

POTENCIAIS DE ÁGUA NO SOLO NA PRODUÇÃO DE ALFACE

Gabriel Greco de Guimarães Cardoso; Antônio Evaldo Klar

Departamento de Engenharia Rural, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP, gcardoso@fca.unesp.br

1 RESUMO

Este trabalho traça um paralelo entre a produção de massa fresca da alface com níveis de potenciais de água no solo, buscando compreender o comportamento desta cultura frente ao estresse e ao excesso de água no solo, como forma de definir critérios para um manejo adequado da irrigação. Para isso, foram escolhidos quatro cultivares de alface, Americana, Roxa, Crespa e Mimosa e quatro potenciais de água no solo, -0,001; -0,005; -0,012 e -0,022 MPa, com três repetições, distribuídos num experimento inteiramente casualizado. Os resultados permitiram concluir que, no emprego de potenciais em torno de -0,012 MPa, há tendência em se obter plantas com maiores massa de matéria verde, para todas as cultivares observadas. A alface Mimosa apresentou maior evapotranspiração, em todos os potenciais observados, seguida da Crespa, Americana e Roxa. A alface Americana, no potencial de -0,005 MPa, foi a combinação mais produtiva do experimento, 148,333 g, e a alface Roxa no potencial de 0,022 MPa, a combinação menos produtiva, 66,666 g.

UNITERMOS: Lâmina de irrigação, evapotranspiração, déficit de água.

CARDOSO, G. G. de G.; KLAR, A. E. SOIL WATER POTENTIAL ON LETTUCE PRODUCTION

2 ABSTRACT

The scope of this experiment is to study the influence of soil water potential on lettuce productivity, particularly in relation to deficit and excess of water. Four lettuce cultivars (Americana, Roxa, Crespa and Mimosa), four minimum soil water potential (-0,001, -0,005, -0,012 and 0,022 MPa) and three replicates in experimental randomized design. The results allowed concluding that the -0,012 MPa has the tendency to produce the highest green mass among her soil water potential applied. The Mimosa showed the tendency to produce the highest evapotranspiration among the cultivars. The cultivars Americana e -0,05 MPa was the best combination (148,33g) the worst was the Roxa and -0,022 MPa minimum soil water potential.

KEYWORDS: Blade of irrigation, evapotranspiration, water deficit.

3 INTRODUÇÃO

O cultivo em ambiente protegido é uma ferramenta muito útil para estudos de produtos de qualidade das plantas, por manter um clima mais propício ao desenvolvimento da cultura

ao longo do ano (Segovia et al., 1997). Outra vantagem do ambiente protegido é proporcionar maior precisão no controle da umidade do solo, uma vez eliminada a possibilidade de precipitações, considerando que a única fonte de água para a planta é a irrigação.

O manejo adequado da irrigação é importante não apenas por suprir as necessidades hídricas das plantas, mas também por minimizar problemas com doenças e lixiviação de nutrientes, bem como gastos desnecessários com água e energia. O manejo otimizado da irrigação requer uma estimativa sistemática do estado energético de água no solo para determinar as quantidades apropriadas e o tempo de irrigação. O conteúdo de água do solo deve ser mantido entre certos limites específicos onde a água disponível para a planta não seja limitada (Morgan et al., 2001). O ideal é que o manejo da irrigação seja feito levando-se em consideração fatores do solo, do clima e da planta. Mesmo assim, o emprego somente de sensores de solo, para indicar o momento de aplicar água, mostra-se como uma alternativa viável, sendo de baixo custo e de relativa praticidade (Figuerêdo, 1998).

Alguns autores de trabalhos científicos do gênero, como Andrade Júnior (1994), obtiveram resultados satisfatórios, monitorando o potencial de água no solo de forma indireta, por meio da umidade gravimétrica e da curva característica da água no solo, com uma cultivar de alface do tipo Americana sob cultivo protegido, na região de Botucatu – SP. Obteve máxima produção de matéria verde por planta, com a aplicação de uma lâmina de água total de 142,3 mm e potencial de água no solo variando de -20,5 kPa a -38,2 kPa ao longo do ciclo da cultura. Silva & Marouelli (1998) afirmam que as hortaliças cultivadas em solo, num ambiente protegido e manejadas por gotejamento, de modo geral, apresentam melhor desempenho quando submetidas a potenciais de água no solo mais próximas à capacidade de campo, isto é, entre -10,0 kPa e -30,0 kPa, com o sensor instalado a 0,15 m de profundidade.

Seguindo esta linha de raciocínio, de manejar a irrigação por meio de parâmetros de potenciais de água no solo, este trabalho apresenta os valores de massa fresca encontrados num experimento que objetivou controlar de forma indireta o potencial de água no solo, determinando os teores de umidade do solo por meio de pesagens dos vasos, uma vez conhecido inicialmente a umidade deste solo quando colocado no vaso, bem como a curva de retenção de água do solo em questão.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido em uma das casas de vegetação situada na área experimental do Departamento de Engenharia Rural da Universidade Estadual Paulista (Unesp), Campus Botucatu - SP, no período compreendido entre 01 de agosto a 09 de setembro de 2008. A altitude média é 786 m, a latitude é 22°51'03" Sul e a longitude 48°25'37" Oeste. De acordo com a classificação de Köppen, a região apresenta clima Cfa, ou seja, clima temperado chuvoso, caracterizado pela existência de quatro ou seis meses consecutivos com temperatura média do ar superior a 10 °C. A temperatura média do ar no mês mais quente é de 22,8 °C e do mês mais frio de 16,7 °C. A média da temperatura do ar anual é de 20,6 °C e as médias das temperaturas do ar máxima e mínima são de 23,5 e 17, 4 °C respectivamente. O total de precipitação pluvial média é de 1518,8 mm, apresentando um total médio para o mês mais chuvoso de 229,5 mm e 37,5 para o mês menos chuvoso. A evapotranspiração média anual é de 692 mm.

O experimento foi conduzido em uma estufa tipo túnel alto, com dimensões de 15 m de comprimento, 7,5 m de largura e altura das laterais de 1,7 m. A estrutura tem a forma de arcos de tubos galvanizados. A cobertura é feita com filme de polietileno aditivado

transparente, com 150 μ m de espessura. As laterais são de tela “sombrite” com 30% de sombreamento, objetivando a interceptação de insetos e animais. A estufa é posicionada no sentido Norte/Sul, ficando perpendicular à trajetória do sol. No interior da estufa, foi construído tabuleiro de madeira, com altura de 1 metro em relação ao solo e largura de 70 cm, que tem a utilidade de acomodar os vasos sobre eles, evitando o contato dos mesmos com o solo. A massa do solo colocada nos vasos, bem como das alfaces no momento da colheita, foram medidas por uma balança digital de menor divisão igual a 5 g. Utilizaram-se vasos plásticos pretos para o plantio da alface, de volume igual a 10000 ml, os quais foram cheios com 8000 g de solo seco em estufa.

O solo usado foi retirado da terra a cerca de 40 dias antes do início do experimento. Ele passou por uma peneira de malha igual a 4 mm, foi espalhado sobre uma lona no interior de uma estufa para secagem, chegando à umidade de 4,23 % no momento em que foi colocado no vaso.

Os valores dos teores de água no solo, características físicas e químicas, foram feitos por amostras deformadas, determinadas segundo metodologia de Leite Júnior (2000) e Antunes (2001) no Laboratório de Solos do Departamento de Solos, da FCA/UNESP e encontram-se dispostos na Tabela 1, 2 e 3.

Tabela 1. Resultado da análise química do solo:

pH	M. O.	P resina	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%
CaCl ₂	g/dm ³	mg/ dm ³	-----mmol _c /dm ³ -----						
4,0	14	7	73	0,4	5	2	7	80	9
BORO		COBRE	FERRO	MANGANÊS		ZINCO			
-----mg/ dm ³ -----									
0,12		1,1	27	0,7		0,6			

Tabela 2. Resultado da análise granulométrica do solo:

AREIA/T	ARGILA	SILTE
g/ Kg		
620	318	62

Tabela 3. Valores dos teores de água no solo (g.g⁻¹) e potencial matricial (MPa)

Ψ (-MPa)	a (g g ⁻¹)
Saturado	0,5000
0,003	0,3000
0,006	0,2400
0,01	0,1600
0,03	0,1400
0,1	0,1200
0,5	0,1100
1,5	0,1000

O solo foi preparado inicialmente com a calagem e, posteriormente, no momento da colocação no vaso, adubado conforme recomendações do boletim 100 do IAC (Raij et al., 1997), para a cultura da alface, com as seguintes quantidades de nutrientes por vaso: 0,3 g de uréia; 1 g de KCl e 8,75 g de P.

Uma vez conhecida a massa de solo colocada nos vasos, bem como a porcentagem de água deste solo, 4,23 %, e com base na curva de retenção de água no solo, foi possível estimar as umidades deste solo quando irrigadas com diferentes lâminas. Desta forma, partindo todos os tratamentos com a massa total igual a 10100 g, estabeleceram-se valores mínimos de massa para cada tratamento aos quais os vasos deveriam atingir para serem novamente irrigados. Assim, para cada um dos quatro tratamentos de potencial, foi estabelecida a massa mínima de 8690 g para o tratamento -0,022 MPa, 8860 g para -0,013 MPa, 9040 g para -0,005 MPa, e 10100 g para 0,001 MPa. As respectivas porcentagens de água no solo para os tratamentos são de, 13,20; 14,40; 18,00 e 31,71 %, de acordo com a curva de retenção de água deste solo.

A irrigação se deu manualmente, por meio de um regador acoplado a uma mangueira flexível. Todos os vasos eram pesados diariamente e, quando atingiam a massa estabelecida, eram irrigados até que suas massas atingissem novamente o valor de 10100 g, e em seguida eram redirecionados para o local de onde foram retirados.

No interior da estufa, foi instalado um Tanque Classe A para monitorar a evaporação local. As medições foram registradas diariamente, sempre às 9 horas. A temperatura interna foi registrada por um termômetro de máxima e mínima, e a umidade relativa do ar por um termohigrômetro com bulbo seco e úmido, instalados a 1 metro do solo.

Na Figura 1, pode-se observar a evaporação diária do Tanque Classe A. Um aumento considerável da evaporação é observado a partir da data 18/08/08.

Na Figura 2, tem-se as médias da umidade relativa avaliada por termômetros de bulbo seco e úmido.

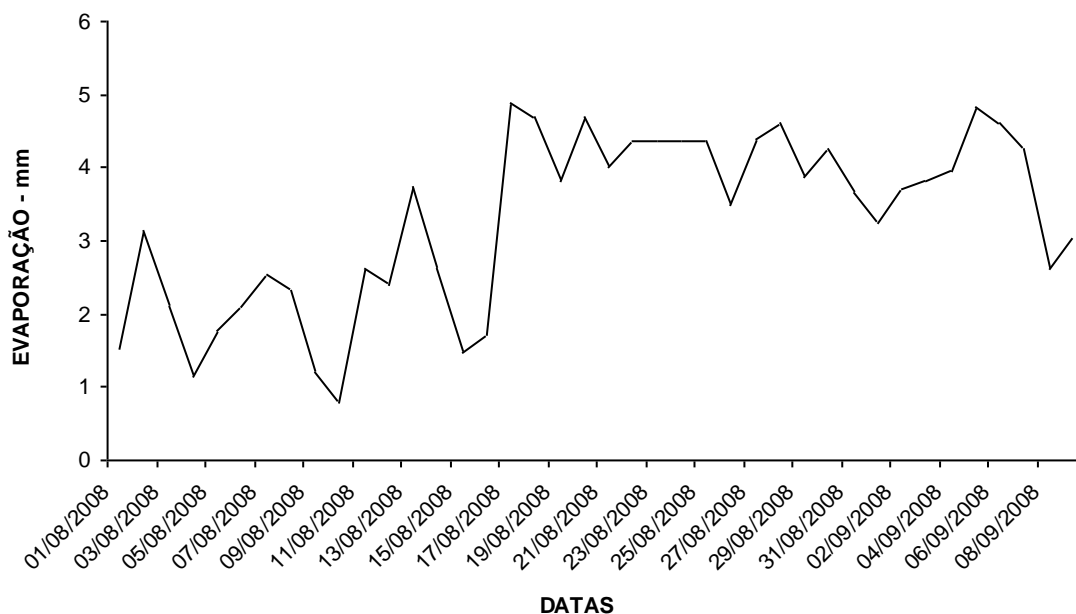


Figura 1. Evaporação registrado pelo Tanque Classe A no período de 01/08 a 09/09/2008.

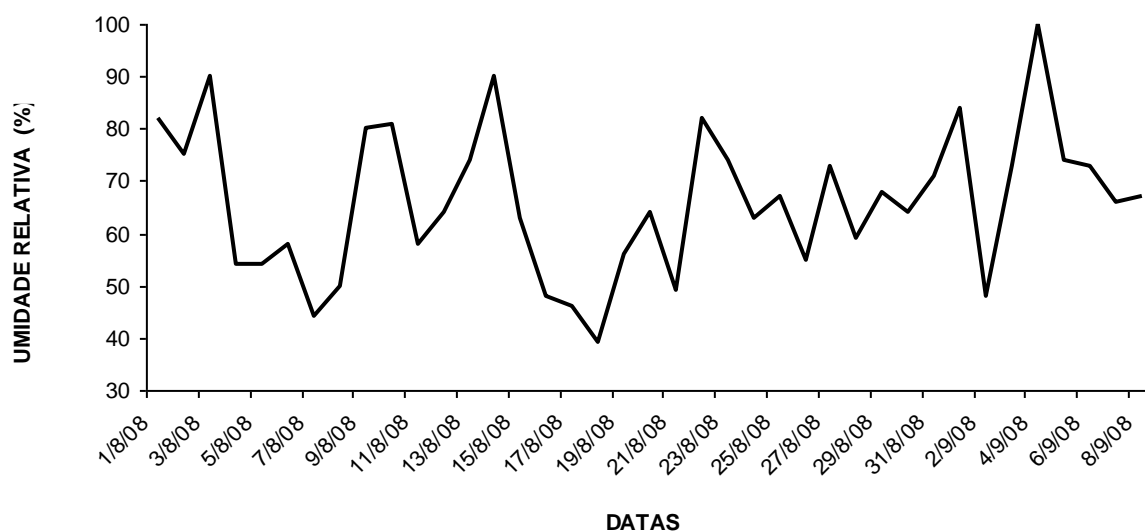


Figura 2. Umidade relativa média no período de 01/08 a 09/09/2008.

Foi determinada a evapotranspiração da alface através dos vasos do tratamento $-0,005$ MPa. Entendeu-se que, por ele ser um tratamento que era pesado antes da irrigação e por receber lâminas com maiores frequências, permanecendo praticamente nas condições potenciais, a determinação traria uma boa aproximação das condições ótimas. A diferença de massa entre 10100 g, que é a massa do solo com água após a irrigação, com a registrada antes da irrigação, determinou-se a evapotranspiração.

Após completar 39 dias do transplântio, todos os vasos foram pesados e irrigados para que no dia posterior fossem colhidos. Feito isso, colheu-se a parte aérea, seccionando com um estilete a parte aérea do talo. A alface de cada vaso foi colocada sobre a balança e pesada. O valor obtido correspondeu à massa fresca, o qual foi correlacionado com a lâmina aplicada e tratamentos de potenciais. O turno de rega foi calculado considerando 40 dias de experimento e o número de irrigações ao longo dele.

O experimento foi conduzido segundo delineamento em blocos casualizados, contando com as quatro cultivares de alface, quatro potenciais de água no solo e três repetições. Para as análise estatística de variância, utilizou-se o teste F e o teste de Tukey, a 5% de probabilidade, para a comparação das médias.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 4, observa-se a massa final dos vasos antes das irrigações, os potenciais de água no solo, os respectivos teores de umidade em cada tratamento, os valores das lâminas totais aplicadas para cada tratamento ao longo do experimento, o número de irrigações totais e o turno de rega médio. Para a lâmina aplicada, foi considerada a média geral, não diferenciando os tratamentos de cultivares. Os potenciais de água no solo foram estabelecidos segundo a curva de retenção de água no solo.

Tabela 4. Massa mínima dos vasos antes da irrigação; potenciais de água mínimas; teores de água mínimas; lâminas totais de água durante o experimento; número de irrigações e turno de rega média.

Tratamento	Massa final dos vasos (g)	Potenciais (-MPa)	Teores de Umidade (%)	Lâmina Aplicada (mm)	Nº de irrigações	TR Dias
T1	10100	0,001	31,71	----	----	----
T2	9040	0,005	18,00	182,49	8	5
T3	8860	0,013	14,40	136,99	5	8
T4	8690	0,022	13,20	121,48	4	10

A Figura 3 mostra a evapotranspiração das cultivares ao longo do experimento para o tratamento T2. Os tratamentos foram diferenciados no dia 01/08/2008, data esta em que os vasos foram irrigados até a massa total de 10100g. Observa-se que as cultivares tiveram um comportamento uniforme entre si quanto à evapotranspiração. A cultivar Mimosa teve maiores perdas de água que as demais. Esta tem a característica de possuir folhas rugosas e finas e maior superfície de contato com a atmosfera, e, conseqüentemente, maior perda de água. Ao contrário da Mimosa, a alface Roxa teve a menor evapotranspiração na maior parte do tempo experimental, devendo-se a sua adaptação à resistência de perdas de água. Como suas folhas são de coloração escura, que por natureza recebem mais energia calórica, as células provavelmente se defendem através de mecanismos mais adaptados para a resistência à perda de água. As duas outras se apresentaram de forma intermediária.

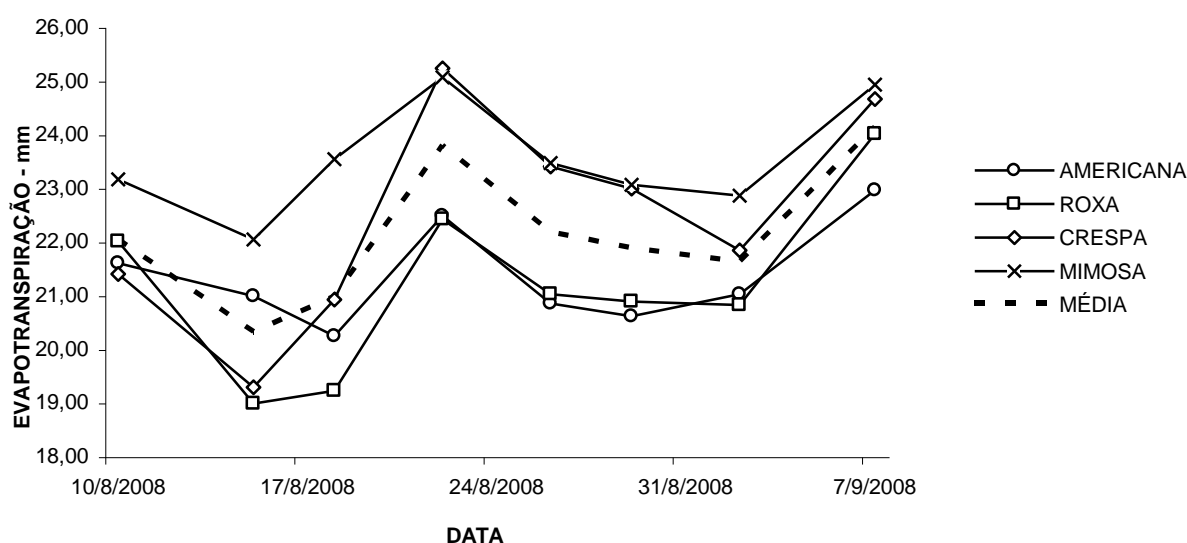


Figura 3. Evapotranspiração das quatro cultivares em função do tempo experimental no tratamento T2.

A Figura 4 ilustra a evapotranspiração total registrada no experimento em função dos tratamentos de potenciais. As alfaces do tratamento -0,005 MPa foram as que mais evapotranspiraram e também foi o tratamento mais produtivo (Figura 6). Na mesma seqüência de produção, em função dos tratamentos, estão as seqüências de evapotranspiração, sendo os de -0,013 e -0,022 MPa os segundos e terceiros mais produtivos. A alface Mimosa

foi a que registrou maior evapotranspiração, em todos os potenciais observados, seguido da Crespa, Americana e Roxa.

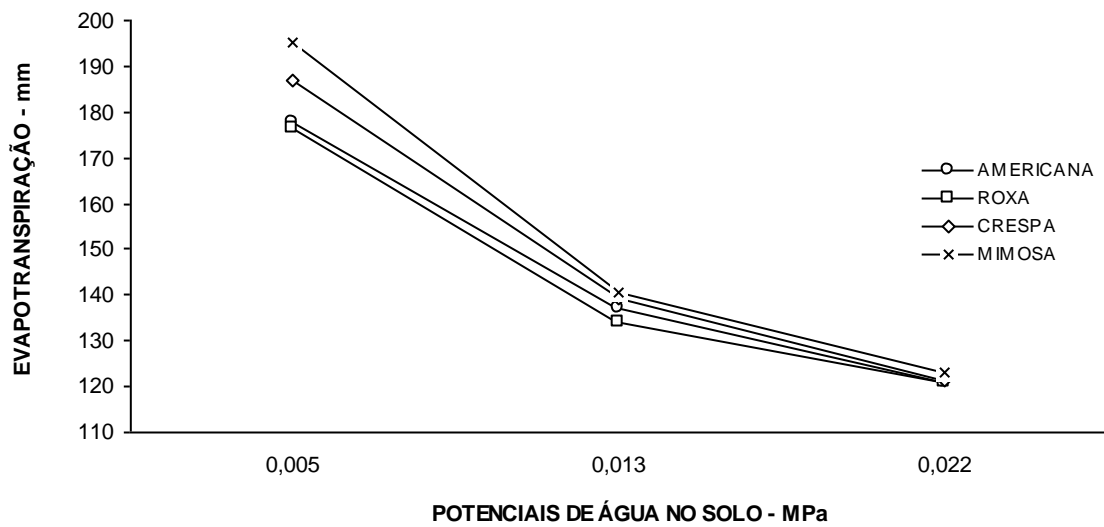


Figura 4. Evapotranspiração total das alfaces em função dos potenciais de água no solo.

A Figura 5 mostra as curvas de produção de massa fresca das quatro alfaces experimentadas em função das diferentes lâminas aplicadas ao longo do experimento, bem como as equações de ajuste. A alface Americana apresentou maior produção em todas as lâminas aplicadas. Em todos os tratamentos, a alface Mimosa foi a que consumiu maior quantidade de água, seguida da crespa. A Roxa consumiu menos água que as demais em todos os tratamentos observados. Cada cultivar apresenta uma lâmina ótima para seu cultivo, diferente das demais, como se observa na Americana, que está em torno de 160 mm. A Roxa, Crespa e Mimosa, com os respectivos valores de 155, 165 e 170 mm. Andrade Júnior (1994) encontrou valor de lâmina ótima, para a alface Americana, no valor de 142,3 mm, 12, 44 % menor que o verificado neste experimento.

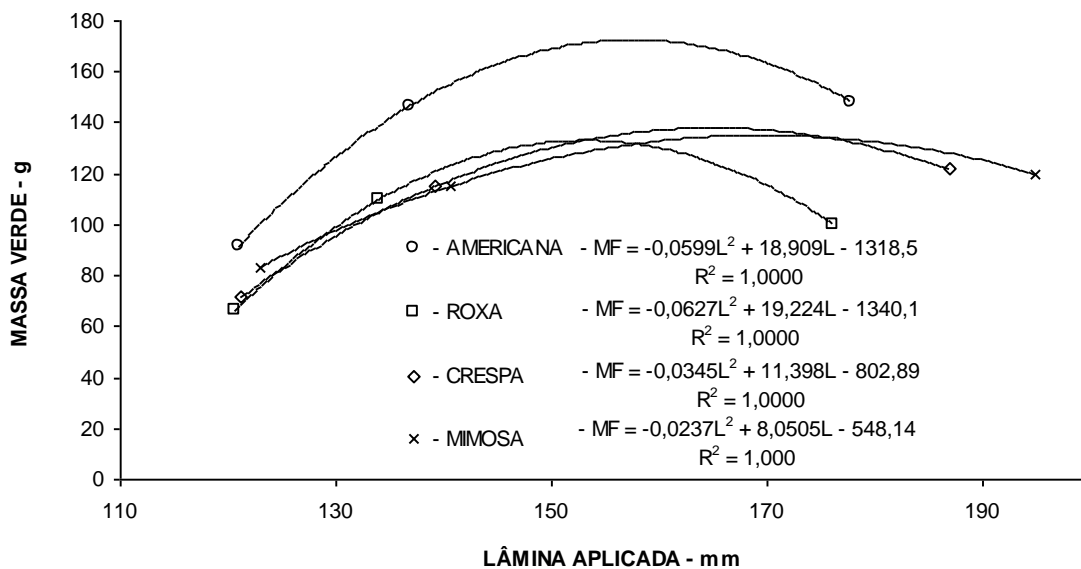


Figura 5. Massa fresca das quatro cultivares em função das diferentes lâminas aplicadas ao longo do experimento.

A Figura 6 mostra a curva da produção de massa fresca em função dos tratamentos de potenciais de água no solo, bem como as equações de ajuste. A alface Americana foi a que teve a maior produção em todos os tratamentos. A Roxa teve a menor produção em todos os tratamentos observados. Os valores de potenciais ótimos na produção das alfaces coincidiram em aproximadamente -0,012 MPa, valor este já observado por Silva & Marouelli (1998) como sendo ótimos na produção de hortaliças. Quanto à sequência dos tratamentos mais produtivos, pode-se observar que para a maioria das variedades foram o de -0,005 MPa, seguido dos -0,013, -0,001 e -0,022 MPa.

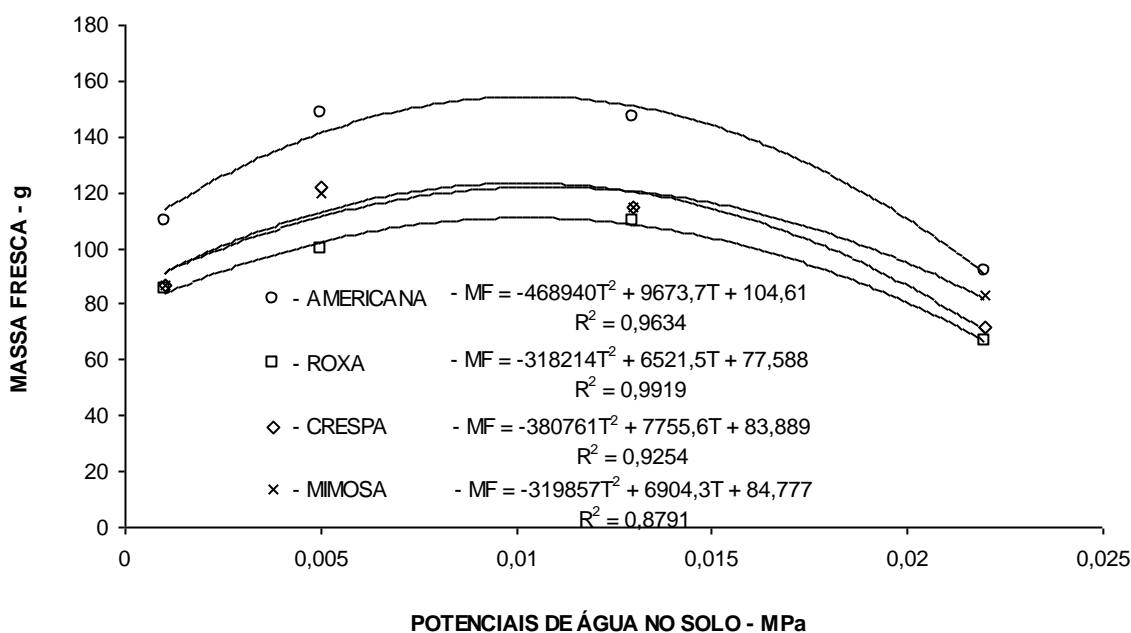


Figura 6. Produção de massa fresca em função dos potenciais de água no solo.

Tabela 5. Análise da produção média (g) considerando as cultivares e os potenciais de água no solo.

Potenciais -MPa	Variedades				Média dos Potenciais
	Americana	Roxa	Crespa	Mimosa	
0,001	110.0000	85.0000	86.6667	86.6667	92.08334 b
0,005	148.3333	100.0000	121.6667	120.0000	122.50000 a
0,013	146.6667	110.0000	115.0000	115.0000	121.66670 a
0,022	91.6667	66.6667	71.6667	83.3333	78.33334 b
Média das variedades	124.16670 a	90.41666 b	98.75000 b	101.25000 b	DMS = 16.74

Médias seguidas por letras distintas na mesma coluna, diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

A Tabela 5 mostra a média das produções de matérias fresca. Foram observadas diferenças significativas quanto às variedades de alface e tensões de água no solo. A alface Americana foi a que teve em média a maior produção, seguida das alfaces Mimosa, Crespa e Roxa, respectivamente. O potencial correspondente à -0,005 MPa foi o que proporcionou melhor condição de umidade no solo para a produção de massa fresca, seguida dos potenciais -0,013, -0,001 e -0,022 MPa. A alface Americana, no potencial de -0,005 MPa, é a

combinação mais produtiva do experimento, e a alface Roxa, no potencial de -0,022 MPa, a combinação menos produtiva. A média geral da produção e o coeficiente de variação da produção tiveram valores de 103.64g e 14.62%. A diferença mínima significativa entre as variedades e os potenciais ficou em 16.74g.

6 CONCLUSÃO

As alfices do tratamento -0,005 MPa foram as que mais evapotranspiraram, bem como foi o tratamento mais produtivo;

A alface Americana foi a que teve em média a maior produção, seguida das cultivares Mimosa, Crespa e Roxa;

A alface Americana, no potencial de -0,005 MPa, é a combinação mais produtiva do experimento e a alface Roxa, no potencial de -0,022 MPa, a combinação menos produtiva.

7 REFERÊNCIAS

ANDRADE JÚNIOR, A. S. **Manejo da irrigação na cultura da alface (*Lactuca sativa L.*) através do tanque classe A.** 1994. 104 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Irrigação e Drenagem)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1994.

ANTUNES, C. L. **Fertirrigação nitrogenada por gotejamento e época de aplicação foliar de ácido giberélico (GA3) em alface americana (*Lactuca sativa L.*).** 2001. 120 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Irrigação e Drenagem)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.

FIGUERÊDO, S. F. **Estabelecimento do momento de irrigação com base na tensão de água no solo para a cultura do feijoeiro.** 1998. 94 f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1998.

LEITE JÚNIOR, J. B. **Dessalinização do solo provocada pelo excesso do íon potássio em latossolo vermelho amarelo cultivado com alface americana (*Lactuca sativa L.*) irrigada sob ambiente protegido.** 2000. 80 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Irrigação e Drenagem)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2000.

MORGAN, K. T.; PARSONS, L. R.; WHEATON, T. A. Comparison of laboratory - and field - derived soil water retention curves for a fine sand soil using tensiometric resistance and capacitance methods. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 234, n. 2, p. 153-157, 2001.

RAIJ, B. Van, et al (Eds.) **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. Boletim Técnico Instituto Agrônomo de Campinas**, Campinas n. 100, 1997. 285 p. 2. ed.

SEGOVIA, J. F. O. et al. Comparação do crescimento e desenvolvimento da alface (*Lactuca sativa L.*) no interior e exterior de uma estufa de polietileno em Santa Maria - RS. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 27, n. 1, p. 37-41, 1997.

SILVA, W. L. C.; MAROUELLI, W. A. Manejo da irrigação em hortaliças no campo e em ambientes protegidos. In: FARIA, M. A. et al (Eds.). **Manejo de irrigação**. Poços de Caldas: UFLA; SBEA, 1998. p. 311-348.