feita de forma subsuperficial. Essa tecnologia é de baixo custo e de fácil manuseio, sendo uma técnica ideal para agricultores alocados no semiárido brasileiro (OLIVEIRA FILHO *et al.*, 2018).

Entender a fisiologia vegetal e seu comportamento em função das condições abióticas e bióticas é de suma importância para o sucesso na agricultura irrigada ou de sequeiro. Ao avaliarem a produção de diferentes cultivares de alface tipo crespa submetidas a diferentes lâminas de irrigação, no nordeste do Mato Grosso do Sul, Magalhães *et al.* (2015) concluíram que lâminas de água acima de 100%, aliadas à cultivar certa, são fatores-chave para a produtividade agrícola e econômica. Contudo, no Nordeste o ideal é ter maior produtividade agrícola com menos água, visto que esta é um fator limitante na região por questões climáticas intraespecíficas.

Sendo a água fator limitante, torna-se necessária a otimização do uso da água para irrigação da cultura da alface. O manejo da irrigação deve ser considerado prática primacial para obtenção de alta qualidade e produtividade da cultura (BERNARDO; SOARES; MANTOVANI, 2013).

3 Método da pesquisa

O estudo foi conduzido no setor de olericultura do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba (IFPB), Campus Sousa, unidade São Gonçalo (6° 46' S, 38° 12' W e 220 m de altitude), em ambiente protegido da chuva, do sol, coberto com tela de sombreamento com 50% de interceptação da luz.

O clima da região de Sousa (PB) é tropical semiárido do tipo Bsh na classificação climática de Köppen-Geiger, com temperatura média anual de 26,7 °C e precipitação média de 872 mm anuais, concentrados entre janeiro e abril, sendo março o mês de maior precipitação, tendo sido registrados 227 mm em março de 2018, conforme o Banco de Dados Meteorológicos do Instituto Nacional de Meteorologia (IMNMET)¹. Já o solo da região é classificado como podzólico vermelho amarelo/equivalente eutrófico com textura média, de acordo com os critérios de avaliação do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SANTOS *et al.*, 2018).

O substrato para o experimento constou de solo, esterco caprino e areia, na proporção 3:2:1. O solo foi retirado de uma área da unidade São Gonçalo do IFPB que se encontrava em pousio há quatro anos, tendo sido peneirado em peneira de malha de 2 mm de malha, juntamente com a areia; esses dois elementos foram, em seguida, misturados com o esterco caprino nas devidas proporções, deixando o substrato homogêneo. As amostras do substrato foram analisadas (Tabela 1) no Laboratório de Solo, Água e Planta, pertencente à unidade São Gonçalo do Campus Sousa do IFPB.

Para a realização do estudo foi escolhida a alface crespa, cv. Cristina, caracterizada por possuir plantas volumosas, por ser tolerante ao pendoamento e por ser a mais consumida na região de Sousa (PB). Foi adotado o sistema de semeadura indireta, em bandejas plásticas com 180 células, utilizando compostagem como substrato.

O transplântio para os canteiros econômicos de água (CEA) foi realizado com o solo em estado de capacidade de campo e quando as mudas apresentaram, em média, quatro folhas definitivas, 21 dias após a semeadura.

As parcelas experimentais apresentaram as dimensões de 1,0 m de largura e 2,40 m de comprimento, totalizando uma área de 2,40 m². Foram utilizadas três

linhas de plantas, com espaçamento de 0,30 m entre linhas e 0,30 m entre plantas, perfazendo o total de 24 plantas por parcela, considerando-se úteis as plantas das linhas centrais e descartando-se nessas linhas uma planta no início e uma no final de cada parcela (parcela útil com 0,6 m² e seis plantas).

Tabela 1 – Resultados da análise química do solo na camada de 0,0 m a 0,2 m da área experimental

Características	Teores
pH em água	7,4
P (mg dm ⁻³)	1086
K (mg dm ⁻³)	1,80
Ca ²⁺ (cmolc dm ⁻³)	10,0
Mg ²⁺ (cmolc dm ⁻³)	4,6
Al ³⁺ (cmolc dm ⁻³)	0,0
H ⁺ + Al ³⁺ (cmolc dm ⁻³)	0,0
Na ⁺ (cmolc dm ⁻³)	0,38
SB (cmolc dm ⁻³)	16,8
CTC (cmolc dm ⁻³)	16,8
V (%)	100
MO (g kg ⁻¹)	40,36
PST (%)	2

Legenda: P, K, Na: Extrator Mehlich 1; Al, Ca, Mg: Extrator KCL 1M; SB = Soma de bases trocáveis (Ca²⁺ + Mg²⁺ + K⁺ + Na⁺); H⁺ + Al³⁺: Extrator Acetato de Cálcio 0,5 M, pH 7,0; CTC = Capacidade de troca catiônica = [SB+(H⁺+Al³⁺)]; MO = Digestão Úmida Walkley-Black; PST = Percentagem de sódio trocável (Na⁺/CTC) x 100.

Fonte: Dados da pesquisa

Os CEAs foram instalados no setor de olericultura, sendo o fundo impermeabilizado com cimento, a fim de impedir a perda de água por infiltração, seguido pela montagem do sistema de irrigação subsuperficial, para o qual foram utilizados dois tubos de PVC soldável com diâmetro nominal de 35 mm e furos esféricos de 3 mm de diâmetro, com distância de 0,2 m entre eles, no sentido longitudinal do canteiro; a opção de colocar dois canos de 35 mm foi uma adaptação (Figura 1) do sistema proposto por Oliveira Filho *et al.* (2018). As tubulações foram cobertas com telhas de cerâmica para evitar entupimento. Também foi acoplado um acesso de água, com canos de 50 mm, em uma das extremidades do canteiro.

1 <https://bdmep.inmet.gov.br/>.

Figura 1 – Canteiro econômico de água (CAE), segundo o modelo de Oliveira Filho *et al.* (2018)



Fonte: Elaborada pelos autores

Para o arranjo estatístico, utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado (DIC), com a avaliação de cinco tratamentos (T1, T2, T3, T4 e T5) e quatro repetições. Os tratamentos foram compostos por diferentes lâminas de irrigação, com 25%, 50%, 75%, 100% e 125% da evapotranspiração de referência (ET_o), calculada a partir da equação de Penman-Monteith (Equação 1).

$$ET_o = \frac{0,408 \cdot \Delta(RN - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34 \cdot U_2)} U_2 (e_s - e_a) \quad (1)$$

Em que:

ET_o: evapotranspiração de referência (mm d⁻¹); RN: saldo de radiação à superfície da cultura (MJ m⁻² d⁻¹); G: densidade do fluxo de calor do solo (MJ m⁻² d⁻¹); T: temperatura do ar a 2 m de altura (°C); u₂: velocidade do vento a 2 m de altura (m s⁻¹); e_s: pressão de vapor de saturação (kPa); e_a: pressão parcial de vapor (kPa); Δ: declividade da curva de pressão de vapor de saturação (kPa °C⁻¹); γ: coeficiente psicrométrico (kPa °C⁻¹).

As lâminas de irrigação foram aplicadas de forma manual, com regadores preenchidos com água a partir de um bécher, de acordo com as porcentagens requeridas para cada tratamento, sendo aplicadas diariamente durante 30 dias após o transplântio (DAT). Não foi feita adubação química no solo ou via foliar, tendo em vista que o substrato contava com ótimos valores nutricionais, sendo todo o manejo feito de forma orgânica.

A colheita foi realizada 30 dias após o transplântio, quando se procedeu às avaliações de produtividade (PROD), massa da matéria fresca da parte aérea (MMFPA), número de folhas (NF), dano de membrana (DM) e eficiência no uso da água (EUA). O peso fresco foi obtido através de balança analítica com quatro casas decimais.

A produtividade foi estimada a partir da relação da produção em função da área (ha⁻¹). A eficiência no

uso da água (EUA) foi calculada pela relação entre produtividade (kg ha⁻¹) e lâmina de água aplicada (mm).

O dano de membrana foi determinado por meio do extravasamento de eletrólitos, de acordo com método de Shanahan *et al.* (1990). Foram coletados dez discos foliares, com 10 mm de diâmetro, imersos em tubos de ensaio contendo água deionizada, em seguida os discos foliares foram incubados a 30 °C por oito horas, sendo determinada a condutividade elétrica (C1). Em seguida, foram submetidos a temperaturas de 100 °C durante uma hora; ao atingirem a temperatura ambiente, determinou-se a nova condutividade elétrica (C2). Por fim, o dano de membrana (DM) foi estimado utilizando a fórmula: DM = (C1 ÷ C2) x 100.

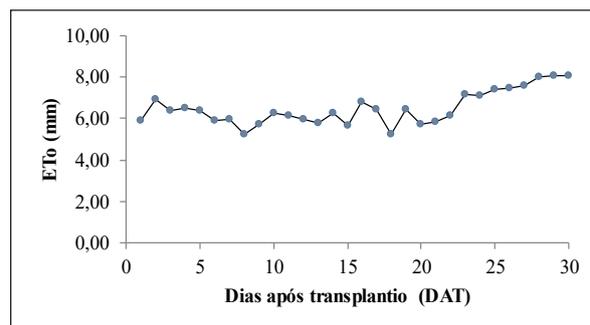
Os dados amostrados foram submetidos à análise de variância, com a realização do teste F, e à análise de regressão polinomial a 5% e 1% de probabilidade, utilizando-se o *software* Sisvar 5.6.

4 Resultados da pesquisa

No período de condução do experimento, as médias de temperatura e umidade relativa do ar no interior da casa de vegetação foram de 27 °C e 64%, respectivamente.

A informação sobre a evaporação diária, registrada pela estação meteorológica de São Gonçalo (PB), foi anotada diariamente a partir do sistema do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e calculada como coeficiente da cultura (Kc) sempre no dia anterior ao da aplicação das lâminas, no horário de 5 h da manhã. A evapotranspiração máxima diária foi de 8,15 mm, a mínima de 5,26 mm e a média resultou em 6,68 mm nos meses de agosto e setembro de 2018, representada na Figura 2.

Figura 2 – Evapotranspiração diária média registrada no período de execução do experimento



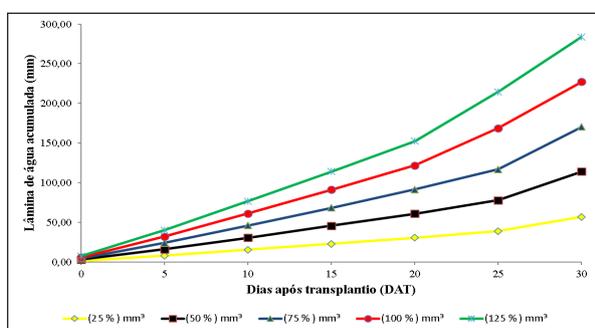
Fonte: Elaborada pelos autores

Os valores acumulados das lâminas de água aplicadas nos tratamentos se encontram na Figura

3. As lâminas de irrigação aplicadas nos tratamentos T1, T2, T3, T4 e T5 foram de 56,88 mm; 113,95 mm; 170,39 mm; 227,18 mm e 283,98 mm, respectivamente.

A lâmina aplicada no tratamento T5 foi cinco vezes superior à lâmina aplicada no tratamento T1. Foi observada uma saturação do solo no tratamento T5, já que a tecnologia CEA é impermeabilizada, impedindo a infiltração, sendo a evaporação e a absorção radicular vegetal as únicas saídas de água proporcionadas por esse sistema de irrigação.

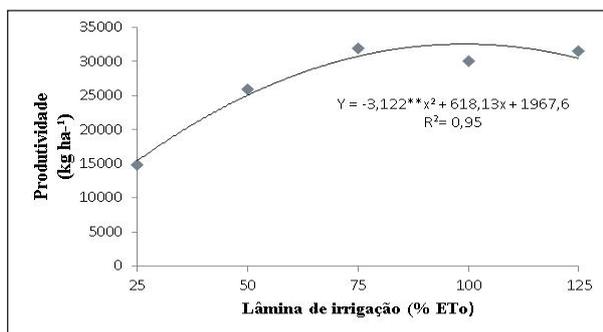
Figura 3 – Lâminas de irrigação aplicadas nos tratamentos acumuladas



Fonte: Elaborada pelos autores

Na produtividade (PROD), as variações ocorridas podem ser explicadas por uma regressão quadrática, as quais expressaram maior coeficiente de determinação (R^2), como pode ser visto na Figura 4. A resposta quadrática indica um acréscimo na produtividade total até a lâmina de irrigação de 99% e decréscimo quando essa porcentagem é extrapolada.

Figura 4 – Valores médios observados para a produtividade (PROD) de alface crespa Cristina, em função das lâminas de irrigação



Fonte: Elaborada pelos autores

O aumento da lâmina de irrigação elevou a produtividade de alface de 15.470 kg ha⁻¹ para 32.570 kg ha⁻¹, promovendo um ganho de 110,5%

no rendimento das plantas irrigadas com 99% da evapotranspiração potencial (ET₀) em relação às irrigadas com 25% da ET₀ (Figura 3). Esse acréscimo evidencia que a exigência hídrica da cultura é de um valor próximo dos 100% da ET₀; no entanto, constata-se que a irrigação com lâmina de água acima de 99% da ET₀ provocou perda de 6,6% entre as plantas irrigadas com 125% da evapotranspiração potencial em relação às irrigadas com 99%. O ponto máximo para a produtividade total foi estimado com uma lâmina de 224,27 mm, que equivaleu a uma produtividade de 32.570 kg ha⁻¹.

Os resultados encontrados neste trabalho estão abaixo dos valores obtidos por Lima Júnior *et al.* (2010), cuja pesquisa indicou que o ponto máximo da produtividade comercial da alface americana, usando as técnicas de fertirrigação e gotejamento, foi de 35.308 kg ha⁻¹, para o qual a lâmina total de irrigação foi de 204,3 mm, correspondente a 101% da lâmina de reposição de água, com médias de temperatura e de umidade relativa do ar no interior da casa de vegetação de 20,3 °C e 67,2%, respectivamente. Ainda Lima Júnior *et al.* (2012), em experimento semelhante ao supracitado, observaram que o ponto máximo de produtividade foi atingido com uma lâmina de irrigação de 164,8 mm (98% da ET₀), resultando em uma produtividade de 36,5 t ha⁻¹.

Contudo, o comportamento fisiológico de decréscimo vegetativo da alface em função das lâminas de irrigação mais elevadas foi semelhante ao observado no experimento de Lima Júnior *et al.* (2010), que atribuíram tal resposta ao excesso de umidade em torno do sistema radicular da planta, dificultando o arejamento e provocando, assim, anomalias de origem fisiológica.

Resultado diferente foi observado por Araújo *et al.* (2010), em cujo estudo a aplicação da lâmina de irrigação equivalente a 120% da ET₀ proporcionou um aumento linear na produção da alface cultivada em ambiente protegido com fitogotejadores. Tal comportamento pode ser atribuído ao solo, do tipo franco-argiloso arenoso, que possui uma menor capacidade de retenção de água; ao potencial matricial de água no solo, que ficou em torno de 15 kPa; e também ao tipo de cultivar, que foi "Verônica".

Valiati *et al.* (2012) encontraram uma resposta quadrática em relação aos níveis de irrigação analisados ao avaliarem o efeito de diferentes níveis de irrigação na produção da alface, baseados em frações da evaporação do minitanque evaporímetro. No referido estudo, a alface manteve uma produção linear até a lâmina de 120% da ET₀, com decréscimo quando transpassada essa porcentagem.

Já Silva e Queiroz (2013) obtiveram um crescimento linear ao avaliarem o desempenho produtivo de cultivares de alface dos grupos cressa, lisa e americana, com manejo de irrigação por tensiometria, evaporímetro de piche e tanque classe A, com lâminas de água de 123,16 mm a 154,78 mm, com produtividades respectivas de 12,02 kg ha⁻¹ a 21,84 kg ha⁻¹, sendo esses resultados atribuídos às condições edafoclimáticas e às características das cultivares.

O decréscimo vegetativo de 6,6% da alface submetida às lâminas de irrigação acima de 99% da ETo neste trabalho pode ser explicado pelas principais funções da água nas plantas, que são estruturação, crescimento, transporte e metabolismo (BIANCHI; GERMINO; SILVA, 2016). O mencionado comportamento é resultado do estresse por excesso de água, influenciando a fase de alongamento, que é quando ocorre o afrouxamento da parede celular, realizado pela ação hormonal. Essa fase é ocasionada pela entrada constante de água, que promove, consequentemente, o alongamento celular (TAIZ *et al.*, 2017), prejudicando a distribuição de fotossintatos na alface e influenciando seu desenvolvimento.

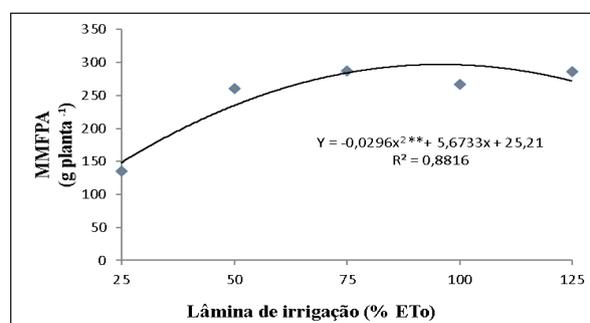
O uso excessivo de água acarreta o preenchimento total da fase de alongamento, impedindo sua entrada constante e causando danos na membrana celular, decréscimo vegetativo, perda na produtividade do produto agrícola e um grande desperdício de água, que é a substância abiótica mais escassa no semiárido brasileiro.

A massa de matéria fresca da parte aérea e o número de folhas expressaram resposta quadrática em relação às lâminas de irrigação (Figura 5A). O efeito quadrático da aplicação de água no solo nos canteiros econômicos de água (Figuras 5A e 5B) demonstrou um acréscimo na massa de matéria fresca da parte aérea (MMFPA) e no número de folhas (NF) da alface cressa Cristina, sempre que se aumentou a quantidade de água aplicada, das lâminas de 56,88 mm a 224,27 mm. Alcançaram-se valores máximos de 274,19 g planta⁻¹ para a MMFPA e de 25 folhas para o NF com a lâmina de reposição de 99% da ETo; assim, a tecnologia social de irrigação subsuperficial favoreceu a retenção de umidade no solo em condições de semiaridez, proporcionando desenvolvimento vegetativo dessa cultura até certo ponto, seguindo a curva de tendência ao decréscimo exposta na variável de produtividade, reduzindo os parâmetros morfofisiológicos em estudo com o aumento da porcentagem da ETo.

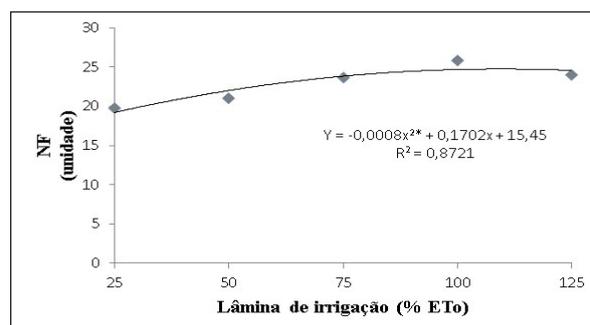
A massa de matéria fresca da parte aérea e o número de folhas referem-se às partes da alface que são comerciáveis, ou seja, aquelas que de fato agregam valor

à alface. O valor unitário da alface está correlacionado com seu peso médio. Em Campina Grande (PB), a unidade da alface é vendida por R\$ 2,00 quando seu peso se equipara ou ultrapassa 150 g (SILVA, 2016). Quando produzida no sistema orgânico de produção, torna-se mais atrativa, em decorrência da necessidade de proteger a saúde dos produtores e consumidores e de preservar o ambiente (SEDIYAMA; SANTOS; LIMA, 2014)

Figura 5 – Valores médios observados para massa de matéria fresca da parte aérea (MMFPA) (A) e número de folhas (NF) (B) da alface cressa Cristina, em função das lâminas de irrigação



(A)



(B)

Fonte: Elaborada pelos autores

Batista *et al.* (2013), utilizando um acionador automático de baixo custo para irrigação (AAI) na tensão de 9 kPa, encontraram massa fresca de 301,8 g para a alface cv. Regina, valor 9,14% superior ao encontrado neste trabalho. Tal superioridade pode ser atribuída ao clima no qual o experimento foi executado, à cultivar utilizada e às propriedades químicas do esterco bovino.

Os resultados da MMFPA deste trabalho estão acima dos encontrados por Valeriano *et al.* (2016) ao avaliarem o efeito da aplicação de doses de potássio e lâminas de irrigação na produção de alface americana. Esses autores obtiveram o valor de 175,40 g planta⁻¹

para a parte comercial com a lâmina de irrigação equivalente a 118,24 mm, tendo resposta quadrática decrescente da alface acima desse valor de água. Tal comportamento pode estar relacionado a um estado de anoxia nas raízes (FILGUEIRA, 2008).

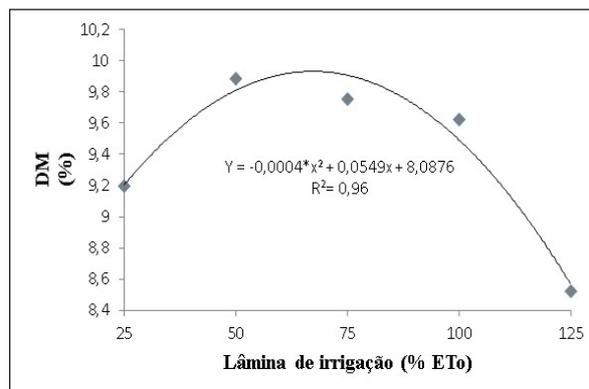
Gonçalves *et al.* (2014) estudaram o efeito do sistema Irrigás®, tanque Classe A (TCA), com o uso de um acionador automático para irrigação (AAI) de baixo custo, em duas tensões de água no solo (9,0 kPa e 12,0 kPa) no desenvolvimento da alface cv. Regina, e encontraram uma média de 34 a 35 folhas, independentemente do sistema usado ou da lâmina aplicada.

Silva e Queiroz (2013), ao trabalharem com irrigação de quatro cultivares de alface no Vale do Submédio do São Francisco, em Juazeiro (BA), observaram que a cultivar Elizabeth do grupo lisa teve maior NF (32 folhas) para a lâmina de 140% da ETo (170,52 mm), contudo obtiveram maiores valores de massa seca e fresca da parte aérea em cultivares do grupo americana e maiores médias de volume de plantas em cultivares do grupo crespa. Os autores ressaltam a importância de cultivares adaptadas às condições climáticas, pois, sem essas características, o manejo agrícola não conseguirá expressar todo o potencial das culturas.

O dano de membrana (Figura 6) expressou resposta quadrática em relação às lâminas de água aplicadas no sistema de irrigação dos CEA. Observou-se que o acréscimo contínuo de água das lâminas de 25% até 125% da ETo proporcionou extravasamento de eletrólitos da célula vegetal na ordem de 0,7%, prejudicando o aparelho fotossintético dos tilacoides e conseqüentemente interferindo no processo de carboxilação, tornando a relação fotossíntese/respiração menor (KERBAUY, 2008; TAIZ *et al.*, 2017), o que ocasionou uma perda de produtividade de 6,5%, equivalente a 2.117 kg ha⁻¹ de alface.

A alface é uma planta exigente quanto ao quesito água; contudo, o excesso tende a diminuir seu desenvolvimento fisiológico, rompendo a célula. Segundo Carvalho *et al.* (2010), maiores extravasamentos de eletrólitos ocorrem principalmente em função das limitações na fotossíntese, impostas pelo déficit hídrico. O mesmo foi observado por Wanderley *et al.* (2018) ao trabalharem alterações fisiológicas na cultura do girassol cultivado com técnicas de captação de água *in situ* e adubação orgânica; no referido estudo, as plantas cultivadas em camalhões expressaram maiores danos à membrana celular, em decorrência da menor disponibilidade hídrica.

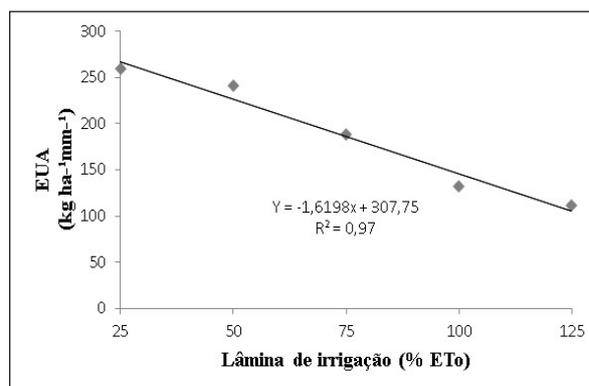
Figura 6 – Valores médios observados para dano de membrana (DM) da alface crespa Cristina, em função das lâminas de irrigação



Fonte: Elaborada pelos autores

Como pode ser observado na Figura 7, a eficiência no uso da água (EUA) na tecnologia social “canteiros econômicos de água” sofreu efeito linear decrescente em função das lâminas de irrigação aplicadas, com significância de 1%. À medida que os níveis de irrigação aumentaram, concomitantemente ocorreu a diminuição da eficiência no uso da água. Pode-se observar, ainda, que 97,12% das variações ocorridas em função das lâminas de irrigação aplicadas são explicadas pela regressão linear.

Figura 7 – Valores médios de eficiência no uso da água (EUA) observados para a alface crespa Cristina, em função das lâminas de irrigação



Fonte: Elaborada pelos autores

A alface crespa cv. Cristina manejada com o sistema de irrigação de baixo custo e de forma subsuperficial nas condições climáticas de semiaridez se comportou de forma similar aos resultados de Lima Júnior *et al.* (2010) com alface americana sob sistema de irrigação por gotejamento. Nesse estudo,

observou-se comportamento linear decrescente; os valores de eficiência no uso da água variaram de 563,07 kg ha⁻¹ mm⁻¹ a 186,51 kg ha⁻¹ mm⁻¹, com as lâminas de irrigação de 74,53 mm e 285,65 mm, respectivamente.

Magalhães *et al.* (2015) observaram, ao trabalharem com lâminas de irrigação por gotejamento em alface do grupo crespa, que a EUA reduziu linearmente com o aumento da lâmina de água aplicada e que a maior e a menor produtividade (kg ha⁻¹) foram acentuadas com as reposições de 75% e 100% da ETo da evaporação do Tanque Classe A: a maior produtividade foi de 28.325,78 kg ha⁻¹ e a menor, de 23.361,00 kg ha⁻¹, variando de 618,2 kg ha⁻¹ mm⁻¹, no tratamento com 20% da lâmina evaporada, a 286,2 kg ha⁻¹ mm⁻¹, no tratamento com 125% da lâmina evaporada.

Valeriano *et al.* (2016) também perceberam que a variável EUA foi linearmente decrescente com o aumento das lâminas de irrigação. O tratamento que obteve maior eficiência foi aquele com lâmina de irrigação que correspondeu a 60% da ETo, convertendo aproximadamente 1,8 g para cada mm de água.

Os valores de eficiência no uso da água na presente pesquisa variaram de 269,25 kg ha⁻¹ mm⁻¹ a 111,21 kg ha⁻¹ mm⁻¹, correspondentes às lâminas de irrigação de 57,79 mm e 283,98 mm, respectivamente. Os resultados obtidos neste trabalho expressaram inferioridade, similaridade e superioridade em relação aos resultados das pesquisas que trabalharam com alface e irrigação (LIMA JÚNIOR *et al.*, 2010; MAGALHÃES *et al.*, 2015; VALERIANO *et al.*, 2016). Contudo, quando comparados à produtividade das alfaces dos trabalhos supracitados nos quesitos manejo, custo monetário e uso de insumos químicos ou permanentes, os canteiros econômicos de água podem se mostrar uma alternativa viável para pequenos agricultores familiares desprovidos de renda e assistência técnica no semiárido brasileiro, pois se assemelham, no quesito produção agrícola, aos sistemas convencionais de irrigação.

5 Considerações finais

- 1) A máxima produtividade comercial, 32.570 kg ha⁻¹, foi obtida com a aplicação da lâmina de 224,27 mm, correspondente ao fator de reposição de 99% da ETo;
- 2) As variáveis massa de matéria fresca da parte aérea e número de folhas tiveram valores

máximos alcançados entre o intervalo de 75% a 99% de reposição da lâmina evaporada;

- 3) A maior eficiência no uso da água (269,25 kg ha⁻¹ mm⁻¹) ocorreu com a aplicação da lâmina de irrigação de 56,88 mm, correspondente ao fator de reposição de água de 25% da ETo.

REFERÊNCIAS

- ALENCAR, T. A. S.; TAVARES, A. T.; CHAVES, P. P. N.; FERREIRA, T. A.; NASCIMENTO, I. R. Efeito de intervalos de aplicação de urina bovina na produção de alface em cultivo protegido. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 7, n. 3, p. 53-67, 2012. Disponível em: <https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/1337/1318>. Acesso em: 15 out. 2018.
- ARAÚJO, W. F.; SOUZA, K. T. S.; VIANA, T. V. A.; AZEVEDO, B. M.; OLIVEIRA, G. A. Rendimento e eficiência do uso da água pela alface em função da lâmina de irrigação. **Revista Caatinga**, v. 23, n. 4, p. 115-120, 2010. Disponível em: <https://periodicos.ufersa.edu.br/index.php/caatinga/article/view/1824>. Acesso em: 17 out. 2018.
- BATISTA, S. C. O.; CARVALHO, D. F.; ROCHA, H. S.; SANTOS, H. T.; MEDICI, L. O. Production of automatically watered lettuce with a low cost controller. **Journal of Food, Agriculture & Environment**, v. 11, n. 2, p. 485-489, 2013. Disponível em: <https://irrigationinnovation.org/library/production-of-automatically-watered-lettuce-with-a-low-cost-controller/>. Acesso em: 14 ago. 2018.
- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8. ed. Viçosa: Editora UFV, 2013.
- BIANCHI, L.; GERMINO, G. H.; SILVA, M. A. Adaptação das Plantas ao Déficit Hídrico. **Acta Iguazu**, v. 5, n. 4, p. 15-32, 2016. Disponível em: <http://erevista.unioeste.br/index.php/actaiguazu/article/view/16006>. Acesso em: 19 jan. 2019.
- BILIBIO, C.; CARVALHO, J. A.; MARTINS, M.; REZENDE, F. C.; FREITAS, E. A.; GOMES, L. A. A. Desenvolvimento vegetativo e produtivo da berinjela submetida a diferentes tensões de água no solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 7, p. 730-735, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662010000700007>.
- CARVALHO, C. A. L.; DANTAS, A. C. V. L.; PEREIRA, F. A. C.; SOARES, A. C. F.; MELO FILHO, J. F.;

OLIVEIRA, G. J. C. (org.). **Tópicos em Ciências Agrárias**. Cruz das Almas, BA: UFRB, 2010. 296 p.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa: UFV, 2008. 421 p.

GHEYI, H. R.; PAZ, V. P. S.; MEDEIROS, S. S.; GALVÃO, C. O. (ed.). **Recursos hídricos em regiões semiáridas: estudos e aplicações**. Campina Grande, PB: Instituto Nacional do Semiárido; Cruz das Almas, BA: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2012. 258 p.

GOMES, R. A.; MATIAS, T. L.; PAULINO, J. S. Articulações interinstitucionais na realização de feiras agroecológicas na Microrregião de Campina Grande-PB. **Revista Brasileira de Desenvolvimento Regional**, v. 3, n. 1, p. 103-126, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.7867/2317-5443.2015v3n1p103-126>.

GONÇALVES, F. V.; MEDICI, L. O.; ALMEIDA, W. S.; CARVALHO, D. F.; SANTOS, H. T.; GOMES, D. P. Irrigação no cultivo orgânico de alface utilizando Irrigás, tanque Classe A e um sistema automático de baixo custo. **Ciência Rural**, v. 44, n. 11, p. 1950-1955, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20131448>.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Agropecuário 2017**: Tabela 1706 - Produção, Venda e Valor da produção na horticultura nos estabelecimentos agropecuários, por produtos da horticultura, condição do produtor em relação às terras, grupos de atividade econômica e uso de irrigação. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1706>. Acesso em: 20 out. 2018.

KERBAUY, G. B. **Fisiologia Vegetal**. 2. ed. São Paulo: Guanabara Koogan, 2008. 431 p.

KOETZ, M.; COELHO, G.; COSTA, C. C.; LIMA, E. P.; SOUZA, R. J. Efeito de doses de potássio e da frequência de irrigação na produção da alface-americana em ambiente protegido. **Engenharia Agrícola**, v. 26, n. 3, p. 730-737, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-69162006000300009>.

LIMA JUNIOR, J. A.; PEREIRA, G. M.; GEISENHOF, L. O.; VILAS BOAS, R. C.; SILVA, W. G.; SILVA, A. L. P. Produtividade da alface americana submetida a diferentes lâminas de irrigação. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, supl. 1, p. 2681-2688, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2012v33Supl1p2681>.

LIMA JÚNIOR, J. A.; PEREIRA, G. M.; GEISENHOF, L. O.; COSTA, G. G.; VILAS BOAS, R. C.; YURI, J. E. Efeito da irrigação sobre o rendimento produtivo da alface americana, em cultivo protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 8, p. 797-803, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662010000800002>.

MAGALHÃES, F. F.; CUNHA, F. F.; GODOY, A. R.; SOUZA, E. J.; SILVA, T. R. Produção de cultivares de alface tipo crespa sob diferentes lâminas de irrigação. **Water Resources and Irrigation Management**, v. 4, n. 1-3, p. 41-50, 2015. Disponível em: <http://www3.ufrb.edu.br/seer/index.php/wrim/article/view/1602>. Acesso em: 15 out. 2018.

MANFRINATO, H. A. A irrigação por gotejamento I parte: influência sobre as relações solo-água. **Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**, v. 31, n. 1, p. 35-49, 1974. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0071-12761974000100003>.

NUNES, K. G.; COSTA, R. N. T.; CAVALCANTE JÚNIOR, J. A. H.; ARAÚJO, D. F. Comportamento da alface-americana sob diferentes doses de composto orgânico e lâminas de irrigação (I). **Irriga**, v. 22, n. 1, p. 167-176, 2017. DOI: <https://doi.org/10.15809/irriga.2017v22n1p167-176>.

OHSE, S.; DOURADO-NETO, D.; MANFRON, P. A.; SANTOS, O. S. Qualidade de cultivares de alface produzidos em hidroponia. **Scientia Agrícola**, v. 58, n. 1, p. 181-185, 2001. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-90162001000100027>.

OLIVEIRA FILHO, F. S.; CASSIMIRO, C. A. L.; SILVA, R. T.; SILVA, E. A.; SIQUEIRA, E. C. Produção de hortaliças com o uso eficiente de água em propriedades rurais do Sítio Barrocas, Sousa-PB. **Práxis**, v. 6, n. 13, p. 68-76, 2018. Disponível em: <https://periodicos.ifpb.edu.br/index.php/praxis/article/download/2337/966>. Acesso em: 19 jan. 2019.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAÚJO FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 356 p.

SEDIYAMA, M. A. N.; SANTOS, I. C.; LIMA, P. C. Cultivo de hortaliças no sistema orgânico. **Revista Ceres**, v. 61, supl., p. 829-837, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/0034-737x201461000008>.

SHANAHAN, J. F.; EDWARDS, I. B.; QUICK, J. S.; FENWICK, J. R. Membrane Thermostability and Heat Tolerance of Spring Wheat. **Crop Science**, v. 30, n. 2, p. 247-251, 1990. DOI: <https://doi.org/10.2135/cropsci1990.0011183X003000020001X>.

SILVA, C. R. **Cultivo hidropônico de alface com soluções organominerais apropriadas a agricultura familiar**. 2016. 72 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, PB, 2016. Cap. 6.

SILVA, V. D.; QUEIROZ, S. O. P. Manejo de água para produção de alface em ambiente protegido. **Irriga**, v. 18, n. 1, p. 184-199, 2013. DOI: <https://doi.org/10.15809/irriga.2013v18n1p184>.

SUINAGA, F. A.; BOITEUX, L. S.; CABRAL, C. S.; RODRIGUES, C. S. **Desempenho produtivo de cultivares de alface crespa**. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 18 p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858 p.

VALERIANO, T. T. B.; SANTANA, M. J.; MACHADO, L. J. M.; OLIVEIRA, A. F. Alface americana cultivada em ambiente protegido submetida a doses de potássio e lâminas de irrigação. **Irriga**, v. 21, n. 3, p. 620-630, 2016. DOI: <https://doi.org/10.15809/irriga.2016v21n3p620-630>.

VALIATI, I.; SANTOS, R. F.; ROSA, H. A.; WAZILEWSKI, W. T.; CHAVES, L. I.; GASPARIN, E. Eficiência da Irrigação na Cultura da Alface (*Lactuca sativa* L.). **Acta Iguazu**, v. 1, n. 2, p. 53-66, 2012. Disponível em: <http://saber.unioeste.br/index.php/actaiguazu/article/viewFile/7037/5189>. Acesso em: 14 ago. 2018.

WANDERLEY, J. A. C.; AZEVEDO, C. A. V.; BRITO, M. E. B.; SILVA, S. S.; ALVINO, F. C. G.; DANTAS, P. F. Fisiologia e produção do girassol sob sistemas de cultivo e adubação orgânica. **Irriga**, v. 23, n. 3, p. 548-565, 2018. DOI: <https://doi.org/10.15809/irriga.2018v23n3p548-565>.