

## ALFACE AMERICANA CULTIVADA EM AMBIENTE PROTEGIDO SUBMETIDA A DOSES DE POTÁSSIO E LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO

TAYNARA TUANY BORGES VALERIANO<sup>1</sup>; MÁRCIO JOSÉ DE SANTANA<sup>2</sup>; ANA FLÁVIA OLIVEIRA<sup>3</sup> E LÁZARO JOSÉ MACEDO MACHADO<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Eng. Agrônoma, Departamento de Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista/ Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal – SP, CEP São Paulo - CEP 14884-900 – Brasil. [taynarabvaleriano@gmail.com](mailto:taynarabvaleriano@gmail.com)

<sup>2</sup> Eng. Agrônomo, Prof. Dr. em Irrigação e Drenagem, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro, Uberaba, Uberaba, CEP 38064-300, Uberaba – MG, Brasil. [marciosantana@iftm.edu.br](mailto:marciosantana@iftm.edu.br)

<sup>3</sup> Eng. Agrônoma, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro, Uberaba – MG, Brasil. [an.fl.ol@hotmail.com](mailto:an.fl.ol@hotmail.com)

<sup>4</sup> Eng. Agrônomo, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro, Uberaba – MG, Brasil. [lazimmacedo@hotmail.com](mailto:lazimmacedo@hotmail.com)

### 1 RESUMO

O cultivo de alface em ambiente protegido tem crescido bastante nos últimos anos devido ao maior controle dos fatores ambientais, aliado ao emprego de práticas de irrigação e adubação pode contribuir com o aumento da produtividade e melhoria na qualidade do produto. A partir do exposto, um experimento foi conduzido em casa de vegetação no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro/IFTM, no município de Uberaba-MG, com o objetivo de avaliar o efeito da aplicação de doses de potássio e lâminas de irrigação na produção de alface americana. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, em esquema fatorial 4x4 com três repetições, totalizando 48 unidades experimentais. Foram estudadas quatro doses de potássio (30, 60, 90 e 120 kg ha<sup>-1</sup>) e quatro lâminas de irrigação (60, 80, 100 e 120% da evapotranspiração da cultura - ETc). Aos 66 dias após o transplante, determinou-se o diâmetro do caule, a circunferência da cabeça, o número de folhas externas e internas, o peso total da planta e o peso comercial da cabeça. Foi determinada ainda a eficiência do uso da água (EUA) com base na relação peso comercial da cabeça/lâmina de irrigação total aplicada. Observou-se efeito significativo apenas entre as lâminas de irrigação para todas as variáveis estudadas, com resposta crescente até valores próximos a 100% da ETc. A maior EUA de 1,8 g mm<sup>-1</sup> foi obtida com a aplicação de 60% da ETc.

**Palavras-chave:** *Lactuca sativa* L., nutrição, manejo de irrigação.

VALERIANO, T. T. B.; SANTANA, M. J.; OLIVEIRA, A. F.; MACHADO, L. J. M.  
POTASSIUM AND IRRIGATION LEVELS IN THE PRODUCTION OF LETTUCE  
GROWN IN GREENHOUSES

### 2 ABSTRACT

Lettuce grown in greenhouses has increased considerably in recent years due to superior control of environmental factors, coupled with the use of irrigation and fertilization practices that contribute to increased yield and improved product quality. Therefore, an

experiment was conducted in a greenhouse at the Federal Institute of Education, Science and Technology of the Mineiro Triangle / IFTM, in Uberaba-MG, in order to evaluate the effect of application of potassium doses and irrigation water in the production of lettuce. The experimental design was randomized blocks in a 4x4 factorial design with three replications, totaling 48 experimental units. We studied four potassium doses (30, 60, 90 and 120 kg ha<sup>-1</sup>) and four irrigation levels (60, 80, 100 and 120% of crop evapotranspiration - ETC). 66 days after transplanting, the stem diameter, head circumference, the number of internal and external leaves, the total weight of the plant and the commercial weight of the head were determined. Water use efficiency (WUE) was also determined based on the commercial weight ratio of the head / Total irrigation depth applied. There was significant effect, among irrigation water levels, for all variables studied, with growing response to values close to 100% of ETC. The superior USA 1.8 g mm<sup>-1</sup> was obtained by applying 60% of the ETC.

**Keywords:** *Lactuca sativa* L., mineral nutrition, irrigation management.

### 3 INTRODUÇÃO

A alface (*Lactuca sativa* L.) é considerada a olerícola folhosa mais importante na alimentação do brasileiro, o que lhe garante expressiva importância econômica, dentro do grupo das hortaliças folhosas. Segundo o IEA (2014), a produção brasileira de alface em 2012/13 foi de 1,27 milhão de t ano<sup>-1</sup>.

O volume de alface comercializado na Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo (CEAGESP) em 2014 foi de 48.689 toneladas, revelando que a alface do tipo americana tem 26,89% da preferência, sendo que já ultrapassou o consumo do tipo lisa (14,57%), enquanto a crespa mantém a liderança com 57,63% das vendas (AGRIANUAL, 2015). Segundo Sala e Costa (2012), em função das mudanças nos hábitos alimentares e ao crescimento das redes “fast food”, o mercado para alface americana aumentou notoriamente.

O cultivo de alface, dentre outras hortaliças, em muitos locais é prejudicado devido às intempéries do clima, o que pode diminuir a oferta do produto. Para manter a regularidade de oferta do produto durante todo o período do ano, o cultivo em ambiente protegido pode garantir a oferta do produto quando as variações climáticas não favorecem o cultivo convencional. Segundo Koetz et al. (2006), a alface é uma cultura exigente em água, sendo o manejo adequado da irrigação importante não apenas por suprir as necessidades hídricas da cultura, mas também por minimizar problemas com doenças e lixiviação de nutrientes, além de gastos extras com água e energia.

A irrigação é uma técnica fundamental para o cultivo em ambiente protegido, entretanto, o manejo inadequado do sistema de irrigação e da cultura pode inviabilizar o processo de produção. Dentro deste contexto, em vários trabalhos têm-se comprovado que a irrigação promove aumento na produtividade de diversas hortaliças (CARVALHO et al., 2004; VILAS BOAS et al., 2008; DERMITAS; AYAS, 2009; BILIBIO et al., 2010).

Outro aspecto que deve ser considerado no cultivo desta hortaliça em ambiente protegido é a adubação, pois é uma cultura sensível a aplicação de doses de potássio durante seu ciclo. Neste tipo de cultivo são poucos os estudos que relacionam a aplicação de potássio com o manejo da irrigação. Para o Estado de Minas Gerais, a recomendação de adubação para a alface em condições de campo é fixada em 150 kg ha<sup>-1</sup> de N, com variação nas quantidades de P e K, de acordo com a disponibilidade no solo (disponibilidade baixa a muito boa),

variando de 50 a 400 kg ha<sup>-1</sup> para P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e de 0 a 120 kg ha<sup>-1</sup> para K<sub>2</sub>O (CFSEMG, 1999). Em estudo conduzido por Koetz et al. (2006) na região de Lavras - MG, avaliaram o efeito de doses de potássio e da frequência de irrigação para o cultivo da alface americana em ambiente protegido; de acordo com os resultados, constataram maior produtividade de 44,06 t ha<sup>-1</sup> com aplicação da dose de 119,36 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O e as irrigações podem ser realizadas com intervalos de até quatro dias.

Lima Júnior et al. (2010) avaliaram o efeito da aplicação de lâminas de irrigação no cultivo da alface americana em cultivo protegido; de acordo com os autores, a máxima produtividade comercial de 35.308 kg ha<sup>-1</sup> e a maior EUA, 563,07 kg ha<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup>, foram estimadas com a aplicação das lâminas de 204,3 mm e 74,53 mm, respectivamente. Em condições de campo, Hamada e Testezlaf (1995) avaliaram a EUA com base na produção comercial da alface em função da lâmina total aplicada; observaram que os maiores valores, com máxima de aproximadamente 18 g m<sup>-2</sup> mm<sup>-1</sup> foram obtidos com as menores lâminas de água, 130 e 140 mm, havendo um decréscimo acentuado até os 160 mm, onde a EUA permaneceu constante em aproximadamente 15 g m<sup>-2</sup> mm<sup>-1</sup>.

Diante do exposto, objetivou-se com o presente trabalho avaliar o efeito de doses de potássio em interação com lâminas de irrigação sobre a produção de alface americana em cultivo protegido.

#### 4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, entre os meses de março e junho de 2014, no setor de Olericultura, pertencente ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro/IFTM, no município de Uberaba – MG. Este está localizado a 800m de altitude, com latitude de 19° 39' 19"S e longitude de 47° 57' 27"W. O clima do local, segundo a classificação internacional de Köppen é do tipo Aw, isto é, tropical quente úmido, com inverno frio e seco, precipitação anual de 1584,2 mm ano<sup>-1</sup> segundo Pizolato Neto, et al. (2016) e temperatura média 23,2°C (VALLE JUNIOR et al., 2010).

O preparo do solo foi realizado manualmente bem como os tratamentos culturais. As mudas foram provenientes da empresa Certrim de Uberaba. O transplante das mudas foi realizado no dia 28 de março de 2014, as mudas foram dispostas em covas de aproximadamente 0,05 m. A cultivar utilizada foi a Mirena, do tipo americana.

As equações de ajuste das curvas características de retenção de água no solo para as camadas de 0-20 cm e 20-40 cm de profundidade, segundo modelo de Genuchten (1980), foram obtidas de acordo com Dourado Neto et al. (1995) e encontram-se na (Tabela 1). Com o auxílio do software SWRC versão 3.0 (Soil Water Retention Curve), foram obtidos os parâmetros de ajuste das equações. A obtenção da curva de água no solo foi realizada no mês de janeiro de 2014 em amostras indeformadas no Laboratório de Relação Solo-Planta, do IFTM *campus* Uberaba, MG. Para as tensões de 2 kPa, 4 kPa, 6 kPa, 8 kPa e 10 kPa foi utilizado o método do funil de placa porosa (Funil de Haines), e para as tensões de 33 kPa, 100 kPa, 500 kPa e 1500 kPa, a câmara de pressão de Richards.

O solo da área experimental pertence à classe textural Franco Arenosa, cujas características químicas foram analisadas pelo Laboratório de Análise do Solo da EPAMIG em Uberaba (Tabela 2). A amostragem de solo foi realizada, coletando-se, com um trado, 3 amostras simples na camada de 0 a 0,2 m de profundidade. As amostras simples foram homogêneas em um recipiente limpo, formando uma amostra composta, e enviada ao Laboratório de Análise de Solo da EPAMIG situado no município de Uberaba-MG. A

densidade média do solo para as camadas de 0 a 0,2 m e 0,2 a 0,4 m, obtida pelo método do cilindro de Umland, forneceu valores de 1,1 g cm<sup>-1</sup> e 1,05 g cm<sup>-1</sup>, respectivamente.

**Tabela 1.** Ajuste do modelo de van Genuchten para o solo da área experimental. Uberaba - MG, 2014.

Camada (m)	Ajuste do modelo de van Genuchten	R <sup>2</sup>
0-0,2	$\theta_a = \frac{0,46}{\left[1 + (1,4 \psi_m )^{4,707}\right]^{0,116}} + 0,078$	0,925
0,2-0,4	$\theta = \frac{0,375}{\left[1 + (0,985 *  \psi_m )^{6,917}\right]^{0,127}} + 0,238$	0,958

$\theta_a$  é a umidade atual de água no solo em base volumétrica (cm<sup>3</sup> cm<sup>-3</sup>);  $\psi_m$  é o potencial matricial (kPa).

**Tabela 2.** Resultados da análise química do solo na camada de 0-0,2 m da área experimental. Uberaba - MG, 2014.

Características	Teores	Características	Teores
pH em água	6,6	SB (cmolc dm <sup>-3</sup> )	4,2
P (mg dm <sup>-3</sup> )	77,2	t (cmolc dm <sup>-3</sup> )	4,2
K (mg dm <sup>-3</sup> )	67,0	T (cmolc dm <sup>-3</sup> )	5,4
Ca <sup>2+</sup> (cmolc dm <sup>-3</sup> )	3,3	V (%)	77,7
Mg <sup>2+</sup> (cmolc dm <sup>-3</sup> )	0,7	m (%)	0,0
Al <sup>3+</sup> (cmolc dm <sup>-3</sup> )	0,0	P-rem (mg L <sup>-1</sup> )	19,2
H + Al (cmolc dm <sup>-3</sup> )	1,2		

Análises realizadas no Laboratório de Análise de Solo da EPAMIG. t é a CTC efetiva; T é a CTC a pH igual a 7,0; m é a saturação por alumínio; V é a saturação por bases; SB é a soma de bases trocáveis; P-rem é o fósforo remanescente.

O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados, em um esquema fatorial 4x4 com três repetições, totalizando 48 unidades experimentais. Foram estudadas quatro doses de potássio (30, 60, 90 e 120 kg ha<sup>-1</sup>) e quatro lâminas de irrigação (60, 80, 100 e 120% da evapotranspiração da cultura - ETc). Cada parcela experimental foi composta de uma linha de cultivo, com 10 plantas espaçadas de 0,33 m, com espaçamento entre linhas de 0,90 m. As parcelas experimentais foram dispostas em três blocos em linhas paralelas uma das outras. Considerou-se as três plantas centrais como úteis.

As doses de adubação potássica foram de acordo com o recomendado para o estado de Minas Gerais (CFSEMG, 1999), a partir da análise química do solo (o teor de potássio encontrado no solo foi interpretado como médio/bom), constituindo tratamentos de 50% (30 kg ha<sup>-1</sup>), 100% (60 kg ha<sup>-1</sup>), 150% (90 kg ha<sup>-1</sup>) e 200% (120 kg ha<sup>-1</sup>) da dose recomendada. De acordo com a interpretação do resultado da análise de solo, foram aplicados 100 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 150 kg ha<sup>-1</sup> de N. A adubação de plantio foi realizada no dia 27 de março de 2014, utilizando-se 20 kg ha<sup>-1</sup> de potássio e 30 kg ha<sup>-1</sup> de N, correspondente a 20% da dose total. Foi feito o parcelamento da adubação de cobertura seguindo a proporção de 20% da dose total na primeira aplicação aos 15 DAT (dias após o transplantio), 12 de abril de 2014, 30% aos 30 DAT, 28 de abril de 2014 e 30% aos 40 DAT, 08 de abril de 2014. A diferenciação na

aplicação, correspondente aos tratamentos, foi realizada nas adubações de cobertura, estas foram feitas via fertirrigação.

Foi utilizado o sistema de irrigação por gotejamento, instalado para o experimento, com espaçamento entre emissores de 0,33 m (um emissor autocompensante por planta). Utilizou-se tubogotejadores Naan PC 16 com duas saídas de água, espessura da parede de 0,90 mm, diâmetro interno de 13,9 mm, vazão nominal de 1,6 L h<sup>-1</sup> e pressão de serviço de 10 a 35 mca.

Para realização do manejo da irrigação, foi feita uma avaliação do desempenho do sistema de irrigação, encontrando-se uma uniformidade de 89% com base no coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) (Equação 1). Para o teste foi utilizado o método proposto por Keller e Karmelli (1975).

$$\text{CUD} = \frac{q_{25\%}}{q_a} \quad (1)$$

Em que:  $q_{25\%}$  é a média de 25% das menores vazões coletadas (L h<sup>-1</sup>);  $q_a$  é a média das vazões coletadas (L h<sup>-1</sup>).

A evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) foi estimada pelo modelo de FAO Blaney-Criddle, por exigir um número reduzido de informações sobre o clima e alternativa para produtores em ambiente protegido (VICENTE; VICENTE, 2004) (Equação 2) a partir de dados de temperatura e umidade relativa do ar, obtidos por meio de um termohigrômetro digital instalado no interior da casa de vegetação. A velocidade média do vento foi obtida por meio de um anemômetro digital (manual) em pelo menos três horários por dia. Posteriormente calculou-se a evapotranspiração da cultura (ET<sub>c</sub>) (Equação 3). As irrigações foram realizadas diariamente com base na ET<sub>c</sub>. Durante os 10 primeiros dias após transplântio foram adicionados ao solo 20 mm em todas as parcelas.

$$\text{ET}_o = a + b [f(0,46 T + 8,13)] \quad (2)$$

$$\text{ET}_c = \text{ET}_o \cdot K_c \cdot K_s \cdot K_l \quad (3)$$

Em que: ET<sub>o</sub> e ET<sub>c</sub> são a evapotranspiração de referência e da cultura, mm dia<sup>-1</sup>; a e b são fatores de ajuste em funções das variáveis climáticas (adimensionais); f é a porcentagem mensal das horas de luz solar; T é a temperatura média do ar, °C; K<sub>c</sub> é o coeficiente de cultura, adimensional (conforme ALLEN et al., 1998); K<sub>s</sub> é coeficiente de umidade no solo, adimensional (considerado 1 para este experimento); K<sub>l</sub> é o coeficiente de localização, adimensional (conforme FERERES, 1981).

Aos 66 dias após o transplântio, no dia 02 de junho avaliaram-se as seguintes características: número de folhas externas e internas, circunferência da cabeça, diâmetro do caule, peso total da planta considerando todas as folhas e o caule, peso comercial da cabeça onde foram considerados somente as folhas internas e o caule. Foi avaliada ainda, a eficiência do uso da água (EUA) conforme a Equação 4.

$$\text{EUA} = \frac{P}{L} \quad (4)$$

Em que: EUA é a eficiência do uso da água,  $\text{g mm}^{-1}$ ; P é o peso comercial da cabeça (peso médio da cabeça obtido a partir da estimativa de cada lâmina aplicada), g; L é a lâmina total de água aplicada (em cada lâmina testada), mm.

Os dados foram submetidos ao teste F da análise de variância e na ocorrência de diferenças significativas, os fatores doses de potássio e lâminas de irrigação foram estudados mediante análise de regressão, selecionando-se os modelos com base na significância de seus termos, no valor do coeficiente de determinação e no significado agrônômico do comportamento.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o período de condução do experimento, os valores médios de temperatura do ar e umidade relativa foram de  $32,45^{\circ}\text{C}$  e  $62\%$ , respectivamente. Vilas Boas et al. (2008) registraram valores semelhantes, sendo estes de  $25^{\circ}\text{C}$  para temperatura e  $66,5\%$  de umidade relativa. Porém de acordo com Sgabzerla (1995) esse valor acima de  $30^{\circ}\text{C}$  se encontra na faixa de valores críticos para o desenvolvimento da cultura. Resultado este que corrobora com Santana, Almeida e Turco (2009), que verificaram que a cultura da alface deixa de desenvolver todo o seu potencial genético quando cultivada em regiões onde a temperatura do ar e a luminosidade são elevadas.

Verificou-se diferença significativa entre as lâminas de irrigação aplicadas para o número de folhas externas e internas, circunferência da cabeça, diâmetro do caule, peso total da planta e peso comercial da cabeça (Tabela 3). Já para o efeito das doses de potássio e interação dos fatores, não foi verificada diferenças significativas ( $p>0,05$ ) sobre as variáveis avaliadas. Assim como verificado no presente trabalho, Araújo et al. (2012) reportaram que a aplicação das doses crescentes de  $\text{K}_2\text{O}$  (0, 50, 100, 200 e  $400 \text{ kg ha}^{-1}$ ) não promoveram efeito significativo sobre as variáveis de crescimento e produção da abóbora.

**Tabela 3.** Resumo da análise de variância dos dados relativos ao peso total da planta (PT), produção comercial (PC), número de folhas externas (NFE), número de folhas internas (NFI), circunferência da cabeça (CC) e diâmetro da cabeça (DC) em função das lâminas e doses de potássio aplicadas. Uberaba, MG, 2014.

Fontes de variação		Quadrados médios					
		PT	PC	NFE	NFI	CC	DC
Lâminas (L)	3	109522,81 *	21332,33 *	14,85 *	43,90 *	112,51 *	88,39 *
Doses de K (D)	3	6765,03 <sup>NS</sup>	4694,55 <sup>NS</sup>	3,32 <sup>NS</sup>	1,78 <sup>NS</sup>	5,56 <sup>NS</sup>	8,34 <sup>NS</sup>
L x D	9	4715,7094 <sup>NS</sup>	1854,87 <sup>NS</sup>	1,47 <sup>NS</sup>	0,79 <sup>NS</sup>	11,59 <sup>NS</sup>	8,05 <sup>NS</sup>
Coeficiente de variação (%)		30,77	53,01	9,99	14,44	10,15	14,15
Média geral		312,48 g planta <sup>-1</sup>	147,90 g planta <sup>-1</sup>	13,07	12,18	36,70 cm	22,12 mm

\*significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste F, <sup>NS</sup> não significativo, pelo teste F; G.L. = grau de liberdade.

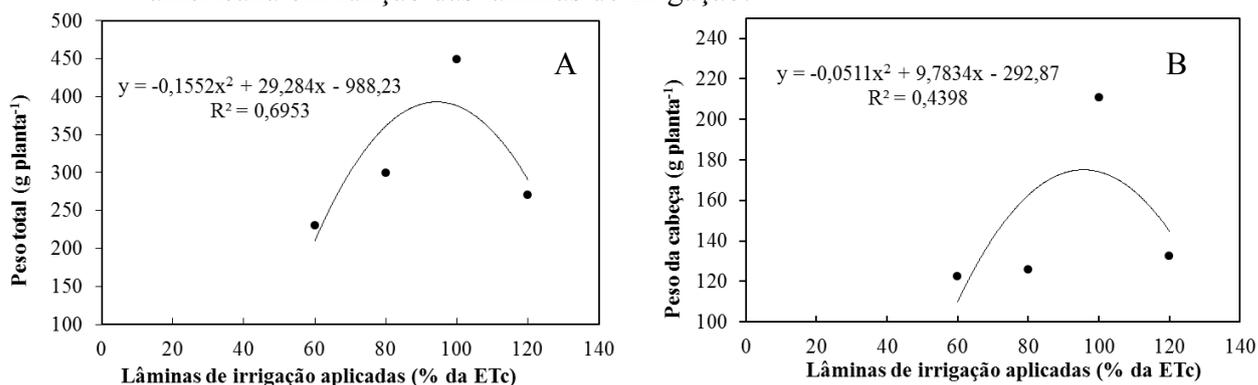
Outro fator que pode ter contribuído para as doses de potássio não se diferenciarem foi o teor inicial do nutriente no solo, considerado médio/bom conforme análise de solo.

Diferente dos resultados reportados no presente trabalho, Koetz et al. (2006) verificaram efeito significativo das doses crescentes de cloreto de potássio (KCl) (100, 150, 200 e 250 kg ha<sup>-1</sup>) sobre a produtividade de alface cv. Raider do tipo americana cultivada em ambiente protegido, sendo a dose de KCl de 198,93 kg ha<sup>-1</sup> que maximizou a produtividade, da ordem de 44,06 t ha<sup>-1</sup>.

No final do experimento as lâminas de irrigação aplicadas foram da ordem de 94,12; 110,06; 123,52 e 141,14 mm, respectivamente referentes a 60, 80, 100 e 120% da ETc. A lâmina de irrigação de 123,52 mm correspondente a 100% da ETc é condizente com o valor obtido no estudo de Silva e Queiroz (2013) com alface em ambiente protegido, pois a lâmina correspondente a 100% ETc foi da ordem de 121,19 mm. A lâmina aplicada de 94,12 mm para 60% da ETc é condizente com trabalho conduzido por Lima Júnior et al. (2010) com alface em ambiente protegido, foi reportado pelos autores uma lâmina de irrigação de 104,6 mm correspondente a 60% da ETc.

Quanto ao efeito significativo das lâminas de irrigação, o peso médio total de 393,14 g planta<sup>-1</sup> (Figura 1A) e o peso comercial da cabeça de 175,40 g planta<sup>-1</sup> (Figura 1B) de alface americana, foram maximizados com 94,34 e 95,73% da ETc, equivalente as lâminas de irrigação de 116,853 e 118,24 mm, respectivamente.

**Figura 1.** Valores médios do peso total (A) e peso comercial da cabeça (B) de alface americana em função das lâminas de irrigação.

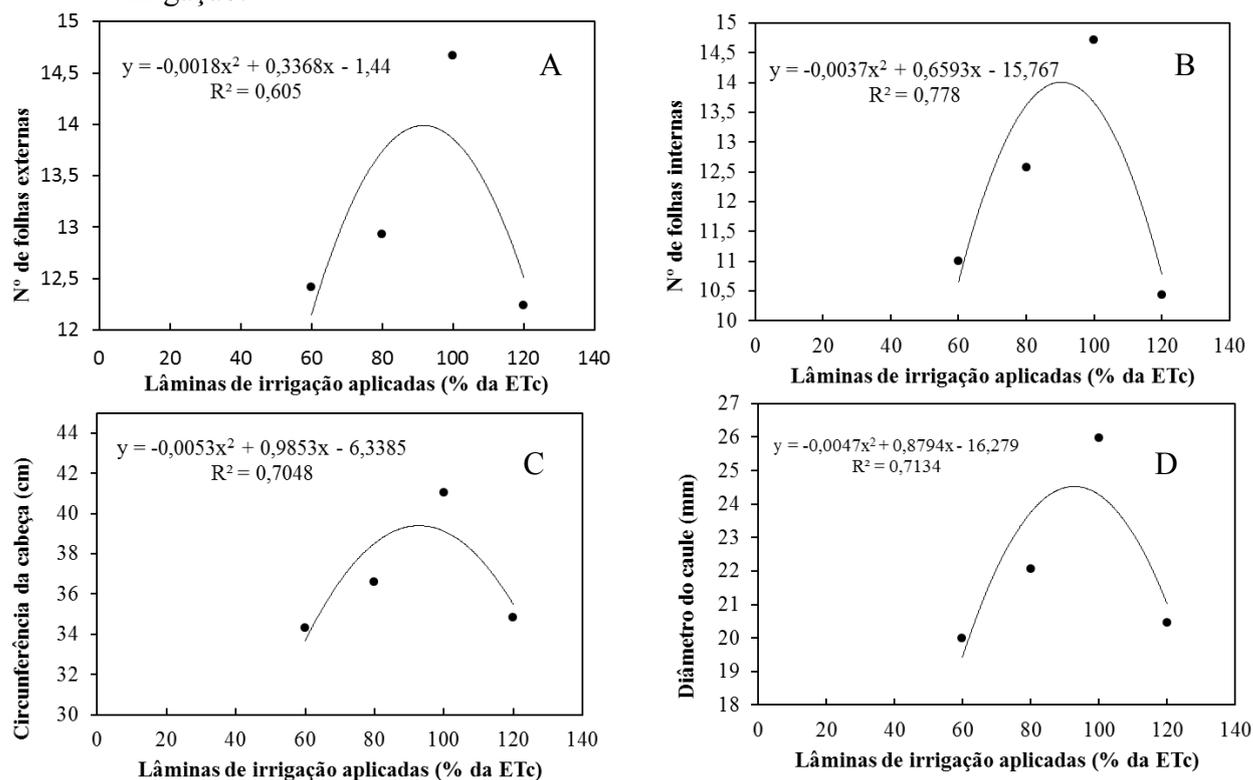


No estudo de Lima Júnior et al. (2010), a produtividade total máxima de alface americana foi estimado com uma lâmina de irrigação de 203,9 mm, com produtividade média de 65.578 kg ha<sup>-1</sup>; para a produtividade comercial da cabeça, o ponto máximo foi atingido com a lâmina de 204,3 mm, resultando em uma produtividade de 35.308 kg ha<sup>-1</sup>. Silva et al. (2008) reportaram produtividade de alface Raider-Plus do tipo americana de 27.004,49 kg ha<sup>-1</sup>, com aplicação de uma lâmina de 208,03 mm. No estudo conduzido por Araújo et al. (2010), ao avaliarem o efeito das lâminas de irrigação (reposições de água) para a cultura da alface, observaram que houve aumento linear na produção em função das lâminas aplicadas até 120% da evaporação de água.

Vilas Boas et al. (2008) encontraram valores máximos de produtividade total e comercial de alface crespa de 36.484 e 33.225 kg ha<sup>-1</sup>, com aplicação das lâminas de irrigação de 249,1 e 244,9 mm, respectivamente; houve redução na produtividade total e comercial com a aplicação da lâmina de 285,63 mm. As justificativas para tais reduções é que, devido ao excesso de umidade em torno do sistema radicular da planta, pode ter dificultado o arejamento e provocando, assim, anomalias de origem fisiológica, bem como a lixiviação de nutrientes (FILGUEIRA, 2008).

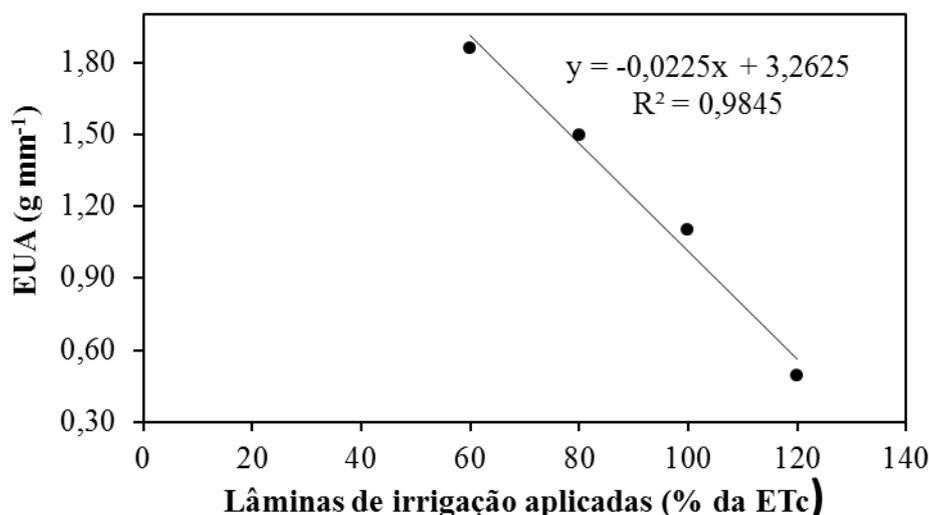
De acordo com a Figura 2, nota-se aumento do número de folhas externas e internas, circunferência da cabeça e diâmetro do caule até o ponto de máxima com posterior declividade. Os pontos de máxima verificados foram: 93,55% para folhas externas (número máximo de 14,31 folhas); 89,09% para folhas internas (número máximo de 13,60 folhas); 92,95% para circunferência da cabeça (valor máximo de 39,45 cm) e 93,55% para o diâmetro do caule (valor máximo médio de 24,85 mm).

**Figura 2.** Valores médios do número de folhas externas (A) e internas (B), circunferência da cabeça (C) e diâmetro do caule (D) de alface americana em função das lâminas de irrigação.



De acordo com a Figura 3, a EUA foi linearmente decrescente com aumento das lâminas de irrigação. O tratamento que se mostrou mais eficiente foi aquele cuja a lâmina de irrigação correspondeu a 60% da ETc, convertendo assim aproximadamente 1,8 g para cada mm. Para a reposição de 100% da ETc a EUA foi de 1,2 g mm<sup>-1</sup>. O mesmo tipo de comportamento foi verificado em trabalhos anteriores com alface. Vilas Boas et al. (2007) e Lima Júnior et al. (2010) observaram com a utilização das maiores lâminas que a EUA tende a decrescer até seu ponto mínimo, atingido seu máximo com lâminas menores.

Koetz et al. (2006) concluíram que com o aumento dos intervalos de irrigações houve aumento da eficiência de uso da água de irrigação. Silva e Queiroz (2013) ao avaliarem o manejo da irrigação na cultura da alface em ambiente protegido, concluíram que o maior valor obtido para EUA ocorreu com reposição de 140% da lâmina evaporada, com uma relação crescente com a elevação da lâmina de água aplicada. Sousa et al. (2000) comentaram que a distribuição da água e a manutenção de níveis ótimos de umidade no solo durante todo o ciclo da cultura, reduzem as perdas de água por drenagem e os períodos de estresse hídrico da cultura, o que aumenta a EUA.

**Figura 3.** Eficiência do uso da água da alface americana em função das lâminas de irrigação.

## 6 CONCLUSÕES

Não houve efeito estatístico significativo da adubação com potássio nas variáveis avaliadas. A lâmina de irrigação equivalente a 95,73% da ETc proporcionou a maior média de peso comercial da cabeça (175,49 g planta<sup>-1</sup>) de alface americana, cultivada em ambiente protegido.

A maior eficiência do uso da água (1,8 g mm<sup>-1</sup>) da alface americana foi obtida com a lâmina de irrigação corresponde a 60% da ETc. No entanto é recomendável a adoção da lâmina equivalente a 95,73% da ETc para que não haja deficiência hídrica, ocasionando uma diminuição na produtividade.

## 7 REFERÊNCIAS

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L. S.; RAES, K.; SMITH, S. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Roma: FAO, 1998. (FAO Irrigation and Drainage, 56).

ARAÚJO, W. F.; SOUZA, K. T. S. de; VIANA, T. V. de A.; AZEVEDO, B. M.; OVIEIRA, G.A. Rendimento e eficiência do uso da água pela alface em função da lâmina de irrigação. **Caatinga**, Mossoró, v. 23, n. 4, p. 115-120, 2010.

ARAÚJO, H. S.; QUADROS, B. R. de; CARDOSO, A. I. I.; CORRÊA, C. V. Doses de potássio em cobertura na cultura da abóbora. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 42, n. 4, p. 469-475, 2012.

BILIBIO, C.; CARVALHO, J. de A.; MARTINS, M. A.; 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**, Campina Grande, v. 14, n. 7, p. 730-735, 2010.

CARVALHO, J. de A.; SANTANA, M. J. de; PEREIRA, G. M.; PEREIRA, J. R. D.; QUEIROZ, T. M. de. Níveis de déficit hídrico em diferentes estádios fenológicos da cultura de berinjela (*Solanum melongena* L.). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 24, n. 2, p. 320-327, 2004.

CFSEMG - COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. 1999. Lavras, MG. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: (5ª aproximação)**. Viçosa: UFV. 359p.

DERMITAS, C.; AYAS, S. Deficit irrigation effects on pepper (*Capsicum annuum* L. Demre) yield in unheated greenhouse condition. **Journal of Food, Agricultural and Environment**, Helsinki, v. 7, n. 3-4, p. 989-1003, 2009.

FERERES, E. Papel de la fisiologia vegetal en la microirrigación. Recomendaciones para el manejo mejorado. In: IV Seminario Latinoamericano de Microirrigación. Barquisimeto, Venezuela, **Anais**: 1981. IICA p. 1-23.

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

GENUCHTEN, M. T. A closed form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 44, n. 4, p. 892-898, 1980.

HAMADA, E.; TESTEZLAF, R. Desenvolvimento e produtividade da alface submetidas a diferentes lâminas de água através da irrigação por gotejamento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 9, p. 1201-1209, 1995.

HORTIFRUTÍCOLAS. **Agriannual 2008**: Anuário da agricultura brasileira, São Paulo, FNP consultoria e comércio, p. 187, 2015.

IEA - INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA. **A produção Agropecuária Paulista**: Considerações frente a anomalias climáticas. 2014 Disponíveis em: <http://www.iaea.gov.br/out/LerTexto.php?codTexto=13660>. Acessado em 23 de novembro de 2015.

KELLER, J.; KARMELI, D. **Trickle irrigation design**. Glendora: Rain Bird Sprinkle Manufacturing, 1975.

KOETZ, M.; COELHO, G.; COSTA, C. C. da; LIMA, E. P.; SOUZA, R. J. de. Efeito de doses de potássio e da frequência de irrigação na produção da alface americana em ambiente protegido. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 26, n. 3, p. 730-737, 2006.

LIMA JÚNIOR, J. A. de; PEREIRA, G. M.; GEISENHOFF, L. O.; COSTA, G. G.; VILAS BOAS, R. C.; YURI, J. E. Efeito da irrigação sobre o efeito produtivo da alface americana, em cultivo protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 8, p. 797-803, 2010.

PIZOLATO NETO, A.; CAMARGOS, A. E. V.; VALERIANO, T. T. B.; SGOBI, M. A.; SANTANA, M. J.; Doses de nitrogênio para cultivares de milho irrigado. *Nucleus*, V13. n.1; abr. 2016.

SALA F. C.; COSTA, C. P. da. Retrospectiva e tendência da alfacultura brasileira. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v. 30, n. 2, p. 187-194, 2012.

SANTANA, C. V. da S.; ALMEIDA, A. C. de; TURCO, S. H. N. Produção de alface roxa em ambientes sombreados na região do Submédio São Francisco – BA. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, v. 4, n. 3, p. 1-6, 2009.

SILVA, P. A. M.; PEREIRA, G. M.; REIS, R. P.; LIMA, L. A.; TAVEIRA, J. H. da S. Função de resposta da alface americana aos níveis de água e adubação nitrogenada. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 4, p. 1266-1271, 2008.

SILVA, V. D. da; QUEIROZ, S. O. P. Manejo de água para produção da alface em ambiente protegido. **Revista Irriga**, Botucatu, v. 18, n. 1, p. 184-199, 2013.

SOUSA, V. F. de; COELHO, E. F.; ANDRADE JÚNIOR, A. S. de; FOLEGATTI, M. V.; FRIZZONE, J. A. Eficiência do uso da água pelo meloeiro sob diferentes frequências de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 4, n. 2, p. 183-188, 2000.

VICENTE, A.S.C.; VICENTE, S.E.I. **Proposta para Manejo da Irrigação**. Belém. Pará. Amazônia Irrigação. 2004.

VILAS BOAS, R. C.; CARVALHO, J. A.; GOMES, L. A. A.; SOUZA, K. J.; RODRIGUES, R. C.; SOUSA, A. M. G. Efeito da irrigação no desenvolvimento da alface crespa, em ambiente protegido, em Lavras, MG. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 4, p. 393-397, 2007.

VILAS BOAS, R. C.; CARVALHO, J. de A.; GOMES, L. A. A.; SOUSA, A. M. G. de; RODRIGUES, R. C.; SOUZA, K. J. de. Avaliação técnica e econômica da produção de duas cultivares de alface tipo crespa em função de lâminas de irrigação. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 2, p. 525-531, 2008.