

**PRODUÇÃO DE ALFACE AMERICANA
UTILIZANDO *MULCHING* DUPLA FACE,
SOB DIFERENTES TENSÕES DE ÁGUA NO
SOLO**

LUCIANO OLIVEIRA GEISENHOF

2008

LUCIANO OLIVEIRA GEISENHOF

**PRODUÇÃO DE ALFACE AMERICANA UTILIZANDO *MULCHING*
DUPLA FACE, SOB DIFERENTES TENSÕES DE ÁGUA NO SOLO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, área de concentração em Engenharia de Água e Solo, para obtenção do título de “Mestre”.

Orientador

Prof. Dr. Geraldo Magela Pereira

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL
2008

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Geisenhoff, Luciano Oliveira.

Produção de alface americana utilizando mulching dupla face, sob diferentes tensões de água no solo / Luciano Oliveira Geisenhoff. – Lavras : UFLA, 2008.

77 p. : il.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2008.

Orientador: Geraldo Magela Pereira.

Bibliografia.

1. Manejo da irrigação. 2. Ambiente protegido. 3. Cobertura de solo. 4. Tensão de água no solo. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 635.5287

LUCIANO OLIVEIRA GEISENHOFF

**PRODUÇÃO DE ALFACE AMERICANA UTILIZANDO *MULCHING*
DUPLA FACE, SOB DIFERENTES TENSÕES DE ÁGUA NO SOLO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, área de concentração em Engenharia de Água e Solo, para obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 07 de março de 2008

Prof. Dr. Jony Eishi Yuri

UNINCOR

Prof.^a Dr.^a Fátima Conceição Rezende

UFLA

Prof. Dr. Geraldo Magela Pereira
UFLA
(Orientador)

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL

Se planejarmos para um ano devemos plantar cereais;
Se planejarmos para uma década devemos plantar árvores;
Se planejarmos para toda a vida devemos treinar e capacitar homens.

Kwan-tzu.

Aos meus avós Manoel e Odete saudade e obrigado por tudo.

A minha querida mãe Roseli e seu esposo Wellington “Tom”, pelo amor, carinho, incentivo, força nos momentos difíceis e presença marcante em todos os momentos de minha vida.

A minha amada esposa Lilian e ao nosso filho Guilherme, pelo amor carinho, dedicação, incentivo, força nos momentos difíceis, presença marcante nos grandes momentos de minha vida e especialmente por saber que tudo isto será de grande valor.

Ao sorriso gratuito de uma criança, em especial de meu filho Guilherme, que é sem dúvida revigorante para um pai.

Ao meu sogro Jair e minha sogra Lili, pessoas admiráveis e um exemplo a ser seguido.

A minha cunhada Liliane, que mesmo estando distante se faz sempre presente.

A todos os meus familiares pelo apoio.

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida.

Aos meus pais, pelo incentivo, criação e companheirismo.

À Universidade Federal de Lavras, pela oportunidade de realizar o curso e desenvolver esse trabalho.

Aos professores das disciplinas cursadas, pelos ensinamentos e amizade.

Ao professor Geraldo Magela Pereira (orientador), pelo apoio, amizade e pelos ensinamentos no decorrer desse curso.

Aos professores co-orientadores Rovilson José de Souza e Luís Antônio Lima, pelo auxílio na condução do experimento e observações que propiciaram a melhoria deste trabalho.

A todo o corpo docente do curso de pós-graduação em Engenharia de Água e Solo do Departamento de Engenharia da UFLA.

Aos funcionários do Setor de Engenharia de Água e Solo (Departamento de Engenharia), José Luiz, Oswaldo “Neném” e Gilson, por estarem sempre dispostos a ajudar na condução dos trabalhos.

Aos funcionários do Departamento de Engenharia, Daniela, Dayane, Juliana e Sandra e do Setor de Olericultura, Sr. Pedro, Sr. Milton, Leandro e Josemar, pela grande ajuda e serviços prestados no decorrer do curso e do experimento.

Aos colegas de curso Bruno “Ursão”, Henrique, Lessandro “Gaucho”, Marcelo “Viola”, Joaquim, Leandro e demais colegas, por terem contribuído para a minha formação profissional.

Ao funcionário da Chácara São Manoel, Hamilton, pela dedicação, responsabilidade na execução de suas tarefas durante minha ausência e estar sempre pronto a nos ajudar.

Aos amigos Joaquim e Edilson pelo auxílio na condução do experimento.

Ao bolsista de iniciação científica Gustavo, pelo auxílio na condução do experimento e na elaboração de gráficos e tabelas.

Ao amigo Cleber, pela dedicação e empenho na aquisição e transporte das mudas.

Ao amigo Jony Yuri, pela doação das mudas de alface americana, adubos, *mulching* e esclarecimentos às dúvidas relacionadas à condução da cultura.

A CAPES, pela concessão da bolsa de estudos e ao CNPq, pelas concessões de bolsas de produtividade e iniciação científica.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS.....	i
LISTA DE TABELAS.....	iv
RESUMO.....	vi
ABSTRACT	vii
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	4
2.1 A cultura da alface.....	4
2.2 Cultivo em ambiente protegido.....	7
2.3 Cobertura do solo (mulching).....	10
2.4 Manejo da irrigação.....	13
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	17
3.1 Caracterização da área experimental.....	17
3.1.1 Clima.....	17
3.1.2 Solo.....	18
3.2 Delineamento experimental.....	22
3.3 Sistema e manejo da irrigação.....	25
3.4 Condução do experimento.....	29
3.5 Variáveis analisadas.....	31
3.5.1 Altura de plantas.....	31
3.5.2 Massa fresca total.....	31
3.5.3 Número de folhas externas.....	31
3.5.4 Massa fresca da cabeça comercial.....	32
3.5.5 Circunferência da cabeça comercial.....	32
3.5.6 Número de folhas internas.....	32
3.5.7 Massa fresca dos talos.....	32

3.5.8 Produtividade total e comercial	33
3.5.9 Eficiência no uso da água (EUA).....	33
3.6 Análise estatística	33
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
4.1 Resultados gerais do experimento	34
4.1.1 Parâmetros climáticos na casa de vegetação.....	34
4.1.3 Tensões e lâminas aplicadas	37
4.2 Avaliação da altura de plantas	41
4.3 Massa fresca total e comercial	43
4.4 Número de folhas externas e internas	48
4.5 Massa fresca do talo e circunferência da cabeça comercial.....	52
4.6 Produtividade total e comercial	55
4.7 Eficiência no uso da água (EUA).....	59
5 CONCLUSÕES	62
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63
ANEXOS	70

LISTA DE FIGURAS

		Página
FIGURA 1	Vista geral do experimento no interior da casa de vegetação. UFLA, Lavras, MG, 2007.....	18
FIGURA 2	Curva característica de água no solo gerada utilizando o modelo descrito por Genuchten (1980). UFLA, Lavras, MG, 2007.....	20
FIGURA 3	Tensímetro digital de punção inserido em um tensiômetro. UFLA, Lavras, MG, 2007.....	23
FIGURA 4	Esquema de uma parcela experimental com o sistema de irrigação implantado e os sensores de umidade. UFLA, Lavras, MG, 2007.....	24
FIGURA 5	Temperatura ($^{\circ}$ C) mínima, média e máxima do ar ocorrida no interior da casa de vegetação. UFLA, Lavras, MG, 2007.....	35
FIGURA 6	Umidade relativa (%) mínima, média e máxima ocorrida no interior da casa de vegetação. UFLA, Lavras, MG, 2007.....	36
FIGURA 7	Variação das tensões da água no solo no tratamento de 12 kPa, em dois horários de leituras, para duas profundidades ao longo do ciclo da alface americana. UFLA, Lavras, MG, 2007.....	39
FIGURA 8	Variação das tensões da água no solo no tratamento de 25 kPa, em dois horários de leituras, para duas profundidades ao longo do ciclo da alface americana. UFLA, Lavras, MG, 2007.....	39

FIGURA 9	Varição das tensões da água no solo no tratamento de 35 kPa, em dois horários de leituras, para duas profundidades ao longo do ciclo da alface americana. UFLA, Lavras, MG, 2007.....	40
FIGURA 10	Varição das tensões da água no solo no tratamento de 45 kPa, em dois horários de leituras, para duas profundidades ao longo do ciclo da alface americana. UFLA, Lavras, MG, 2007.....	40
FIGURA 11	Varição das tensões da água no solo no tratamento de 70 kPa, em dois horários de leituras, para duas profundidades ao longo do ciclo da alface americana. UFLA, Lavras, MG, 2007.....	41
FIGURA 12	Valores médios, observados e estimados, da altura das plantas, em função das tensões de água no solo. UFLA, Lavras, MG, 2007.....	43
FIGURA 13	Valores médios, observados e estimados, de massa fresca da cabeça comercial de alface americana, em função das tensões de água no solo. UFLA, Lavras, MG, 2007.....	44
FIGURA 14	Valores médios, observados e estimados, de massa fresca total de alface americana, em função das tensões de água no solo. UFLA, Lavras, MG, 2007.....	45
FIGURA 15	Lesões provocadas pela presença de fungos e bactérias fitopatogênicas em plantas de alface americana, conduzidas sob tensão de 12 kPa com uso de <i>mulching</i> . UFLA, Lavras, MG, 2007.....	46

FIGURA 16	Canteiros com uso de mulching, cultivados com alface americana, sob tensões de água no solo de 12 (a) e 25 (b) kPa, nota-se a presença (a) e a ausência (b) de lesões causadas por fungos e bactérias nas plantas, nas respectivas imagens. UFLA, Lavras, MG, 2007.....	47
FIGURA 17	Valores médios, observados e estimados, da circunferência da cabeça comercial, em centímetros, em função das tensões de água no solo. UFLA, Lavras, MG, 2007.....	55
FIGURA 18	Valores médios, observados e estimados, da produtividade total, em toneladas por hectare, em função das tensões de água no solo. UFLA, Lavras, MG, 2007.....	58
FIGURA 19	Valores médios, observados e estimados, da produtividade da cabeça comercial, em toneladas por hectare, em função das tensões de água no solo. UFLA, Lavras, MG, 2007.....	58
FIGURA 20	Valores médios, observados e estimados, da eficiência no uso da água, em quilogramas por hectare por milímetro, em função das tensões de água no solo. UFLA, Lavras, MG, 2007.....	61

LISTA DE TABELAS

		Página
TABELA 1	Análises química e física de amostras de solo coletadas na área experimental. UFLA, Lavras, MG, 2007.*.....	21
TABELA 2	Tensões de água no solo estabelecidas, lâminas de água aplicadas antes da diferenciação dos tratamentos (Inicial), lâminas aplicadas após diferenciação dos tratamentos (Irrigação), lâmina total aplicadas nos tratamentos (Total) e número de irrigações (NI).UFLA, Lavras, MG, 2007.....	37
TABELA 3	Resumo da análise de variância para a variável altura das plantas (AP), em função das tensões de água no solo. UFLA, Lavras, MG, 2007.....	42
TABELA 4	Análise de variância para as variáveis: massa fresca da cabeça comercial (MFCC) e massa fresca total (MFT), em gramas, em função das tensões de água no solo. UFLA, Lavras, MG, 2007.....	44
TABELA 5	Análise de variância para as variáveis: número de folhas externas (NFE) e internas (NFI), em função das tensões de água no solo. UFLA, Lavras, MG, 2007.....	50
TABELA 6	Valores médios de número de folhas externas (NFE) e internas (NFI), em função das tensões de água no solo. UFLA, Lavras, MG, 2007.....	50

TABELA 7	Análise de variância para as variáveis: massa fresca de talo (MFTa), em gramas, e circunferência da cabeça comercial (CCC), em centímetros, em função das tensões de água no solo. UFLA, Lavras, MG, 2007.....	53
TABELA 8	Valores médios de massa fresca de talos (MFTa), em gramas, em função das tensões de água no solo. UFLA, Lavras, MG, 2007.....	53
TABELA 9	Análise de variância para as variáveis: produtividade total (PT) e da cabeça comercial (PCC), em toneladas por hectare, em função das tensões de água no solo. UFLA, Lavras, MG, 2007.....	56
TABELA 10	Análise de variância para a variável eficiência no uso da água (EUA), em quilograma por hectare por milímetro, em função das tensões de água no solo. UFLA, Lavras, MG, 2007.....	60

RESUMO

GEISENHOFF, Luciano Oliveira. **Produção de alface americana utilizando *mulching* dupla face, sob diferentes tensões de água no solo** 2008. 77 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola/Engenharia de Água e Solo) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG¹.

A alface é a principal olerícola folhosa do Brasil, tanto em termos de produção quanto de consumo. Minas Gerais e São Paulo destacam-se como os principais estados produtores e consumidores. Incentivada principalmente pelas grandes redes de lanchonetes e por apresentar clima favorável ao cultivo durante o ano todo e estar localizada próximo a grandes centros consumidores, a região Sul de Minas Gerais vem destacando-se como uma das regiões mais propícias para a exploração da alface do grupo americana. É uma cultura muito exigente em água e nutrientes, sendo recomendado seu cultivo em ambiente protegido, com uso de *mulching* e irrigação localizada. 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. Visando definir critérios para o manejo da irrigação, este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar o efeito de diferentes tensões de água no solo sobre o comportamento produtivo da alface americana, cv. *Raider-Plus*, em ambiente protegido, com uso de *mulching* em Lavras - MG. O experimento foi instalado em casa de vegetação na Universidade Federal de Lavras, com delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos de cinco tensões de água no solo como indicativos do momento de irrigar. As tensões pré-estabelecidas foram 12, 25, 35, 45 e 70 kPa. Os resultados permitiram concluir que, para a obtenção de bons valores de massa fresca total e comercial 844 g.planta⁻¹ e 631 g.planta⁻¹, respectivamente, associada a uma boa qualidade do produto (baixa ocorrência de doenças), as irrigações devem ser realizadas quando as tensões de água no solo estiverem em torno de 25 kPa, medida a 12,5 cm de profundidade. A produtividade da cultura reduziu-se linearmente em função do aumento da tensão da água no solo no intervalo entre 12 e 70 kPa. O mesmo ocorreu com a altura de plantas, massa fresca da cabeça comercial e total e circunferência da cabeça comercial. A máxima eficiência no uso da água (473,44 kg.ha⁻¹.mm⁻¹) foi obtida com a tensão de 50,3 kPa.

¹Comitê-orientador: Geraldo Magela Pereira – UFLA (Orientador), Rovilson José de Souza – UFLA e Luiz Antônio Lima – UFLA.

ABSTRACT

GEISENHOFF, Luciano Oliveira. **Crisphead lettuce production using double face mulching, under different soil water tensions** 2008. 77p. Dissertation (Master in Agricultural Engineering/Water Engineering and soil) - Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras, Minas Gerais, Brazil.¹

Lettuce is the main horticultural plant in Brazil, both in terms of production and consumption. Minas Gerais and São Paulo are the major producing and consuming states. Stimulated mainly by fast food chain restaurants, and by presenting all-year-round favorable climatic cultivation conditions as well as by being located near big consuming centers, Minas Gerais's southern region has become one of the most outstanding sites for crisphead lettuce exploration. Being a water-nutrient demanding culture, it's recommended that its cultivation be done in greenhouse environment along with mulching and located irrigation. The irrigation's appropriate management is not only important for supplying the plant's hydraulic needs but also for minimizing problems with diseases, nutrient lixiviation and unnecessary water and energy expenditures. With the aim of defining criteria concerning the irrigation management, this work has been developed in order to evaluate different soil water tensions on the productive behavior of the crisphead, cv. *Raider-Plus*, in a greenhouse environment, by using mulching, in Lavras – MG. The experiment was carried out in a greenhouse at the Universidade Federal de Lavras (UFLA), according to a randomized block design with four replications. The treatments constituted of five soil water tensions that act as indicators of the exact irrigation moment. The tensions were pre-established at 12, 25, 35, 45, and 70 kPa. The results showed that, in order to obtain desirable values of total and commercial fresh mass, 844 g.plant⁻¹ and 631 g.plant⁻¹, respectively, as well as a good product quality (low disease incidence), the irrigation must be done when the soil water tensions are around 25 kPa, measured at a depth of 12,5 cm. The culture's productivity decreased linearly as a function of soil water tension increase at a 12 to 70 kPa interval. The same linear decrease happened to plant height as well as to commercial and total head fresh mass, and to the commercial head circumference. The maximum efficiency in the use of water (473,44 kg.ha⁻¹.mm⁻¹) was obtained at a tension of 50,3 kPa.

¹ Guidance Committee: Geraldo Magela Pereira - UFLA (Adviser), Rovilson Jose de Souza - UFLA and Luiz Antonio Lima - UFLA.

1 INTRODUÇÃO

No início da década de 1980, foi introduzido no Brasil um novo grupo de alface repolhuda crespa, conhecida como alface americana. A sua grande aceitação pelas redes de *fast food* foi principalmente pela capacidade de manter suas características físicas quando em contato com altas temperaturas, no interior dos sanduíches e também por conservar-se por um período de tempo maior após a colheita, isto é, apresentar maior capacidade de armazenamento (Yuri et al., 2002b).

Incentivadas principalmente pelas grandes redes de lanchonetes, algumas regiões têm recebido destaque na produção desta cultura. O Sul de Minas, por apresentar um clima favorável ao seu cultivo durante o ano todo (são recomendadas altitudes entre 800 e 1100 metros) e estar geograficamente localizado próximo a três grandes centros consumidores (Belo Horizonte, São Paulo e Rio de Janeiro), o que contribui para um escoamento da produção de forma rápida e eficiente, vem destacando-se como uma das regiões mais propícias para a exploração desta cultura. Nos municípios situados ao redor de Lavras - MG são produzidas e comercializadas, mensalmente, o equivalente a 1000 toneladas de alface americana, com mercado garantido pela empresa Refricon, intermediária da *McDonald's* (rede de *fast food*) (Yuri et al., 2002b).

O plantio da alface americana no período de inverno pode ser prejudicado pelas baixas temperaturas, podendo até inviabilizar temporariamente o cultivo. No período do verão a cultura pode ser prejudicada por chuvas intensas e altas temperaturas, aumentando o risco do ataque de pragas e doenças. Utilizando-se a técnica do cultivo em ambiente protegido, torna-se possível a exploração de alface americana em épocas pouco comuns de cultivo, proporcionando produções maiores e com maior precocidade,

conseqüentemente, resultando na obtenção de bons preços devido à melhor qualidade do produto e conseqüente diminuição da sazonalidade.

Em geral, as hortaliças têm seu desenvolvimento intensamente influenciado pelas condições de umidade do solo. A deficiência de água é, normalmente, o fator mais limitante à obtenção de produtividades elevadas e produtos de boa qualidade, mas o excesso também pode ser prejudicial. A reposição de água ao solo por irrigação, na quantidade e no momento oportunos, é decisiva para o sucesso da horticultura (Marouelli et al., 1996).

Segundo Sousa et al.(2000), embora a irrigação por gotejamento tenha sido desenvolvida para funcionar com alta frequência de aplicação de água e nível de umidade do bulbo úmido estável, próximo do limite superior de água disponível, pesquisas são necessárias para se determinar frequências de irrigação capazes de maximizar a produtividade e a eficiência de uso de água para situações distintas.

Dentre as dificuldades que os produtores irrigantes da região de Lavras - MG têm encontrado, destacam-se a falta de informações específicas sobre o momento adequado de iniciar a irrigação e quanto de água aplicar na cultura da alface americana. Assim sendo, na maioria das vezes, a irrigação está sendo feita baseada somente na ação prática do irrigante, podendo resultar num aumento dos custos de produção, queda na produtividade, maior incidência de doenças e uso inadequado dos recursos hídricos. Existem equipamentos que auxiliam na informação correta do momento de reiniciar a irrigação como, por exemplo, o tensiômetro, de custo relativamente baixo e de fácil operação; o sensor de umidade de solo *watermark*, de custo mais elevado; e também o irrigás, um sensor de umidade desenvolvido pela Embrapa (CNPQ), Brasília-DF, de fácil operação e baixo custo.

Dentro desse contexto, percebe-se a necessidade de realizar estudos regionais, que visem o uso correto de técnicas de manejo da irrigação que

avaliem o momento oportuno e a lâmina de irrigação de uma determinada cultura. Assim sendo, objetivou-se neste trabalho avaliar o efeito de diferentes tensões de água no solo, sobre o comportamento produtivo da alface americana cv. *Raider-Plus*, cultivada em ambiente protegido e com uso de cobertura plástica de solo *mulching* dupla face, em Lavras-MG.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A cultura da alface

A alface (*Lactuca sativa L.*) pertence à família Asteraceae, sendo uma planta herbácea. Suas folhas são lisas ou crespas com coloração variando do verde-amarelado até o verde-escuro e também roxo; seu caule é diminuto, não ramificado, ao qual se prendem as folhas (Filgueira, 2000).

Quando semeadas diretamente no campo apresentam raízes do tipo pivotante que podem atingir até 60 cm de profundidade, porém quando conduzidas em sistema de transplântio de mudas suas ramificações exploram efetivamente de 15 a 30 cm de solo, faixa considerada de grande importância quando se faz uso de técnicas de irrigação e fertirrigação (Yuri et al., 2002a).

A cultura da alface é utilizada na alimentação humana desde 500 anos a.C.; hortaliça originária do Leste do Mediterrâneo foi muito popular na Roma antiga e introduzida na Europa pelos romanos (Davis et al., 1997 citados por Silva, 2005). Difundiu-se rapidamente para a França, Inglaterra e, posteriormente, para toda a Europa, mostrando-se tratar-se de uma cultura muito popular e de uso extensivo. No continente americano foi trazida pelos colonizadores por volta do século XV e desde 1647 é cultivada no Brasil (Ryder & Whitaker, 1976 citados por Silva, 2005).

A alface é considerada a olerícola folhosa mais importante na alimentação do brasileiro, o que lhe assegura expressiva importância econômica, sendo que dentro do grupo das hortaliças folhosas ocupa o posto de líder nacional em comercialização e consumo. É consumida *in natura* e, nestas condições, apresenta a seguinte composição média por 100 gramas de matéria fresca: água – 94%; energia – 18 kcal; proteína – 1,3g; carboidratos totais – 3,5g; fibra – 0,7g; cálcio – 68mg; fósforo – 25mg; ferro – 1,4mg; potássio –

264mg; vitamina A – 1.900 UI; tiamina – 0,05mg; riboflavina – 0,08mg; niacina – 0,4mg; vitamina C – 18mg; portanto, é ótima fonte de vitaminas e sais minerais, destacando-se o seu alto teor em vitamina A. Indispensável na dieta alimentar por possuir baixo teor de calorias, sendo aconselhável nas dietas por ser de fácil digestão, é considerada calmante natural, além de possuir propriedades laxativas e depurativas (Shizuto, 1983 citado por Yuri, 2000; Katayama, 1993 e Sgarbieri, 1987).

Segundo Silva (2005), no ano de 2002 foram produzidas no mundo 17,28 milhões de toneladas de alface, em uma área de 791.144 ha. Em 2007, o volume de alface comercializado no CEAGESP - SP foi de 28.389 toneladas, com média mensal de 2.366 toneladas (AGRIANUAL, 2008).

Segundo Maluf (2001), a alface é classificada em cinco grupos distintos, de acordo com o aspecto das folhas e o fato de as mesmas reunirem-se ou não para a formação de uma cabeça repolhuda, conforme a seguir:

Tipo romana: apresentam folhas alongadas, duras, com nervuras claras e protuberantes, não formando cabeças imbricadas, mas fofas. Têm pouca aceitação pelos consumidores brasileiros. Ex.: Romana Branca de Paris, Romana Balão e Gallega de Inverno;

Alface de Folhas Lisas: as folhas são lisas, mais ou menos delicadas, não formando uma cabeça repolhuda, mas uma roseta de folhas. Ex.: Babá de Verão, Monalisa AG-819, Regina 71, Regina 2000 e Lidia;

Alface de Folhas Crespas: as folhas são crespas, soltas, consistentes, não formando uma cabeça repolhuda, mas uma roseta de folhas. Ex: *Grand Rapids*, *Slow Bolting*, Verônica, Vera, Vanessa, Brisa e Marisa AG-216 e Mariane;

Repolhuda Lisa ou Repolhuda Manteiga: apresentam cabeças com folhas tenras, lisas, de cor verde clara e com aspecto oleoso. Ex.: *White Boston*, Brasil 48, Brasil 303, Carolina AG-576, Elisa, Aurélia, Floresta, Glória e Vivi;

Repolhuda Crespa ou Alface Americana (*Crisphead lettuce*): apresentam cabeças com folhas crespas, folhas com nervuras salientes e imbricadas, semelhantes ao repolho. Ex.: *Great Lakes*, Mesa 659, Salinas, Tainá, Iara, Madona AG-605, *Lucy Brown*, *Lorca*, *Legacy*, *Laurel*, *Raider* e *Raider-Plus*. Esta última cultivar foi selecionada pela Asgrow, atualmente Seminis, e apresenta um ciclo de 75 dias a partir da sementeira, sendo 48 a 58 dias a partir do transplântio. O tamanho da planta é de médio a grande, com massa média variando entre 700 a 1200 g. As folhas são duras e de coloração verde clara. Possuem cabeça de tamanho médio a grande, com ótima compacidade, peso e uma boa tolerância ao pendoamento precoce (Alvarenga, 1999; Yuri, 2000).

Dentre todos os tipos existentes, a alface americana vem adquirindo importância crescente no Brasil. Segundo dados da CEAGESP-SP, para o quinquênio 2000 – 2004, a participação percentual em função de engradados comercializados de alface americana foi de 19%, obtendo o segundo lugar no grupo das folhosas, ficando a frente do grupo lisa (18%) e romana (2%), perdendo apenas para o grupo crespa líder no mercado, que obteve uma participação de 61 % do total comercializados no CEAGESP-SP (AGRIANUAL, 2005).

A alface, por ser uma hortaliça de ciclo curto e crescimento rápido, é muito exigente quanto às condições climáticas, disponibilidade de água e nutrientes para que durante o seu ciclo ocorra um acelerado incremento de massa fresca. Suas exigências maiores quanto ao clima são principalmente para temperatura e luminosidade. Resiste a baixas temperaturas e geadas leves. Normalmente as temperaturas ótimas de crescimento encontram-se entre 15 e 20⁰C, e temperaturas noturnas inferiores a 20⁰C favorecem a formação de cabeça (Yuri, 2000).

Porém, em fase de crescimento rápido, a alface exige uma amplitude térmica entre dia e noite, devendo as temperaturas diurnas estar entre 14 e 18^oC e as noturnas entre 5 e 8^oC (Serrano Cermeño, 1996, citado por Fernandes & Martins, 1999). A fase reprodutiva é favorecida por dias longos e temperaturas acima de 20^oC, sendo acelerada à medida que a temperatura aumenta (Yuri, 2000).

Além da temperatura, o fotoperíodo também afeta o desenvolvimento da planta, pois a alface exige dias curtos durante a fase vegetativa e dias longos para que ocorra o pendoamento. Segundo Conti (1994), o comprimento do dia não é problema para o cultivo de verão no Brasil, pois as cultivares estrangeiras importadas já estão adaptadas a dias mais longos do que os que ocorrem no país. A expansão da cultura está se transferindo para as áreas de latitudes menores, conseqüentemente, o fotoperíodo não é obstáculo. Entretanto, em condições de menores latitudes, verifica-se o aumento da temperatura. Nestas situações há a necessidade de se escolher áreas de elevadas altitudes (acima de 800 m). A altitude do local é outro fator que deve ser levado em consideração, pois influencia diretamente na temperatura. Portanto, regiões de menor altitude não são adequadas ao plantio de verão.

2.2 Cultivo em ambiente protegido

O cultivo de hortaliças em condições protegidas utilizando o próprio solo como substrato é a forma mais utilizada no mundo, principalmente em países em desenvolvimento (Silva & Marouelli, 1998). E dentre as hortaliças mais cultivadas nesse ambiente no Brasil destacam-se o pimentão, a alface, o tomate e o pepino (Vecchia & Koch, 1999).

A utilização de estufas plásticas como meio de cultivo de hortaliças de alto valor comercial tem aumentado rapidamente em áreas de clima temperado.

Nas condições brasileiras, observa-se um crescimento acelerado dos cultivos protegidos nos estados da região sudeste, em São Paulo principalmente. A redução nos últimos anos no investimento necessário à aquisição das estufas, as incertezas verificadas na agricultura tradicional e a possibilidade de obtenção de vários cultivos anuais de alto valor comercial, com conseqüente aumento da renda familiar, têm impulsionado a adoção desta prática agrícola por pequenos e médios produtores (Peres, 1999).

No cultivo protegido, as principais finalidades, quando sob estrutura de proteção, são: diminuir os efeitos negativos das baixas temperaturas, geada, vento, granizo, excesso de chuva, bem como encurtar o ciclo de produção, aumentar a produtividade e obter produtos de melhor qualidade (Sganzerla, 1995).

Oliveira (1995) cita as vantagens do uso de ambientes fechados ou semi fechados no cultivo de plantas, esclarecendo que as casas de vegetação cobertas com plásticos podem proporcionar maior proteção às plantas contra fenômenos climáticos adversos. Estes ambientes são também responsáveis pela redução da lixiviação do solo e promovem uma adequada proteção contra pragas e doenças, além de permitir obter uma produção duas a três vezes maiores do que as obtidas em cultivo convencional a campo.

Nesse sentido, Segovia et al. (1997) compararam as cultivares de alface Brasil 202, White Boston e Regina, no inverno, em Santa Maria (RS), dentro e fora de uma casa de vegetação com cobertura de polietileno. Observaram maiores valores de área foliar, número de folhas por planta, massa fresca da parte aérea, matéria seca de folhas, matéria seca do sistema radicular, matéria seca do caule e matéria seca total nas plantas cultivadas no interior da casa de vegetação. A relação parte aérea e sistema radicular também foi maior no interior. As plantas apresentaram uma maior taxa de crescimento no interior. Com base no exposto, eles afirmaram que é possível obter uma produção mais

precoce e de melhor qualidade em ambiente protegido do que aquela obtida com o cultivo tradicional.

O uso dessa tecnologia, no entanto, apresenta algumas limitações. Uma delas é a exigência em irrigação, já que é a única forma de repor a água consumida pela cultura é pela irrigação.

Cultivos realizados em ambiente protegido distinguem-se dos demais sistemas de produção a campo, principalmente pelo uso intensivo do solo e controle parcial de fatores ambientais. Assim, o manejo adequado do sistema solo-água-plantas-ambiente torna-se de fundamental importância para o sucesso de empreendimentos neste sistema de produção (Carrizo et al., 1999).

Zambolim et al. (1999) afirmam que a temperatura do ar e do solo e a umidade do ar são maiores em ambiente protegido.

Scatolini (1996) relata um maior efeito da cobertura plástica sobre as temperaturas máximas com valores variando de 1,2^oC a 4,4^oC acima das observadas externamente. Este pesquisador obteve uma diferença média de 4,3^oC entre a temperatura máxima interna e a externa, sendo maior no interior da casa de vegetação. Ele cita trabalhos em que a temperatura média do ar é maior no interior da casa de vegetação e outros em que não houve diferenças significativas. Isso pode ser em função dos locais onde foram desenvolvidos os trabalhos e do aspecto construtivo da casa de vegetação. Se houver possibilidade de manejar cortinas laterais ou se as laterais tiverem apenas tela antiafídica, provavelmente, as temperaturas tanto dentro quanto fora da casa de vegetação serão semelhantes.

Evangelista (1999) obteve ligeira diferença entre as temperaturas e umidade relativa do ar no interior e na parte externa de uma casa de vegetação situada em Lavras - MG. Tanto a temperatura máxima do ar quanto a média e a mínima foram maiores no interior da casa de vegetação. Porém, os valores de umidade relativa média e mínima foram inferiores no interior. Ele justificou

essas diferenças como sendo devido à interrupção do processo convectivo pela cobertura plástica, o que impedia as trocas de ar com a parte externa da casa de vegetação. As laterais eram revestidas com tela plástica (clarite) fixa.

O consumo de água pelas plantas depende fundamentalmente da quantidade de água disponível no solo e da demanda atmosférica. A demanda atmosférica é condicionada principalmente pela radiação solar, velocidade do vento, temperatura e déficit de saturação do ar. Todos esses elementos sofrem alterações no interior das estufas, resultando em diferença de consumo de água em relação ao ambiente externo (Gonçalves, 2002).

2.3 Cobertura do solo (mulching)

Com o advento do polietileno (PET) em 1933 e do cloreto de polivinila (PVC) em 1941 iniciaram-se as pesquisas para a utilização destes materiais na agricultura como cobertura de casas de vegetação e do solo (Spice, 1959; Garnaud, 1974; Nesmith et al., 1992, citados por Sampaio & Araujo, 2001).

No Brasil uso do plástico em grande escala na olericultura se deu no início da década de 1970, com o uso do *mulching* na cultura do morango. Isso se deve às pesquisas, que mostram que a cobertura plástica conserva a umidade do solo, favorecendo a atividade microbiana e a mineralização da matéria orgânica, além de favorecer o racionamento de água, pois a lâmina de água a ser aplicada é menor que no cultivo sem cobertura (Goto, 1997).

Os filmes plásticos mais utilizados na agricultura para a cobertura de solo apresentam duas cores: preta, e dupla face branca e preta. Entretanto, outras cores como branca, azul, violeta, amarela, laranja, verde, prateada e o filme transparente também podem ser utilizadas dependendo das condições climáticas (Sampaio & Araujo, 2001).

Filgueira (2000) destaca que na cultura da alface a cobertura do solo com materiais de coloração clara repele pulgões.

Cermeño (1990) cita os benefícios que se podem obter quando o solo de uma estufa é coberto com filme plástico, destacando-se: economia com mão de obra, pois se evitam capinas e diminuem-se as regas; aumento da produção já que se consegue um regime uniforme de umidade no solo; manutenção de uma boa estruturação do solo; maior aproveitamento de fertilizantes, o que significa também o aumento, em parte, da fertilidade do solo; inexistência de plantas competidoras; menor número de plantas apodrecidas ou danificadas; e podem suceder-se várias culturas sem necessidade de revolver o solo. O mesmo autor salienta que a utilização do *mulching* em estufa permite todos os cultivos em que já ficou demonstrada a utilidade dos plásticos na exploração ao ar livre, tais como: tomate, berinjela, pimentão, abóbora, pepino, morango, melão, melancia, alface, escarola, acelga, aipo, etc.

Os filmes de polietileno e cloreto de polivinila utilizados na agricultura apresentam baixa permeabilidade aos gases e vapores de água. Isto faz com que as perdas de umidade por evaporação sejam extremamente reduzidas nos solos com estes tipos de cobertura, aumentando a eficiência de utilização de água (Bhella, 1988a; Carter & Johnson, 1988; Martinez, 1989; Papadopoulos, 1991; Munguia Lopez et al., 1994, citados por Sampaio & Araujo, 2001).

A perda de água do solo por evaporação através de sua superfície ou por transpiração através das plantas é um parâmetro importante no ciclo hidrológico, especialmente nas áreas cultivadas com uso de coberturas plásticas. (Reichardt, 1985).

É bastante comum o cultivo da alface com a utilização de *mulching*; provavelmente, o uso de cobertura do solo, com filme de polietileno, promove redução na evapotranspiração e aumento na eficiência hídrica da cultura (Bueno, 1998).

Schneider (1993) destaca que em certos casos o aumento de produtividade em culturas que tiveram o solo coberto foram superiores a 35% e, em muitos casos, acima de 100% em relação à parcela não coberta.

Spice (1959) e Knavel & Mohr (1967), citados por Gonçalves (2002) observaram que a cobertura plástica conserva a umidade próxima da superfície do solo, forçando as raízes a se concentrarem na camada mais aquecida e mais fértil do perfil do solo. Tal fato pode explicar o rápido crescimento e maior vigor das plantas cultivadas com uso de *mulching*.

A água é o elemento essencial ao metabolismo vegetal, pois participa principalmente de sua constituição e do processo fotossintético. A planta, todavia, transfere para a atmosfera o equivalente a 98% da água retirada do solo. Por este motivo o consumo de água das plantas normalmente se refere à água perdida pela evaporação da superfície do solo e pela transpiração, Moura (1992), citado por Gonçalves (2002).

Segundo Pinto (1997), a evapotranspiração da alface com a utilização do *mulching* de polietileno pode apresentar, em média, uma redução de 25% em comparação ao solo descoberto. Esta afirmação é de grande importância, pois possibilita um manejo mais racional das irrigações, visando principalmente à economia da água, sem comprometer o rendimento da cultura.

A cobertura do solo permite a utilização de turnos de regas mais longos, tornando-se um benefício importante em regiões com pouca disponibilidade de água (Sampaio & Araujo, 2001).

O uso da cobertura do solo é uma prática agrícola que visa principalmente controlar as ervas daninhas, diminuir as perdas de água por evaporação do solo, facilitar a colheita e a comercialização, uma vez que o produto é mais limpo e sadio. Porém, ao se cobrir o solo também são alterados parâmetros importantes do micro clima e, conseqüentemente, a germinação das sementes, o crescimento das raízes, a absorção de água e nutrientes, a atividade

metabólica das plantas, o armazenamento de carboidratos e a incidência de pragas e doenças (Gonçalves, 2002).

2.4 Manejo da irrigação

O rendimento e o desenvolvimento das hortaliças são influenciados pelas condições de clima e umidade do solo (Marouelli et al., 1996). A água é um dos fatores mais importantes para a produção das culturas. Além da sua participação na constituição celular e nos diversos processos fisiológicos da planta, a água está diretamente relacionada aos processos de absorção de nutrientes e resfriamento da superfície vegetal. Dentre as hortaliças, a alface é considerada uma das mais exigentes em água e uma das que responde com maior intensidade aos efeitos oriundos da aplicação ou não deste fator de produção. Mello (2000), citado por Coelho (2001), relatou o conteúdo de água de 94,4% numa cultivar lisa e 95,6% numa do tipo americana.

Portanto, as irrigações devem ser freqüentes e abundantes, devido à ampla área foliar e a evapotranspiração intensiva, bem como ao sistema radicular delicado e superficial e à elevada capacidade de produção. Quando irrigadas adequadamente, as folhas são tenras e as cabeças grandes. Experimentos realizados com irrigação demonstram que o peso da planta e a produtividade aumentam linearmente com a quantidade de água aplicada, até se atingir o máximo de produção, a partir do qual há uma queda em função do excesso de umidade no solo (Filgueira, 2000).

Segundo Sousa & Grassi Filho (2001), a alta freqüência na irrigação permite que o solo seja mantido com o alto teor de umidade e, portanto, com baixas tensões, em torno de 20 kPa a 15cm de profundidade. Para o cultivo da alface americana, o sistema de irrigação mais utilizado é por gotejamento (Maluf, 1996). Este método tem-se mostrado bastante eficiente para o aumento da produtividade da alface (Hamada & Testezlaf, 1995).

No cultivo em solo, o manejo da irrigação pode ser criteriosamente estabelecido, baseando-se no estado energético da água no solo ou nas plantas, na taxa de evapotranspiração da cultura ou na combinação de dois ou mais deles. A escolha do critério a ser seguido vai depender principalmente da disponibilidade de informações relacionadas ao sistema solo-água-planta-clima, equipamentos para medições e também do grau de conhecimento do produtor (Silva & Marouelli, 1998).

Vários trabalhos têm mostrado que a tensão de água no solo pode ser indicada tanto para determinar o momento de irrigar quanto para a quantidade de água a ser aplicada nas culturas.

Stone et al. (1988), visando verificar a profundidade de instalação dos tensiômetros como indicativos do momento de irrigar o feijoeiro e a tensão que ele suporta sem queda na produtividade, conduziram um experimento durante três anos consecutivos. As profundidades de instalação foram 0,15 e 0,30 m e as tensões estudadas foram 12,5, 25, 37,5, 50, 62,5 e 75 kPa. Os resultados encontrados permitiram concluir que não houve diferença significativa para a profundidade de instalação dos tensiômetros como indicativo do momento de irrigar o feijoeiro. A interação profundidade e tensão não foram significativas, mas houve efeito significativo entre as tensões. O número de grãos por vagem, número de vagens por planta e a produção de grãos decresceram com o aumento da tensão. A capacidade de campo no solo estudado foi correspondente à tensão de 10 kPa e o turno de rega médio nos três anos foi de 16,3 dias para as tensões de 62,5 e 75 kPa. As lâminas totais aplicadas foram decrescentes em relação às tensões. Neste mesmo estudo os autores comprovaram que quanto maior a demanda evaporativa da atmosfera, menor a tensão da água no solo que a planta pode suportar sem detrimento da produção.

Frenz & Lechl (1981), citados por Andrade Júnior (1994), conduziram um experimento em casa de vegetação com o objetivo de determinar a tensão

ideal de água no solo para um adequado desenvolvimento da cultura da alface. O sistema utilizado foi o gotejamento e os tratamentos de tensão foram 6, 14, 22 e 30 kPa. A tensão de 14 kPa proporcionou a maior quantidade de matéria fresca $264 \text{ g.planta}^{-1}$ e produtividade 42 Mg.ha^{-1} , totalizando uma lâmina de 56 mm e frequência de 4 dias. Já Araki & Goto (1983), também citados por Andrade Júnior (1994), observaram a faixa compreendida entre as tensões de 20 e 30 kPa como ótimas para o crescimento da cultura e obtenção de ‘cabeças’ com $1.430 \text{ g.planta}^{-1}$. A lâmina total aplicada neste caso foi de 140 mm.

Santos (2002), avaliando o efeito de diferentes tensões de água no solo sobre o comportamento produtivo da alface americana cv. *Raider* em ambiente protegido, porém sem a utilização de *mulching*, verificou que para a obtenção de maiores produtividades (total e comercial), plantas mais altas, com maior número de folhas internas, maior peso de matéria fresca da parte comercial e maior diâmetro de caule, as irrigações devem ser realizadas quando as tensões de água no solo a 0,15m de profundidade estiverem em torno de 15 kPa; sendo que a produtividade da cultura reduziu-se linearmente em função do aumento da tensão da água no solo no intervalo entre 15 e 89 kPa, o mesmo acontecendo com a altura de plantas, número de folhas internas, massa fresca da parte comercial e diâmetro do caule.

Silva & Marouelli (1998) afirmam que a tensão de água no solo em que se deve promover a irrigação para obter produtividade máxima em alface está entre 40 e 60 kPa. O valor de 40 kPa corresponde a locais com evapotranspiração alta ($> 5 \text{ mm.dia}^{-1}$) e no período crítico ao déficit (antes da colheita). Segundo esses autores, os valores citados são mais indicados para os sistemas de irrigação por aspersão e por superfície. No caso do gotejamento e quando o cultivo em ambiente protegido é feito em solo, as hortaliças, de modo geral, apresentam melhor desempenho quando submetidas a tensões entre 10 e 30 kPa, com o sensor instalado a aproximadamente 15 cm de profundidade.

De acordo com Carrijo et al. (1999), em solos cultivados em ambiente protegido devem ser instalados no mínimo quatro tensiômetros por área coberta, sendo dois na profundidade de maior concentração de raízes e dois no limite inferior do sistema radicular e dentro do bulbo úmido. As profundidades de instalação são de 0,10 a 0,15m e 0,20 a 0,30m, respectivamente. Para solos de textura média (franco argiloso ou franco arenoso), devem-se irrigar quando o tensiômetro indicar entre 10 e 15 kPa; para solos de textura fina (argiloso), entre 15 e 20 kPa ;e para solos de textura grossa (arenosos), entre 5 e 10 kPa.

Queiroz et al. (2001) avaliaram o efeito de diferentes tensões de água no solo (10, 30, 50 e 60 kPa) sobre a alface americana cv. *Raider* cultivada em vaso sob condições de ambiente protegido. Encontraram diferenças significativas em todas as variáveis estudadas, isto é, peso total por planta, peso comercial e circunferência de ‘cabeça’. Observaram que quanto maior a tensão aplicada menor o peso total por planta, peso comercial e a circunferência da ‘cabeça’ comercial, sendo os valores máximos proporcionados pela tensão de 10 kPa (frequência de irrigação diária). Entretanto, deve-se ressaltar que em nenhum dos trabalhos citados anteriormente foi utilizada a técnica de cobertura do solo (*mulching*).

Em condições de solos não salinos a tensão matricial é o fator da água no solo que mais influencia o crescimento das plantas (Stone et al., 1988; Cabello, 1996).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido de 16 de julho a 29 de setembro do ano de 2007, no interior de duas casas de vegetação (modelo arco), construídas em área experimental do Departamento de Engenharia, da Universidade Federal de Lavras (UFLA). A UFLA situa-se no município de Lavras, região sul de Minas Gerais; encontra-se numa altitude média de 910 metros; e coordenadas de 21°14'S, Latitude Sul e 45°00'W, Longitude Oeste.

As casas de vegetação foram construídas utilizando-se de pilares de madeira (eucalipto tratado) e sua parte aérea foi feita com arcos metálicos apresentando 2,5 m de pé-direito, 4,0 m de altura no ponto mais alto, 13 m de comprimento e 7,0 m de largura, cobertas com filme de polietileno de baixa densidade transparente, aditivado anti-UV com espessura de 150 micras e as laterais fechada com tela antiafídeo (Figura1).

3.1.1 Clima

De acordo com a classificação de Köppen (Antunes, 1980), a região apresenta um clima Cwa, ou seja, clima temperado suave chuvoso, com inverno seco, temperatura média do mês mais frio inferior a 18°C e superior a 3°C; o verão apresenta temperatura média do mês mais quente superior a 22°C.

Lavras apresenta temperatura do ar média anual de 19,4°C, umidade relativa do ar média de 76,2% e tem uma precipitação média anual de 1529,7mm, bem como uma evaporação média anual de 1034,3mm (Brasil, 1992).

Os dados meteorológicos, de caracterização climática no interior da casa de vegetação onde foi conduzido o experimento, foram obtidos de uma estação

agrometeorológica portátil e automática, marca DAVIS, modelo VANTAGE PRO 2, instalada dentro da casa de vegetação, com monitoramento constante da temperatura e umidade relativa do ar.



FIGURA 1 Vista geral do experimento no interior da casa de vegetação. UFLA, Lavras, MG, 2007.

3.1.2 Solo

O solo foi originalmente classificado como Latossolo Vermelho Distroférico (Embrapa, 1999).

A curva característica da água do solo foi determinada no Laboratório do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras. Amostras de solo com estrutura deformada (terra fina seca ao ar) foram colocadas em cilindros de PVC e, depois de saturadas, foram levadas para uma bancada dotada de funil de Haines para determinação dos pontos de baixa

tensão (0, 2, 4, 6, 8 e 10 kPa) bem como para Câmara de Pressão de Richards para os pontos de maiores tensões (33, 100, 500 e 1500 kPa). Este procedimento foi realizado para amostra representativa da camada de solo de 0 a 25 cm.

Com a utilização do modelo proposto por Genuchten (1980) gerou-se a Equação 1 ($r^2 = 0,9971$) que descreve o comportamento da umidade do solo em função da tensão. A partir da equação e dos valores observados e com o auxílio do aplicativo SWRC, desenvolvido por Dourado Neto et al. (1995), foi gerada a curva de retenção da água no solo para a camada em estudo (Figura 2).

$$\theta = 0,263 + \frac{(0,458)}{\left[1 + (0,686 \times \psi)^{1,528}\right]^{0,345}} \dots\dots\dots (1)$$

em que :

θ = umidade atual ($\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$);

Ψ = tensão de água no solo (kPa).

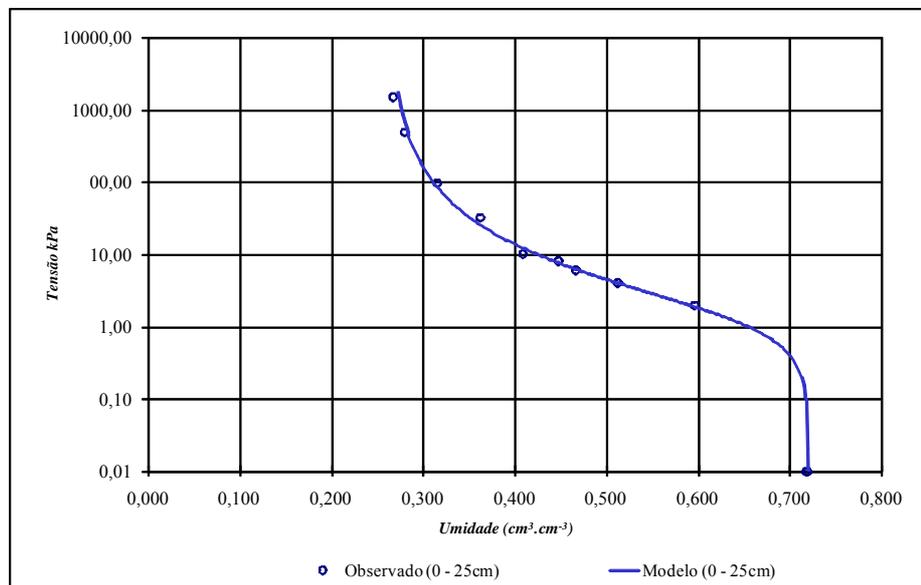


FIGURA 2 Curva característica de água no solo obtida utilizando o modelo descrito por Genuchten (1980). UFLA, Lavras, MG, 2007.

O termo capacidade de campo representa a quantidade de água retida pelo solo depois que o excesso é drenado livremente. Sua determinação tem sido usualmente realizada em laboratório, mas sempre que possível deve ser avaliada diretamente no campo. De acordo com Carvalho et. al. (1996) para o solo deste experimento, a tensão de 10 kPa é a recomendada para determinar a umidade do solo correspondente à capacidade de campo. Portanto, utilizando-se a Equação 1 o valor da umidade na capacidade de campo corresponde a $\theta_{cc} = 0,4258 \text{ cm}^3.\text{cm}^{-3}$

Os resultados das análises químicas e físicas das amostras de solo coletadas na área experimental encontram-se na Tabela 1.

De acordo com Gomes et al. (1999) e com os resultados da análise do solo não foi preciso realizar a correção da acidez do solo, pois, o índice de

saturação por bases (V) foi superior ao recomendado para a cultura da alface (70%).

TABELA 1 Análise química e física de amostras de solo coletadas na área experimental. UFLA, Lavras, MG, 2007.*

SIGLA	DESCRIÇÃO	UNIDADE	AMOSTRAS**
			0 a 0,25m
pH	Em água (1:2,5)	-	6.0 (AM)
P	Fósforo (Mehlich 1)	mg/dm ³	38.9(MB)
K	Potássio	mg/dm ³	151 (MB)
Ca	Cálcio	Cmol/dm ³	7.5 (MB)
Mg	Magnésio	Cmol/dm ³	0.7 (M)
Al	Alumínio	Cmol/dm ³	0 (mb)
H+Al	Ac. potencial	Cmol/dm ³	1.9 (b)
SB	Soma bases	Cmol/dm ³	8.6 (MB)
(t)	CTC efetiva	Cmol/dm ³	8.6 (MB)
(T)	CTC a pH 7,0	Cmol/dm ³	10.5 (B)
V	Sat. bases	%	81.9 (MB)
M	Sat. alumínio	%	0 (mb)
MO	Mat. orgânica	dag/kg	2.1 (M)
P-rem	Fósforo remanescente	mg/l	8.0 (M)
Zn	Zinco	mg/dm ³	3.1(A)
Fe	Ferro	mg/dm ³	42(B)
Mn	Manganês	mg/dm ³	42(A)
Cu	Cobre	mg/dm ³	4.5(A)
B	Boro	mg/dm ³	0.3(b)
S	Enxofre	mg/dm ³	44.8(MB)
Areia	-	dag/kg	14
Silte	-	dag/kg	35
Argila	-	dag/kg	51
Textura	Classe textural	-	A
Ms	Massa específica solo	g/cm ³	1,09

*Realizadas no DCS/UFLA.

**A = alto; B = bom; MB = muito bom; b = baixo; M = médio; mb = muito baixo.

AM= acidez Média.

(Alvarez et al, 1999). A = argilosa.

Quanto ao preparo do solo, foi realizada uma subsolagem com o uso de um subsolador de apenas uma haste, tendo penetrado no solo até a profundidade de 50 cm. Posteriormente, foi realizado o revolvimento do solo com o auxílio de uma enxada rotativa por duas vezes.

Os canteiros foram levantados manualmente com o auxílio de enxada e aproveitando a mesma operação, foi efetuada a incorporação do adubo de plantio. A adubação de plantio foi feita 21 dias antes do transplântio das mudas, baseada nos resultados obtidos na análise química de solo (Tabela 1) e informações obtidas junto ao Engenheiro Agrônomo e Consultor Dr. Jony Eishi Yuri. Para este procedimento foi utilizado o fertilizante Nutrisafra 2 B Plus na quantidade de 1500 kg.ha⁻¹ ou 150 g.m⁻² de canteiro. Este fertilizante contém em sua fórmula 4% de N; 12% de P₂O₅; 8% de K₂O; 5% de Ca; 0,05% de B; 10% de Torta de Mamona e 10% de Termofosfato.

Devido aos valores de matéria orgânica, obtidos na análise de solo e à presença de torta de mamona no fertilizante utilizado para a adubação de plantio, optou-se em não utilizar outras fontes de matéria orgânica durante a condução do experimento. As quantidades de nutrientes fornecidas pela adubação de plantio e transformadas em kg.ha⁻¹ foram: 60 para N; 79,2 para P; 99,6 para K; 75 para Ca e 0,75 para B.

3.2 Delineamento experimental

Foi empregado o delineamento em blocos casualizados (DBC), sendo utilizados cinco tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos constituíram-se de cinco tensões de água no solo: 12 kPa, 25 kPa, 35 kPa, 45 kPa e 70 kPa, como indicativo do momento de irrigar.

Para isso, foi instalada uma bateria de cinco tensiômetros por parcela (três a 12,5 cm e dois a 25 cm de profundidade) para monitorar as tensões,

sendo que para cada tratamento as baterias de tensiômetros foram instaladas somente em duas das quatro repetições.

Os tensiômetros foram instalados no alinhamento da cultura entre duas plantas e ficaram 30 cm distanciados entre si em cada bateria. As leituras dos tensiômetros foram realizadas com um tensímetro digital de punção (Figura 3), duas vezes ao dia, às 09:00 e às 15:00 horas.



FIGURA 3 Tensímetro digital de punção inserido em um tensiômetro. UFLA, Lavras, MG, 2007.

Eram medidos os valores das tensões e efetuavam-se as irrigações quando pelo menos quatro valores dos sensores instalados a 12,5cm (tensiômetro de decisão), acusavam a tensão indicada pelo tratamento.

A lâmina de irrigação aplicada, retornava a umidade do solo para o valor correspondente à capacidade de campo, considerado de 10 kPa (Carvalho et al., 1996).

As parcelas experimentais apresentaram as dimensões de 1,20m de largura e 2,40m de comprimento, totalizando uma área de 2,88m². Foram utilizadas quatro linhas de plantas espaçadas de 0,30m entre linhas e 0,30m entre plantas, perfazendo-se um total de 32 por parcela.

Foram consideradas úteis as plantas das linhas centrais, sendo descartadas nestas linhas duas plantas no início e duas no final (parcela útil com 0,72m² e 8 plantas), conforme ilustrado na Figura 4.

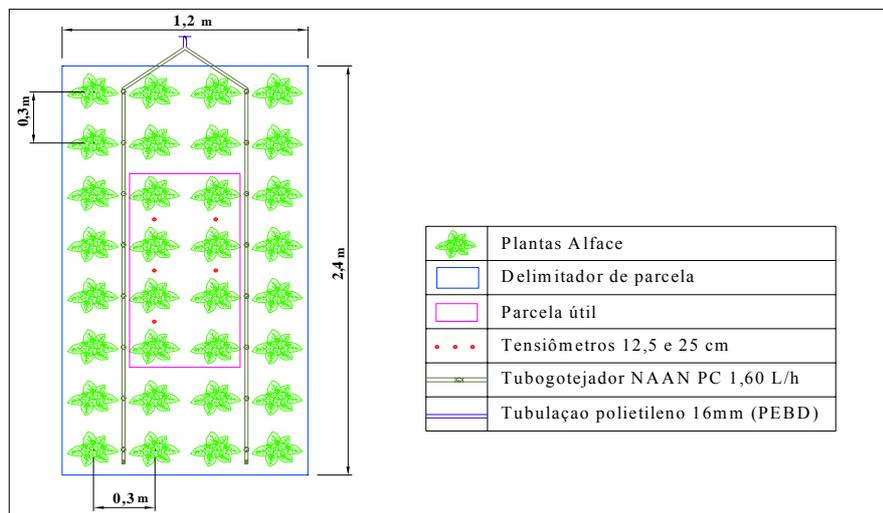


FIGURA 4 Esquema de uma parcela experimental com o sistema de irrigação implantado e os sensores de umidade. UFLA, Lavras, MG, 2007.

3.3 Sistema e manejo da irrigação

Foi utilizado para a aplicação dos tratamentos, um sistema de irrigação por gotejamento, sendo os emissores do tipo in-line, ou seja: emissores inseridos no tubo durante o processo de extrusão (auto-compensantes), modelo NAAN PC com vazão de $1,60 \text{ L.h}^{-1}$, DN 16 mm e distanciados entre si a 0,30m.

O tubo gotejador (DN 16 mm) ficou posicionado na parcela, de forma a atender duas fileiras de plantas, trabalhando com pressão de serviço em torno de 18 mca, que era regulada por meio de uma válvula reguladora de pressão inserida no cabeçal de controle.

As linhas laterais foram conectadas às linhas de derivação de polietileno (PEBD DN 16 mm); estas, por sua vez, foram conectadas às linhas principais (PVC DN 35 mm; PN 40) que tinham, no seu início, válvulas de comando elétrico (solenóides) localizadas na saída do cabeçal de controle. Foi utilizada uma válvula para cada tratamento; tais válvulas eram acionadas por meio de um controlador programável (TOTAL CONTROL 12 STATIONS), previamente programado, em cada irrigação, para funcionar o tempo necessário visando repor a lâmina d'água acusada indiretamente pelos tensiômetros.

Buscava-se, em todas as irrigações, elevar à capacidade de campo a umidade correspondente à tensão verificada no momento de irrigar. Os tensiômetros instalados a 12,5 cm de profundidade funcionavam como sensores de decisão, ou seja, de posse dos valores de suas respectivas leituras eram tomadas as decisões para irrigar ou não os tratamentos. Já os tensiômetros instalados a 25 cm de profundidade funcionavam como sensores de controle da lâmina aplicada em cada tratamento. De posse destas leituras era possível estabelecer uma relação direta entre a lâmina aplicada e os valores de tensão observados, evitando-se, assim, o excesso no fornecimento de água e, conseqüentemente, percolação e lixiviação de nutrientes no perfil do solo.

As leituras realizadas com o tensímetro digital de punção eram fornecidas em “bar” e, posteriormente, foram transformadas para kPa e aplicadas na Equação 2 para determinação da tensão de água no solo corrigida para a profundidade desejada.

$$\Psi = L - 0,098 * h \dots\dots\dots(2)$$

em que:

ψ = tensão de água no solo (kPa);

L = leitura no tensímetro transformada em kPa (sinal positivo);

h = altura do ponto da leitura no tensiômetro até o centro da cápsula porosa (cm).

Com as tensões observadas, calculavam-se as umidades do solo correspondentes a partir da curva característica de água no solo (Equação 1).

Segundo Cabello (1996), de posse dessas umidades e com a correspondente à capacidade de campo e, ainda, considerando a profundidade efetiva do sistema radicular (25 cm) eram calculadas as lâminas de reposição (Equações 3, 4, 5 e 6) e, finalmente, o tempo de funcionamento do sistema de irrigação (Equação 7).

$$LL = (\theta_c - \theta_{atual}) * z \dots\dots\dots(3)$$

$$LB = \frac{LL}{(1 - k) * CU} \dots\dots\dots(4)$$

$$k = 1 - Ea \dots\dots\dots(5)$$

$$k = LR = \frac{CEi}{(5 * CEe - CEi)} \dots\dots\dots(6)$$

$$T = \frac{LB * A}{e * qa} \dots\dots\dots (7)$$

em que:

LL = lâmina líquida de irrigação (mm);

θ_{cc} = umidade na capacidade de campo ($\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$);

θ_{atual} = umidade no momento de irrigar ($\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$);

z = profundidade do sistema radicular (25 cm);

LB = lâmina bruta de irrigação (mm);

k = constante que leva em conta a salinização do solo, bem como a eficiência de aplicação de água do sistema. É determinada pelas equações 5 e 6 e utiliza-se o maior valor encontrado;

E_a = eficiência de aplicação de água do sistema de irrigação (0,90);

LR = lâmina necessária para lavagem do solo, caso tenha problema com salinidade;

CE_i = condutividade elétrica da água de irrigação; ($0,05 \text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$) (Valor encontrado por Costa, 2000);

CE_e = condutividade elétrica do extrato de saturação do solo ($0,95 \text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$). Análise realizada no Laboratório do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras;

CU = coeficiente de uniformidade do sistema de irrigação (0,98);

T = tempo de funcionamento do sistema de irrigação em cada tratamento, visando elevar a umidade à capacidade de campo (h);

A = área ocupada por planta ($0,09 \text{m}^2$);

e = número de emissores por planta (0,5);

q_a = vazão média dos emissores ($1,76 \text{L} \cdot \text{h}^{-1}$).

Foram realizados testes para a determinação da vazão nominal do gotejador e do coeficiente de uniformidade de distribuição de água (CU) do sistema de irrigação.

Para isso foi adaptado o procedimento recomendado por Merriam & Keller (1978), citado por Cabello (1996), em que se escolhe uma subunidade e nela se selecionam quatro laterais: a primeira, a situada a 1/3 do início, a situada a 2/3 e a última. Em cada lateral, selecionam-se quatro emissores, o primeiro, o situado a 1/3, o situado a 2/3 e o último, sendo coletadas vazões destes emissores e, a partir da Equação 8, é calculado o coeficiente de uniformidade.

No caso do sistema de irrigação em questão foram sorteados os tratamentos 12 e 35 kPa e foram avaliados todos os emissores das quatro repetições dos respectivos tratamentos.

$$CU = \frac{q_{25}}{q_a} \dots\dots\dots(8)$$

em que:

CU = coeficiente de uniformidade de distribuição;

q_{25} = média das 25% menores vazões coletadas (L.h⁻¹);

q_a = média das vazões coletadas (L.h⁻¹).

Além do coeficiente de uniformidade foi determinado também o coeficiente de variação total de vazão, conforme metodologia apresentada por Bralts & Kesner (1978), descrita por Cabello (1996). O coeficiente de variação total é a relação entre o desvio padrão das vazões e a vazão média. Indica como está a uniformidade da vazão na subunidade estudada. Cabello (1996) apresenta uma tabela classificando a uniformidade de acordo com o valor do CVt. Segundo esta tabela, o CVt estando acima de 0,4 a uniformidade é inaceitável;

de 0,4 a 0,3 é baixa; de 0,3 a 0,2 é aceitável; de 0,2 a 0,1 é muito boa e de 0,1 a 0 é excelente.

3.4 Condução do experimento

Neste trabalho foi utilizada a cultivar de alface americana *Raider-Plus*, de grande aceitação pelas empresas de *fast foods*, consumidores e produtores da região.

As sementes pelotizadas foram semeadas em bandejas de isopor de 200 células preenchidas com o substrato comercial Plantmax HT, específico para o cultivo da alface, no viveiro de um produtor comercial situado no município de Três Pontas, sul de Minas Gerais. Após 30 dias da semeadura, ocasião em que as mudas já se encontravam com quatro folhas definitivas, foi efetuado o transplântio para os canteiros.

Do transplântio, de 08 de agosto de 2007, até o início da diferenciação dos tratamentos foram realizadas, por oito dias, irrigações em todos os cinco tratamentos, totalizando uma lâmina de 15 mm. Este procedimento teve como objetivo proporcionar um melhor “pegamento” e a uniformização no desenvolvimento inicial das mudas.

Toda a adubação de cobertura foi feita via fertirrigação e seguindo as recomendações da 5ª aproximação (Gomes et al., 1999) e também as considerações do engenheiro agrônomo e consultor Dr. Jony Eishi Yuri. Os adubos utilizados foram: o Nitrato de Potássio, Nitrato de Cálcio e o Sulfato de Magnésio, em função das suas solubilidades altas, com índices de salinidade relativamente baixos. As adubações de cobertura forneceram durante todo o ciclo da cultura as quantidades em $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de 55,34 de N; 0,0 de P, sendo que todo o P foi fornecido pela adubação de plantio; 74,16 de K; 40,46 de Ca; 12,21 de Mg e 15,6 de S.

Foi utilizada para a realização das fertirrigações uma bomba de injeção de fertilizante, ou bomba dosificadora hidráulica marca AMIAD modelo TMB WP – 10 com capacidade máxima de injeção de 60 L.h⁻¹ de fertilizante.

As fertirrigações foram realizadas, buscando-se adequar a quantidade de nutrientes fornecida de forma equilibrada e balanceada, de acordo com as necessidades nutricionais da cultura. Nos tratamentos com tensões mais elevadas, o número de fertirrigações realizadas foi nitidamente inferior em relação aos tratamentos com tensões mais baixas. Este fato deve-se ao número de irrigações realizadas em tais tratamentos serem menores, pois só podíamos fertirrigar quando a leitura do tensímetro acusava a tensão desejada daquele tratamento, sendo assim, sempre que se irrigavam os tratamentos de maiores tensões, também se aproveitava para realizar a fertirrigação. Entretanto, no final do ciclo as quantidades totais de nutrientes fornecidas para cultura foram iguais para todos os tratamentos.

O total de nutrientes fornecidos para a cultura, ou seja, a soma da adubação de plantio com a de cobertura totalizou a quantidade em kg.ha⁻¹ de: 115,34 de N; 79,20 de P; 173,76 de K; 115,46 de Ca; 12,20 de Mg e 15,60 de S.

Com o objetivo de prevenir sintomas de deficiências nutricionais que poderiam vir a aparecer durante desenvolvimento da cultura, foram feitas três aplicações de fertilizante foliar (Nitrofoska A) durante todo o ciclo da alfaca; a primeira com 12 dias após o transplântio (DAT); a segunda com 24 DAT; e a terceira com 36 DAT. O fertilizante foliar Nitrofoska A possui em sua fórmula as seguintes concentrações de nutrientes: 10% de N; 4% de P₂O₅; 7% de K₂O; 0,02% de B; 0,05% de Cu; 0,02% de Mn.

Anteriormente à instalação do *mulching*, foi instalado o sistema de irrigação por gotejamento e posteriormente foram efetuados os testes preliminares de uniformidade de vazão e pressão. O objetivo dos testes é proporcionar a máxima eficiência de aplicação de água para a cultura

Todos os canteiros receberam cobertura plástica, denominada *mulching*. Para isto foi utilizado filme plástico com dupla face, sendo a parte superior branca e a parte inferior preta, com espessura de 25 micra, aditivado com tratamento anti UV e largura de 1,50 m da marca comercial Nortene.

3.5 Variáveis analisadas

A colheita foi realizada no dia 29 de setembro de 2007, no quinquagésimo segundo dia após o transplante das mudas, quando as plantas atingiram seu máximo desenvolvimento vegetativo. Isto ocorre quando as cabeças da alface americana encontram-se bem enfolhadas e compactas.

As avaliações foram realizadas imediatamente após a colheita das parcelas úteis, sendo todas as repetições colhidas e avaliadas no mesmo dia.

3.5.1 Altura de plantas

Foram realizadas as medidas das alturas de plantas com o auxílio de duas réguas. A medida foi feita desde a superfície do solo, ficando uma régua perpendicular à outra formando um ângulo de 90°; os resultados foram expressos em cm, representados pela média de oito plantas.

3.5.2 Massa fresca total

Depois de colhidas e as raízes cortadas, foram realizadas as pesagens das plantas de cada parcela, em balança digital com precisão de 5 g e os resultados foram expressos em gramas, representados pela média de oito plantas.

3.5.3 Número de folhas externas

Após a pesagem da parte aérea total de cada planta, retiraram-se as folhas externas, que foram contadas e seus valores anotados. O resultado da

contagem foi representado pela média de oito plantas. São consideradas folhas externas aquelas mais escuras que apresentam gosto amargo e não têm importância comercial para a indústria (Mota, 1999).

3.5.4 Massa fresca da cabeça comercial

Após a retirada das folhas externas tem-se a parte comercial para a indústria (cabeça comercial). A cabeça comercial geralmente apresenta-se compacta, de coloração creme ou branca e com nervuras salientes (Mota, 1999).

Esta parte foi pesada em balança digital com precisão de 5 g e os resultados foram expressos em gramas, representados pela média de oito plantas.

3.5.5 Circunferência da cabeça comercial

Após a pesagem da cabeça comercial, com o auxílio de uma fita métrica, efetuou-se a medida da sua circunferência com os resultados médios (oito plantas) expressos em cm. A medida foi realizada no ponto mediano da cabeça comercial de alface.

3.5.6 Número de folhas internas

Após a medida da circunferência da cabeça comercial efetuou-se a retirada das folhas internas da cabeça comercial, que foram contadas e o resultado da contagem foi representado pela média de oito plantas.

3.5.7 Massa fresca dos talos

Posteriormente à retirada e a contagem de todas as folhas internas da cabeça comercial, o restante ou a sobra é classificado como sendo talo. Os talos das oito plantas de cada parcela foram pesados em balança digital com precisão de 0,01 g e os resultados foram expressos em gramas, média de oito plantas.

3.5.8 Produtividade total e comercial

Com base nas dimensões das parcelas e considerando o espaço entre elas estimou-se a população de plantas por hectare. O valor encontrado foi de 74.600 plantas e a partir das médias de massa fresca, tanto da parte total quanto da comercial, estimou-se a produtividade total e comercial, respectivamente. Os resultados foram expressos em $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$.

3.5.9 Eficiência no uso da água (EUA)

É encontrada em função da produtividade total ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) e a quantidade de água consumida pela cultura (mm) em cada tratamento durante o ciclo.

3.6 Análise estatística

Após análise de variância pelo teste F, os dados obtidos foram executados nos seus efeitos quando significativos em um nível nominal de significância de 5% e foram ajustados por meio de uma análise de regressão polinomial usando o programa SAS (1999).

O modelo estatístico que descreve as observações é dado por: $y_{ij} = \mu + t_i + b_j + \varepsilon_{ij}$, em que: y_{ij} é o valor da variável dependente no j-ésimo bloco que recebeu a i-ésima tensão de irrigação, μ é uma constante inerente a cada observação; t_i é o efeito da i-ésima tensão de água no solo, com $i= 1, \dots, 5$; b_j é o efeito do j-ésimo bloco, com $j=1, \dots, 4$; ε_{ij} é o erro experimental associado ao valor da variável dependente no j-ésimo bloco que recebeu a i-ésima tensão de irrigação, normalmente distribuído com média zero e variância σ^2 .

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Resultados gerais do experimento

4.1.1 Parâmetros climáticos na casa de vegetação

Os dados relativos à temperatura máxima, média e mínima do ar e à umidade relativa máxima, média e mínima do ar, durante o período de condução do experimento são apresentados nas Figuras 5 e 6.

Observa-se, nestas figuras, que a temperatura média do ar durante o período experimental foi de 21,8°C, a média das temperaturas mínimas resultou em 13,8°C; e a média das temperaturas máximas em 29,8°C. Os valores de temperatura oscilaram entre 36,1°C a 9,7°C. Já em relação à umidade relativa do ar; a média durante o período experimental foi de 54,7%; a média das leituras de umidade mínimas resultou em 26,2%; e a média das leituras de umidade máximas em 83,2%. Os valores de umidade oscilaram entre 93% e 14%, respectivamente.

A alface é uma cultura de clima temperado e desenvolve-se melhor em temperaturas amenas. A máxima tolerável pela planta fica em torno de 30°C e a mínima situa-se em torno de 6°C, para a maioria das cultivares, enquanto a umidade relativa mais adequada ao bom desenvolvimento da alface varia de 60% a 80% (Cermeño, 1990; Sganzerla, 1995).

Verificou-se que apesar das altas temperaturas ocorridas e a umidade relativa do ar dentro da casa de vegetação ter atingido valores muito baixos em alguns dias, estes valores não prejudicaram o desenvolvimento da cultura durante o experimento. Exceto pelo aparecimento de alguns focos localizados do fungo denominado oídio (*Oidium spp.*), que tem sua ocorrência facilitada por temperaturas amenas em conjunto com baixos índices de umidade relativa do ar.

Todos os fungos causadores de oídios são parasitas obrigatórios, ou seja, não matam as plantas infectadas, porém reduzem a fotossíntese com conseqüentes quedas de produção (Fontes et al., 2005). O controle foi realizado com uma única aplicação do fungicida a base de enxofre, THIOVIT 800 SC, na dosagem de 60mL do produto comercial diluídos em 20 L de água.

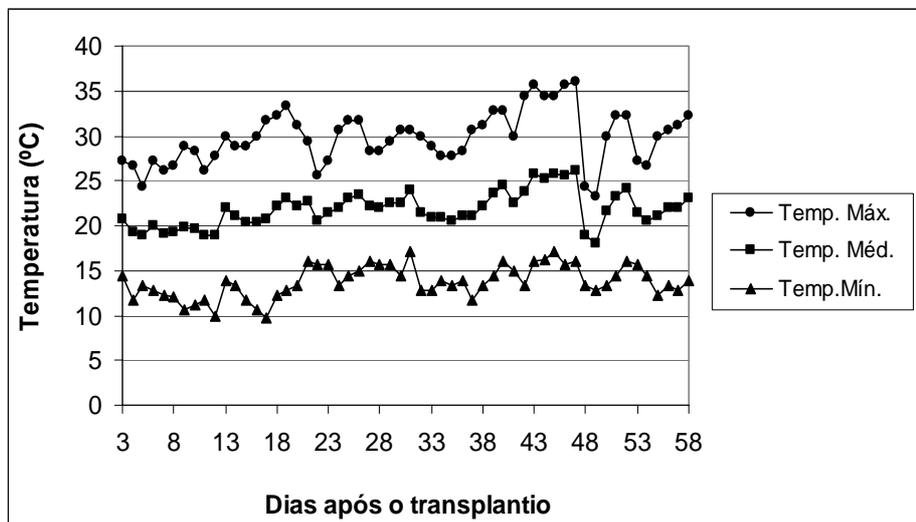


FIGURA 5 Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) mínima, média e máxima do ar ocorrida no interior da casa de vegetação. UFLA, Lavras, MG, 2007.

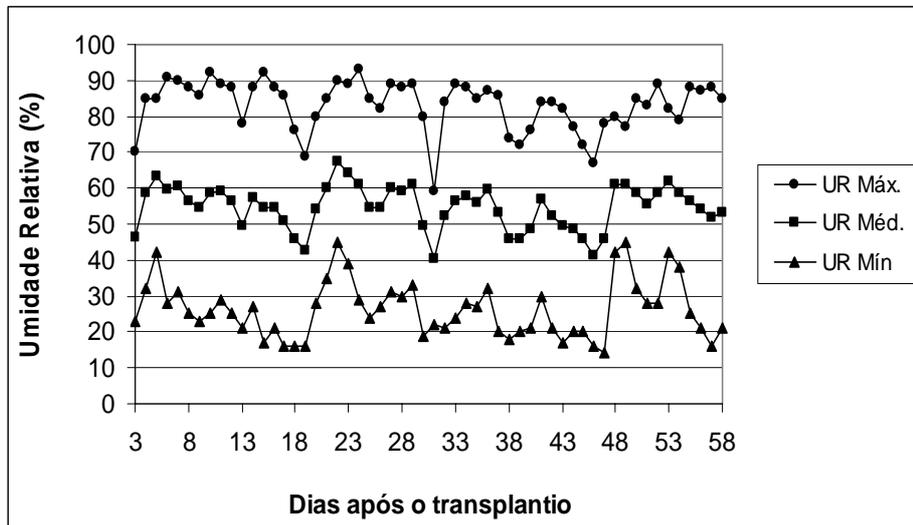


FIGURA 6 Umidade relativa (%) mínima, média e máxima ocorrida no interior da casa de vegetação. UFLA, Lavras, MG, 2007

4.1.2 Avaliação do sistema de irrigação

Como os gotejadores tinham uma faixa de compensação de vazão compreendida entre as pressões de 6 a 41 mca, procurou-se manter a pressão de funcionamento no final das linhas laterais próxima a 18 mca, por meio de uma válvula reguladora de pressão instalada no cabeçal de controle.

As parcelas correspondentes aos tratamentos de 12 e 35 kPa foram submetidas ao teste de uniformidade de vazão. A vazão média dos gotejadores foi de $1,73\text{L}\cdot\text{h}^{-1}$, um pouco acima do valor indicado pelo fabricante ($1,6\text{L}\cdot\text{h}^{-1}$).

O coeficiente de uniformidade de distribuição de água encontrado foi de 98,13%, significando que a água foi uniformemente distribuída nas parcelas em qualquer nível de irrigação, não se constituindo em uma fonte de variação adicional no ensaio.

Calculou-se também o coeficiente de variação total de vazão (CVt), que foi de 0,0184, indicando uma excelente uniformidade de vazão nos tratamentos. O CVt é um dos parâmetros usados para diagnosticar problemas de uniformidade em campo (Cabello, 1996).

4.1.3 Tensões e lâminas aplicadas

As lâminas de água aplicadas anteriormente (Inic.) e após o início da diferenciação dos tratamentos (Irrig.), bem como os totais de água fornecidos para a cultura (Total) e o número de irrigações computadas desde a diferenciação dos tratamentos (NI) são apresentados na Tabela 2.

TABELA 2 Tensões de água no solo estabelecidas, lâminas de água aplicadas antes da diferenciação dos tratamentos (Inicial), lâminas aplicadas após diferenciação dos tratamentos (Irrigação), lâmina total aplicadas nos tratamentos (Total) e número de irrigações (NI).UFLA, Lavras, MG, 2007.

Tensão (kPa)	Lâmina (mm)			NI
	Inicial	Irrigação	Total	
12	15	152,25	167,25	35
25	15	131,60	146,60	7
35	15	119,25	134,25	5
45	15	108,52	123,52	4
70	15	96,09	111,09	3

Nota-se que, diferentemente do observado por Santos (2002), que obteve a maior lâmina de água aplicada em um tratamento intermediário (45kPa), sendo que seus tratamentos variavam de 15 a 90 kPa, as lâminas totais aplicadas no presente trabalho seguiram um padrão decrescente em relação às tensões de água no solo estabelecidas. Ou seja, as maiores lâminas foram

observadas nos tratamentos com menores tensões, comportando-se de maneira análoga a Sá (2004); Marouelli et al. (2003); Oliveira et al. (1999); Guerra (1995) e Stone et al. (1988).

As quantidades de água aplicadas em cada irrigação realizada foram diferentes, sendo menores nos tratamentos com tensões mais baixas. Assim, os tratamentos com menores tensões, apresentaram uma maior frequência de irrigação ao longo do ciclo da cultura e o sistema de irrigação foi acionado mais vezes, porém permanecendo ligado por menos tempo, como pôde ser observado no número de irrigações (NI).

Nas Figuras 7 e 8 estão representadas as tensões médias registradas pelos tensiômetros instalados, tanto na profundidade de 12,5 cm quanto os instalados na profundidade de 25 cm para a tomada de decisão. Os valores das tensões que geraram estas figuras podem ser observados nas Tabelas 1A e 2A.

Nessas figuras pode-se visualizar o número de irrigações realizadas. Quanto menor a tensão para que fossem reiniciadas as irrigações, por exemplo, 12 e 25 kPa, mais frequentes foram as mesmas e menores foram os “picos”, sendo a tensão da água no solo mantida dentro de uma faixa mais estreita e, conseqüentemente, a umidade do solo permaneceu próxima à capacidade de campo, ao longo de todo o ciclo da cultura.

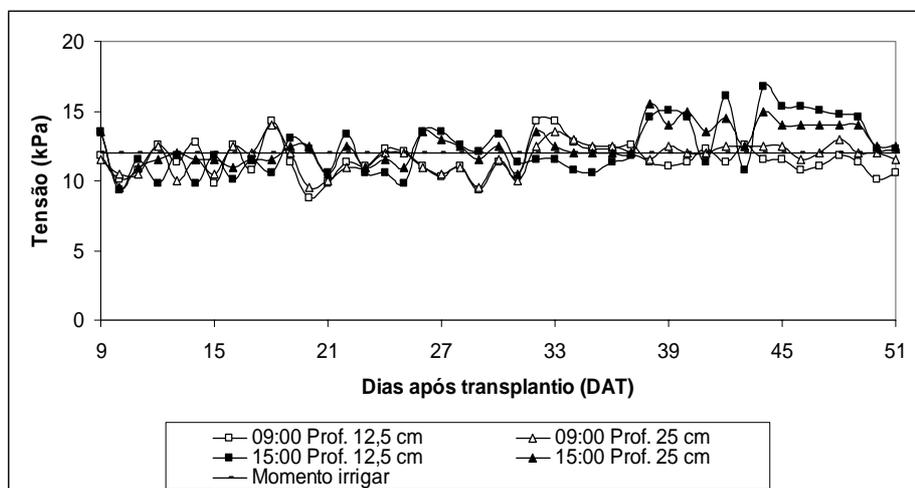


FIGURA 7 Variação das tensões da água no solo no tratamento 12 kPa, em dois horários de leituras, para duas profundidades ao longo do ciclo da alface americana. UFLA, Lavras, MG, 2007.

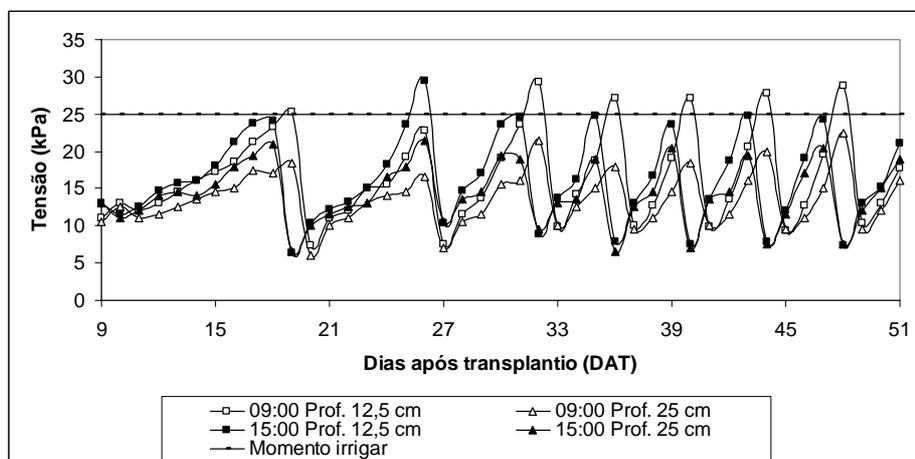


FIGURA 8 Variação das tensões da água no solo no tratamento 25 kPa, em dois horários de leituras, para duas profundidades ao longo do ciclo da alface americana. UFLA, Lavras, MG, 2007.

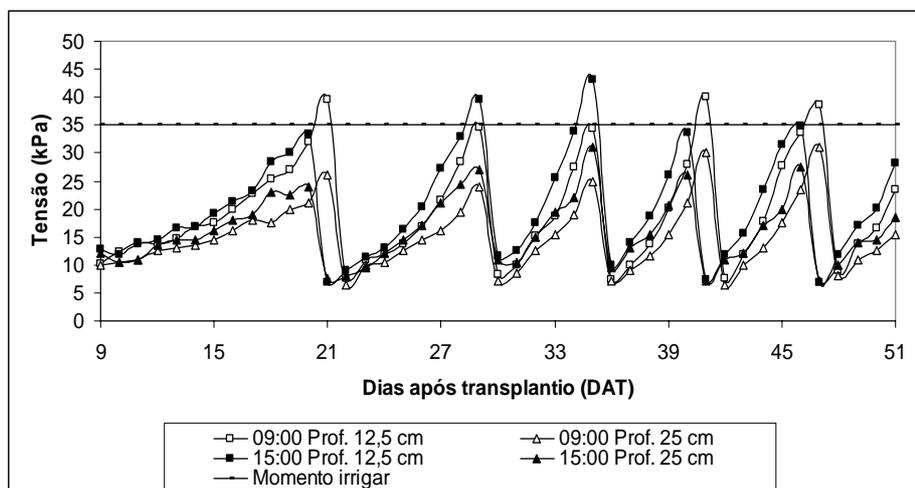


FIGURA 9 Variação das tensões da água no solo no tratamento 35 kPa, em dois horários de leituras, para duas profundidades ao longo do ciclo da alface americana. UFLA, Lavras, MG, 2007.

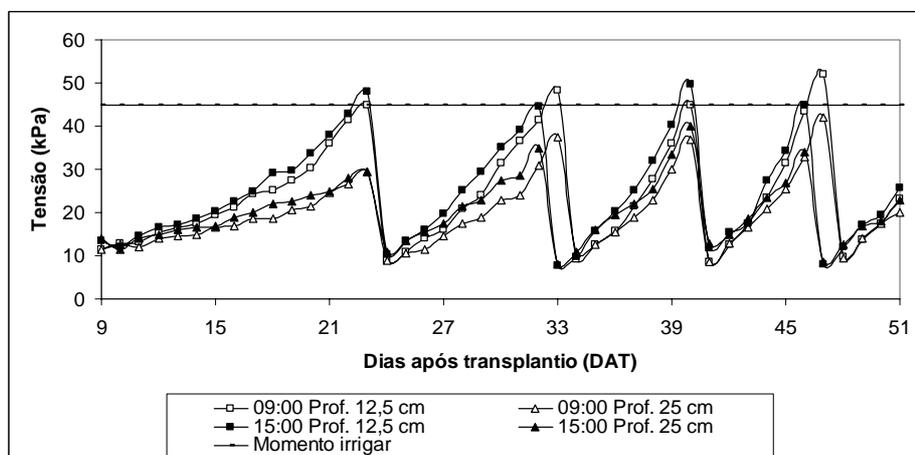


FIGURA 10 Variação das tensões da água no solo no tratamento 45 kPa, em dois horários de leituras, para duas profundidades ao longo do ciclo da alface americana. UFLA, Lavras, MG, 2007.

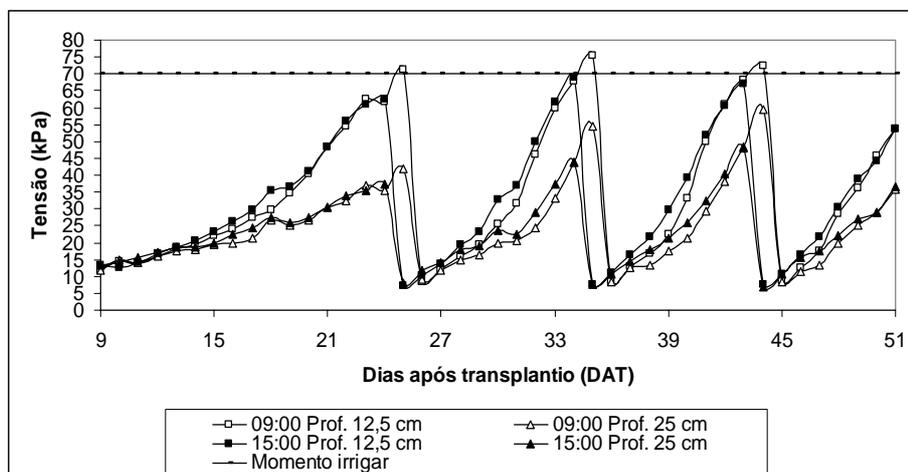


FIGURA 11 Variação das tensões da água no solo no tratamento 70 kPa, em dois horários de leituras, para duas profundidades ao longo do ciclo da alface americana. UFLA, Lavras, MG, 2007.

4.2 Avaliação da altura de plantas

Pelo resultado da análise de variância (Tabela 3) verifica-se que as diferentes tensões de água no solo exercem influência na altura das plantas de alface americana. Para esta variável, o DBC, a 5% de probabilidade, não se mostrou eficiente, não justificando, portanto, o controle local, ou seja, o delineamento neste caso poderia ser o inteiramente casualizado. As variações ocorridas para a altura de plantas são explicadas por uma regressão linear simples com o nível de significância de 1%. O valor da altura média das cabeças de alface americana avaliadas foi 14,23 cm.

De acordo com a equação apresentada na Figura 12 verifica-se que o aumento da tensão da água no solo em uma unidade implica na redução de 0,0235 cm na altura das plantas de alface, para o intervalo estudado (12 a 70 kPa). Isto significa que, quanto mais próxima à tensão correspondente a capacidade de campo do solo estudado, mais altas serão as plantas de alface. Além disso,

pode-se observar que 84,63% das variações ocorridas na altura, em função das tensões, são explicadas pela regressão linear. Assim, a umidade no solo favoreceu de forma direta no desenvolvimento vegetativo dessa cultura.

Santos (2002) conclui que a absorção e o transporte de íons estão diretamente relacionados com o teor de umidade do solo, influenciando diretamente na produção e acúmulo de fotoassimilados. Em tensões mais altas a absorção principalmente do elemento nitrogênio é bastante reduzida, resultando em menor desenvolvimento da cultura e, conseqüentemente, menor altura de plantas.

Figuerêdo (1998), trabalhando com altura de plantas de feijoeiro na colheita, durante três anos consecutivos, observou um comportamento logarítmico da altura de plantas em função das tensões de água no solo.

Marouelli et al. (2003), em estudo realizado com tomateiro irrigado por gotejamento, submetido a diferentes tensões de água no solo, verificaram que estas plantas não tiveram o crescimento reduzido de forma significativa quando submetidas à deficiência hídrica.

TABELA 3 Resumo da análise de variância para a variável altura de plantas (AP), em função das tensões de água no solo. UFLA, Lavras, MG, 2007.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio (p-valor)
		AP (cm)
Tensões	4	1, 2527 (p=0, 0073) **
Bloco	3	0, 1012 (p=0, 7037) ^{ns}
Erro	12	0, 2120
CV (%)		3,26
¹ Pr < W		0, 2478

¹ – Teste de normalidade de Shapiro-Wilk.

** e* significativo a 1% e 5% de probabilidade pelo teste de F, respectivamente.

^{ns} não significativo.

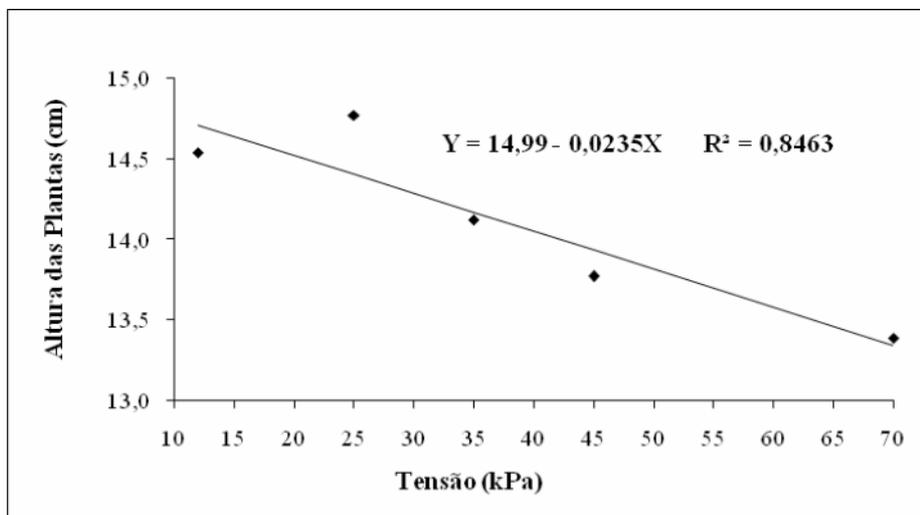


FIGURA 12 Valores médios, observados e estimados, da altura de plantas, em função das tensões de água no solo. UFLA, Lavras, MG, 2007.

4.3 Massa fresca total e comercial

As tensões de água no solo empregadas no experimento exerceram influência, a 5% de significância, pelo teste F, na quantidade de massa fresca da cabeça comercial e a 1% de significância, para os valores de massa fresca total (Tabela 4).

Para estas variáveis, o DBC, a 5% de probabilidade, não se mostrou eficiente, não justificando, portanto, o controle local, ou seja, o delineamento neste caso poderia ser o inteiramente casualizado.

De acordo com as equações apresentadas nas Figuras 13 e 14 verifica-se que o aumento da tensão da água no solo em uma unidade, implica na redução de 3,124 g na massa fresca da cabeça comercial e 3,481 g na massa fresca total da alface americana, para o intervalo estudado de 12 a 70 kPa.

TABELA 4 Análise de variância para as variáveis: massa fresca da cabeça comercial (MFCC) e massa fresca total (MFT), em gramas, em função das tensões de água no solo. UFLA, Lavras, MG, 2007.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio (p-valor)	
		MFCC	MFT
Tensões	4	19626,6855 (p=0,0115)*	25944,0157 (p=0,0035)**
Bloco	3	5745,0307 (p=0,2587) ^{ns}	11517,4768 (p=0,0633) ^{ns}
Erro	12	3769,4131	3624,3346
CV (%)		10,37	7,52
¹ Pr < W		0,8515	0,4933

¹ – Teste de normalidade de Shapiro-Wilk.

** e* significativo a 1% e 5% de probabilidade pelo teste de F, respectivamente.

^{ns} não significativo.

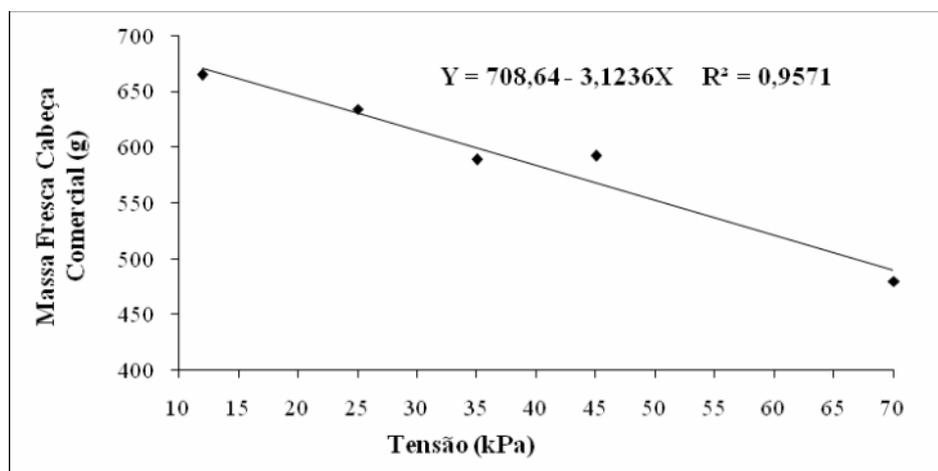


FIGURA 13 Valores médios, observados e estimados, de massa fresca da cabeça comercial de alface americana, em função das tensões de água no solo. UFLA, Lavras, MG, 2007.

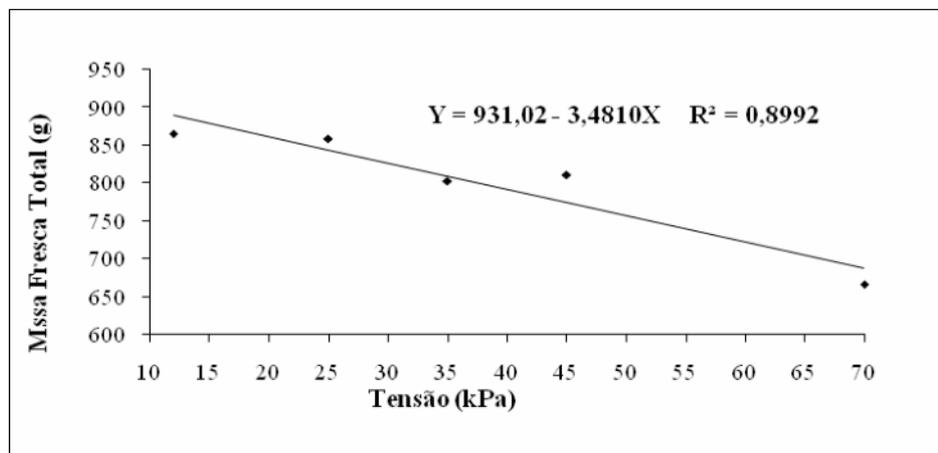


FIGURA 14 Valores médios, observados e estimados, de massa fresca total de alface americana, em função das tensões de água no solo. UFLA, Lavras, MG, 2007.

Nota-se que o valor médio máximo de massa fresca da cabeça comercial e também de massa fresca total são atingidos na tensão de 12 kPa, sendo estes valores iguais a 664,71 g e 865,66 g, respectivamente. A lâmina total de água aplicada nesse tratamento foi 167,25 mm.

Andrade Júnior (1994) obteve com a aplicação de 142,3 mm de água na cultivar de alface americana Mesa 659, sob cultivo protegido, o valor médio máximo de massa total por planta de 802 g. Santos (2002), conduzindo experimento em casa de vegetação e utilizando a *cv. Raider*, obteve o valor máximo de 661,72g de massa fresca da cabeça comercial, com a tensão de 15 kPa e lâmina de irrigação total de 152,7mm. Ressalta-se que, em nenhum dos trabalhos citados acima, se utilizou *mulching* nos canteiros.

Observa-se nas Figuras 13 e 14 que quanto mais baixos são os valores de tensão de água no solo mais pesadas serão as cabeças comerciais de alface americana (relação inversa). Ainda pode-se observar que, 95,71% das variações

ocorridas para o acúmulo de massa fresca da cabeça comercial e 89,92% das variações ocorridas para o acúmulo de massa fresca total em função das tensões aplicadas, são explicadas por uma regressão linear inversa.

Embora a tensão de 12 kPa resultasse em maior peso da cabeça comercial de alface observou-se, na ocasião da colheita, que nas folhas externas próximas da superfície dos canteiros e também em algumas folhas internas, ocorreram lesões provocadas por fungos e bactérias fitopatogênicas. Estas poderão vir a causar depreciação do produto, diminuindo seu valor de mercado e sua conservação pós-colheita, principalmente devido aos danos provocados pelas doenças, conforme pode ser observado nas Figuras 15 e 16.



FIGURA 15 Lesões provocadas pela presença de fungos e bactérias fitopatogênicas em plantas de alface americana, conduzidas sob tensão de 12kPa com uso de *mulching*. UFLA, Lavras, MG, 2007.



FIGURA 16 Canteiros com uso de *mulching*, cultivados com alface americana, sob tensões de água no solo de 12 (a) e 25 kPa (b). Nota-se a presença (a) e a ausência (b) de lesões causadas por fungos e bactérias nas plantas, nas respectivas imagens. UFLA, Lavras, MG, 2007.

Segundo Silva et al. (2001), as hortaliças folhosas de um modo geral são muito sensíveis ao acúmulo excessivo de umidade próximo a sua região basal.

O mesmo autor enfatiza que o excesso de umidade proporciona um microclima favorável ao desenvolvimento de fungos e bactérias e dificulta a tomada de decisão para o seu controle, pois normalmente as doenças se instalam na cultura, no final do seu ciclo, inviabilizando a aplicação de defensivos. Assim sendo, a melhor maneira de impedir a contaminação é o controle preventivo aliado a práticas de manejo adequado da umidade do solo, em conjunto com práticas culturais como: rotação de cultura, eliminação de restos culturais e adubação balanceada, que evitam a ocorrência de desordens fisiológicas do tipo “queima” dos bordos.

O valor médio de massa fresca da cabeça comercial da alface americana produzida na região Sul de Minas e apta para ser comercializada junto às grandes redes de *fast foods* é de aproximadamente 500 g (Yuri, 2008*). Desta

maneira, é mais interessante para o produtor de alface americana, que faz uso da técnica de cobertura do solo (*mulching*), manejar a irrigação com valores de tensão um pouco mais elevados, mesmo que o peso da cabeça comercial sofra pequena redução, porém obtendo-se um produto final de melhor qualidade, pois isto refletirá em maior tempo de conservação pós-colheita e melhores cotações para o preço de venda no mercado.

Assim sendo, em virtude das considerações feitas anteriormente e buscando um manejo adequado no fornecimento de água para a cultura, o mesmo deve ser feito quando as tensões de água no solo estiver em torno de 25 kPa, com o tensiômetro instalado a 12,5 cm de profundidade.

4.4 Número de folhas externas e internas

Pelo resultado da análise de variância (Tabela 5) verifica-se que as tensões de água no solo utilizadas no experimento não exerceram influência significativa a 1 e 5% pelo teste de F, no número de folhas externas e internas.

Para a variável número de folhas externas (NFE), o DBC a 5% de probabilidade não se mostrou eficiente, não justificando, o controle local, ou seja, o delineamento neste caso poderia ser o inteiramente casualizado. O mesmo não se pode concluir em relação à variável número de folhas internas (NFI), pois o DBC a 5% de probabilidade foi significativo mostrando que o delineamento utilizado para esta variável mostrou-se eficiente.

*Comunicação pessoal. YURI, J. E. 2008. Universidade Vale do Rio Verde, UNINCOR, Av. Castelo Branco, 82, Centro, 37410-000 Três Corações-MG.

4.4 Número de folhas externas e internas

Pelo resultado da análise de variância (Tabela 5) verifica-se que as tensões de água no solo utilizadas no experimento não exerceram influência significativa a 1 e 5% pelo teste de F, no número de folhas externas e internas.

Para a variável número de folhas externas (NFE), o DBC a 5% de probabilidade não se mostrou eficiente, não justificando, o controle local, ou seja, o delineamento neste caso poderia ser o inteiramente casualizado. O mesmo não se pode concluir em relação à variável número de folhas internas (NFI), pois o DBC a 5% de probabilidade foi significativo mostrando que o delineamento utilizado para esta variável mostrou-se eficiente.

Portanto, as variações ocorridas para estas variáveis em relação à tensão de água no solo não podem ser explicadas por uma regressão. Neste caso, optou-se em apresentar os valores das variáveis observadas em uma tabela, contendo os valores médios observados para cada tensão, juntamente com o erro padrão e o coeficiente de variação da média (Tabela 6).

Santos (2002) observou que a relação entre o número de folhas internas e a tensão de água no solo é inversa, ou seja, há uma tendência de diminuição do número de folhas com o aumento das tensões de água no solo. O mesmo autor observou em seu trabalho que o teor de matéria seca da cabeça comercial da alface americana aumenta linearmente com o aumento das tensões de água no solo, ou seja, quanto maior a tensão maior é o teor de matéria seca nas folhas e menor é a quantidade de água acumulada nas folhas.

Mota (1999) comenta que, se a cabeça da alface americana estiver compacta, o aumento no número das folhas internas é uma característica desejável para a indústria, pois favorece o tamanho da cabeça comercial, bem como o aumento de sua massa.

Silva (2005) concluiu que a relação entre o número de folhas externas e a lâmina de irrigação é inversamente proporcional, ou seja, há uma tendência de

diminuição do número de folhas externas com o aumento da lâmina, enquanto o número de folhas internas aumentou com o aumento da lâmina de água.

É bastante curioso o fato das variáveis descritas anteriormente não serem significativas, pois sabemos que o número de folhas internas é diretamente proporcional à massa fresca da cabeça comercial, ou seja, espera-se que quanto maior o número de folhas internas mais pesadas serão as cabeças comerciais.

TABELA 5 Análise de variância para as variáveis: número de folhas externas (NFE) e internas (NFI), em função das tensões de água no solo. UFLA, Lavras, MG, 2007.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio (p-valor)	
		NFE	NFI
Tensões	4	0,6273 (p=0,3577) ^{ns}	0,5323 (p=0,7009) ^{ns}
Bloco	3	0,3723 (p=0,5608) ^{ns}	4,4073 (p=0,0233) *
Erro	12	0,5195	0,9628
CV (%)		8,66	5,15
¹ Pr < W		0,4388	0,7134

¹ – Teste de normalidade de Shapiro-Wilk.

** e* significativo a 1% e 5% de probabilidade pelo teste de F, respectivamente.

^{ns} não significativo.

TABELA 6 Valores médios de número de folhas externas (NFE) e internas (NFI), em função das tensões de água no solo. UFLA, Lavras, MG, 2007.

Tensões (kPa)	NFE	NFI
12	7,71	19,41
25	8,71	19,17
35	8,17	19,20
45	8,54	18,96
70	8,50	18,45
Erro-padrão da média	0,36	0,49
CV (%)	8,66	5,15

Entretanto, quando trabalhamos com tensões mais baixas, as irrigações são mais freqüentes e o solo é mantido mais próximo da capacidade de campo, facilitando a absorção de água pelas raízes, propiciando o pleno desenvolvimento da cultura e um maior teor de água nas folhas da alface americana, tornando-a mais tenra, volumosa e pesada, pois haverá um maior acúmulo de água em suas células.

Sendo assim, mesmo que as tensões de água no solo utilizadas no experimento não exerçam influência significativa no número de folhas externas e internas, são bastante evidentes os motivos que provam a significância das diferentes tensões de água no solo, na quantidade de massa fresca total e da cabeça comercial da alface americana.

4.5 Massa fresca do talo e circunferência da cabeça comercial

As tensões de água no solo empregadas no experimento exerceram influência significativa a 1%, pelo teste F, na circunferência da cabeça comercial da cultivar estudada, não acontecendo o mesmo para a variável massa fresca do talo, conforme pode ser observado na Tabela 7.

Para as variáveis citadas anteriormente, o DBC, a 5% de probabilidade, não se mostrou eficiente, não justificando, portanto, o controle local, ou seja, o delineamento neste caso poderia ser o inteiramente casualizado.

Portanto, as variações ocorridas para a variável massa fresca do talo, em relação à tensão de água no solo, não podem ser explicadas por uma regressão. Neste caso, optou-se em apresentar os valores da variável analisada em uma tabela contendo todos os valores médios observados para cada tensão, juntamente com o erro padrão e o coeficiente de variação da média (Tabela 8).

Existe uma relação entre o diâmetro do caule da alface e o peso comercial, como também entre o diâmetro do caule e o número de folhas internas (Bueno, 1998; Mota, 1999). Sendo assim, esta variável pode ser usada para explicar variações que porventura possam vir a ocorrer no peso comercial das plantas.

Santos (2002) observou em seu trabalho que o diâmetro do caule das plantas de alface americana foi influenciado de forma linear e inversa pelas diferentes tensões de água no solo. Para cada unidade de aumento na tensão houve redução de 0,0799 mm no diâmetro do caule com $R^2 = 0,9734$, sendo as tensões mais próximas à capacidade de campo as que proporcionaram maiores diâmetros.

Trata-se de uma característica importante, principalmente quando a alface americana é destinada à indústria de *fast food*, pois o talo é retirado manualmente para posterior fatiamento da cabeça da alface. Quanto maior e mais pesado for este caule ou talo, como é normalmente chamado, maior será o

tempo para a sua retirada e, conseqüentemente, menor será o rendimento da massa fresca da cabeça comercial, após o processamento (Yuri et al., 2002; Resende et al., 2003).

De acordo com a equação apresentada na Figura 17, verifica-se que o aumento da tensão da água no solo em uma unidade implica na redução de 0,083 cm na circunferência da cabeça comercial, da cultivar de alface americana estudada no intervalo de 12 a 70 kPa.

Nota-se que o valor médio máximo da circunferência da cabeça comercial é atingido na tensão de 12 kPa, sendo este valor igual a 52,87 cm. A lâmina total de irrigação aplicada nesse tratamento foi 167,25 mm.

A circunferência da cabeça comercial é uma importante característica para a cultura da alface americana, principalmente quando se refere à preferência do consumidor para a aquisição do produto (Bueno, 1998).

TABELA 7 Análise de variância para as variáveis: massa fresca de talo (MFTa), em gramas, e circunferência da cabeça comercial (CCC), em centímetros, em função das tensões de água no solo. UFLA, Lavras, MG, 2007.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio (p-valor)	
		MFTa	CCC
Tensões	4	76,5019 (p=0,3790) ^{ns}	18,8297 (p=0,0042) **
Bloco	3	143,3644 (p=0,1459) ^{ns}	3,2403 (p=0,3596) ^{ns}
Erro	12	66,3796	2,7546
CV (%)		16,14	3,27
¹ Pr < W		0,5566	0,9917

1 – Teste de normalidade de Shapiro-Wilk.

** e* significativo a 1% e 5% de probabilidade pelo teste de F, respectivamente.

^{ns} não significativo.

TABELA 8 Valores médios de massa fresca de talos (MFTa), em gramas, em função das tensões de água no solo. UFLA, Lavras, MG, 2007.

Tensões (kPa)	MFTa
12	56,33
25	51,46
35	50,62
45	49,92
70	44,08
Erro-padrão da média	4,07
CV (%)	16,14

Além de estar diretamente relacionada com o peso da cabeça comercial, esta característica influencia diretamente no beneficiamento, uma vez que cabeças muito pequenas diminuem o rendimento dos operadores no processamento e aumentam o material de descarte (Yuri 2000).

Sobre esse aspecto, Santos (2002) comenta em seu estudo que a tensão de água no solo de 27,64 kPa proporcionou a máxima circunferência da cabeça comercial da cultivar de alface americana *Raider*, sendo 59,7cm o valor encontrado. Esta tensão foi superior àquela que propiciou maior peso da cabeça comercial (15 kPa). Mesmo assim, a correlação encontrada entre estas duas variáveis foi positiva, estando estas informações de acordo com a afirmação feita por Yuri (2000).

Silva (2005) em trabalho conduzido em Lavras, MG, usando a cultivar *Raider* em condições de ambiente protegido, concluiu que o valor máximo da circunferência da cabeça comercial obtido neste foi de 44,94 cm, com uma lâmina total de água de 170,81 mm.

Yuri (2000) obteve 46,6 e 49,1cm como sendo as circunferências médias da cabeça comercial da cultivar *Raider* em dois locais do sul de Minas

(Santo Antônio do Amparo e Boa Esperança), cultivadas em campo, a céu aberto, no período compreendido entre os meses de março e maio.

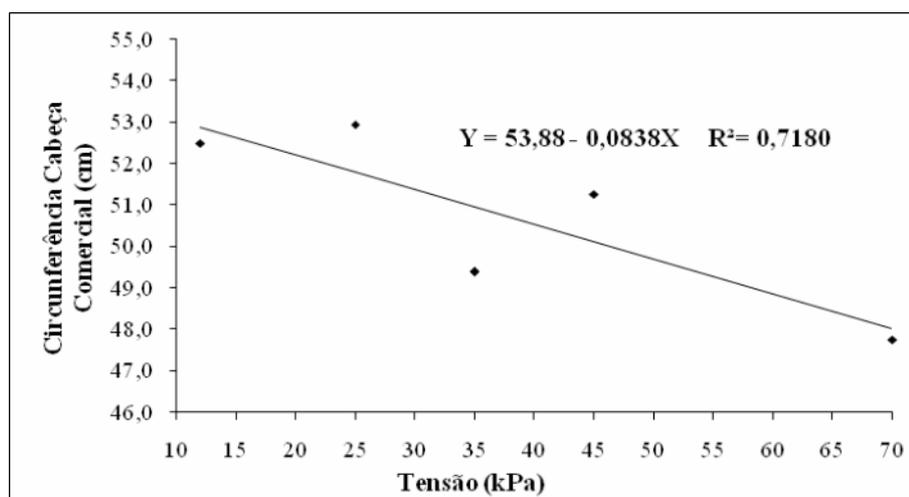


FIGURA 17 Valores médios, observados e estimados, da circunferência da cabeça comercial, em centímetros, em função das tensões de água no solo. UFLA, Lavras, MG, 2007.

4.6 Produtividade total e comercial

As tensões de água no solo empregadas no experimento exerceram influência, significativa a 1% pelo teste F na variável produtividade da cabeça comercial e a 5% de significância, para os valores de produtividade total (Tabela 9).

Para estas variáveis, o DBC, a 5% de probabilidade, não se mostrou eficiente, não justificando, portanto, o controle local, ou seja, o delineamento neste caso poderia ser o inteiramente casualizado.

De acordo com as equações apresentadas nas Figuras 18 e 19, verifica-se que o aumento da tensão da água no solo em uma unidade, implica na redução de $0,2584 \text{ t.ha}^{-1}$ na produtividade total e $0,2331 \text{ t.ha}^{-1}$ na produtividade da cabeça comercial da alface americana para o intervalo estudado (12 a 70 kPa). Ainda pode-se observar que, 88,72% das variações ocorridas para a produtividade total e 95,71% das variações ocorridas para a produtividade da cabeça comercial, em função das tensões aplicadas, são explicadas por uma regressão linear inversa.

Nota-se que o valor máximo de produtividade total e da cabeça comercial são atingidos na tensão de 12 kPa, sendo estes valores iguais a 64,57 e $49,59 \text{ t/ha}^{-1}$, respectivamente. A lâmina total de água de irrigação aplicada nesse tratamento foi 167,25 mm.

Observa-se claramente que o comportamento da produtividade da cabeça comercial é semelhante ao apresentado pela massa fresca comercial, isto é, diminui linearmente com o aumento da tensão. Este fator não poderia ser diferente, uma vez que, no caso da produtividade da cabeça comercial, esta se caracteriza pela relação entre a massa fresca comercial e a área ocupada pela cultura.

TABELA 9 Análise de variância para as variáveis: produtividade total (PT) e da cabeça comercial (PCC), em toneladas por hectare, em função das tensões de água no solo. UFLA, Lavras, MG, 2007.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio (p-valor)	
		PT	PCC
Tensões	4	144,8680 (p=0,0041) **	109,2665 (p=0,0115) *
Bloco	3	50,8458 (p=0,1174) ^{ns}	31,9649 (p=0,2590) ^{ns}
Erro	12	21,0660	20,9882
CV (%)		7,70	10,38
¹ Pr < W		0,6905	0,8517

1 – Teste de normalidade de Shapiro-Wilk.

** e* significativo a 1% e 5% de probabilidade pelo teste de F, respectivamente.

^{ns} não significativo.

Andrade Júnior (1994) concluiu, de forma indireta, que a faixa de tensões de 20,46 kPa a 38,22 kPa ao longo do ciclo da alface é a que proporcionou maior produtividade.

Silva & Marouelli (1998) e Carrijo et al. (1999) observaram que as tensões entre 10 e 30 kPa para o cultivo de hortaliças em ambiente protegido são as mais indicadas para o manejo racional da irrigação e, conseqüentemente, obter bons resultados em relação à produtividade.

Santos (2002) encontrou, para produtividade total e comercial, valores máximos de 71,18 e 49,38 t.ha⁻¹, irrigando-se quando a tensão de água no solo, a 15 cm de profundidade, estava em torno de 15 kPa. A lâmina total de irrigação fornecida foi de 152,7 mm

Os resultados de produtividade total e comercial obtidos por este trabalho assemelham-se bastante com os obtidos pelos autores citados acima. Ressaltando-se novamente que em nenhum dos trabalhos citados anteriormente utilizou cobertura plástica nos canteiros. As mesmas considerações feitas, quando da discussão da variável massa fresca comercial, no aspecto da maior

incidência de doenças ter ocorrido no tratamento de 12kPa, também se aplicam para estas variáveis.

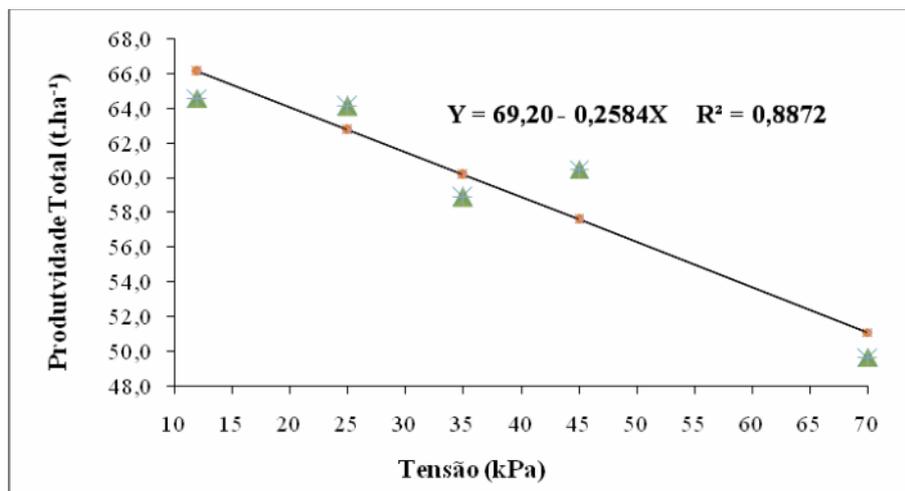


FIGURA 18 Valores médios, observados e estimados, da produtividade total, em toneladas por hectare, em função das tensões de água no solo. UFLA, Lavras, MG, 2007.

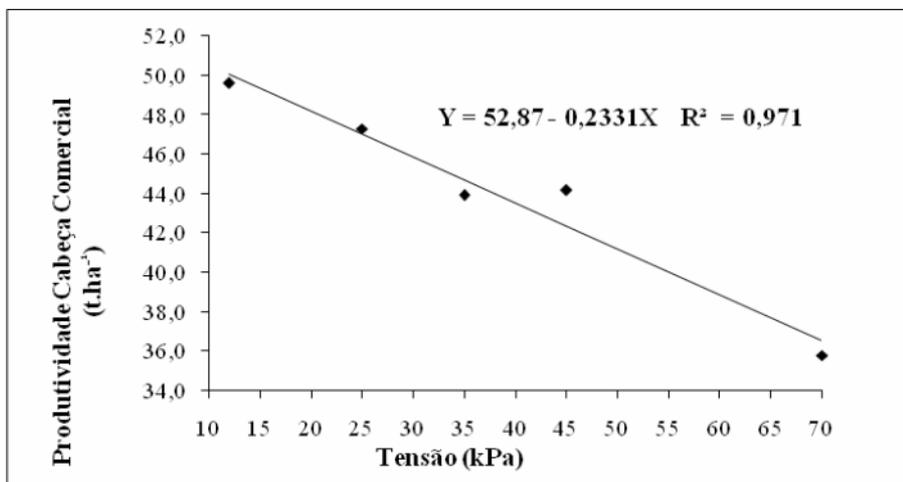


FIGURA 19 Valores médios, observados e estimados, da produtividade da cabeça comercial, em toneladas por hectare, em função das tensões de água no solo. UFLA, Lavras, MG, 2007.

4.7 Eficiência no uso da água (EUA)

Como qualquer olerícola, o cultivo da alface americana para fins comerciais caracteriza-se pelo uso intensivo de água e fertilizantes, uma vez que os aportes de água e nutrientes são componentes fundamentais para a obtenção de elevadas produtividades.

Dessa forma, o consumo de água pela cultura é um fator extremamente importante no planejamento da irrigação, principalmente quando levadas em consideração regiões em que a disponibilidade deste recurso é um fator limitante (Santos 2002).

É importante saber se a água aplicada está sendo utilizada pela planta, caso contrário, o fornecimento exagerado e desnecessário de água estará somente aumentando os custos da produção (Marques, 2003).

Pelo resultado da análise de variância (Tabela 10) verifica-se que as diferentes tensões de água no solo exercem influência significativa na eficiência

no uso da água (EUA), na cultivar de alface americana *Raider Plus*. Para esta variável, o DBC, a 5% de probabilidade não se mostrou eficiente, não justificando, portanto, o controle local, ou seja, o delineamento neste caso poderia ser o inteiramente casualizado. As variações ocorridas para a variável EUA são explicadas por uma regressão quadrática com o nível de significância de 5%.

Ainda pode-se observar pela Figura 20 que 85,93% das variações ocorridas na eficiência no uso da água (EUA), em função das tensões para o intervalo estudado (12 a 70 kPa), são explicadas pela regressão quadrática.

A mínima EUA 383,71 kg.ha⁻¹.mm⁻¹ foi obtida com a tensão de 12 kPa e a máxima 473,44 kg.ha⁻¹.mm⁻¹ com tensão de 50,3 kPa.

Andrade Júnior (1994) obteve uma função linear decrescente entre níveis de água aplicados com base em tanque Classe A e eficiência no uso da água para a alface americana, mostrando que os tratamentos com maior lâmina aplicada tenderam a apresentar menor EUA. Os resultados apresentados por este autor são semelhantes aos aqui obtidos, ao se considerar as lâminas aplicadas por tratamento.

Sá (2004) trabalhando com tensões de água no solo em ambiente protegido, cultivado com tomate, observou que a EUA apresentou resposta linear crescente, com o aumento dos valores de tensão.

TABELA 10 Análise de variância para a variável eficiência no uso da água (EUA), em quilograma por hectare por milímetro, em função das tensões de água no solo. UFLA, Lavras, MG, 2007.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio (p-valor)
		EUA
Tensões	4	5433,0718 (p=0,0268) *
Bloco	3	2926,9009 (p=0,1444) ^{ns}
Erro	12	1347,9046
CV (%)		8,35
¹ Pr < W		0,6705

1 – Teste de normalidade de Shapiro-Wilk.

** e* significativo a 1% e 5% de probabilidade pelo teste de F, respectivamente.

^{ns} não significativo.

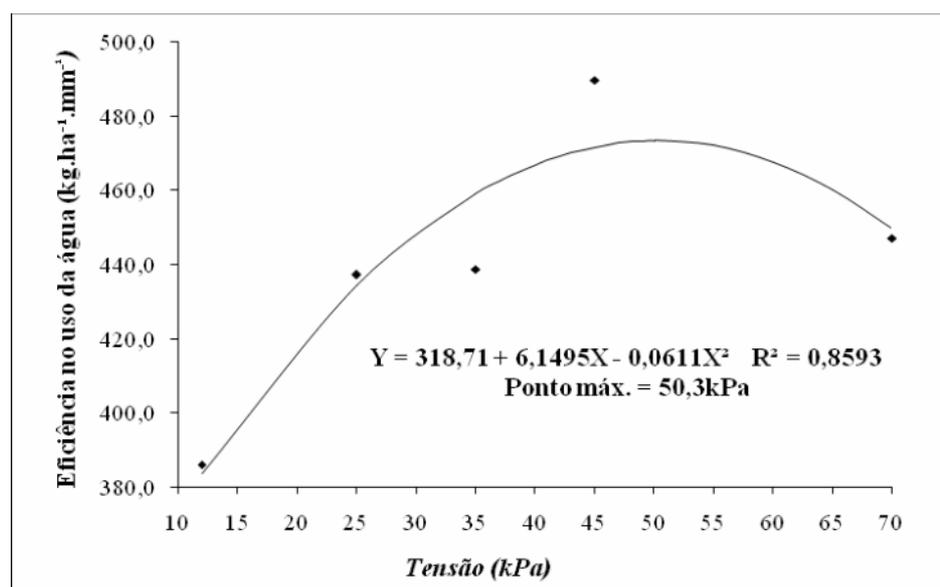


FIGURA 20 Valores médios, observados e estimados, da eficiência no uso da água, em quilogramas por hectare por milímetro, em função das tensões de água no solo. UFLA, Lavras, MG, 2007.

5 CONCLUSÕES

Diante das condições em que o experimento foi desenvolvido e dos resultados obtidos para a cultura da alface americana pode-se concluir que:

- Para a obtenção de valores comerciais de massa fresca total e comercial $844 \text{ g.planta}^{-1}$ e $631 \text{ g.planta}^{-1}$, respectivamente, associados à qualidade do produto (baixa incidência de doenças), as irrigações devem ser realizadas quando as tensões de água no solo estiverem em torno de 25 kPa, medida feita com o tensiômetro a 12,5 cm de profundidade;
- A produtividade da cultura reduziu-se linearmente em função do aumento da tensão da água no solo, no intervalo entre 12 e 70 kPa. O mesmo ocorreu com a altura de plantas, massa fresca da cabeça comercial e total e circunferência da cabeça comercial;
- O número de folhas internas e externas e a massa fresca do talo não foram afetados pelas tensões de água no solo entre 12 e 70 kPa;
- A eficiência no uso da água apresentou resposta quadrática aos tratamentos, sendo que o valor máximo de $473,44 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{mm}^{-1}$ foi obtido com a tensão de 50,3 kPa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRIANUAL 2005. Anuário da Agricultura Brasileira: alface. São Paulo: FNP, 2005. p. 178.

AGRIANUAL 2008 - Anuário da Agricultura Brasileira: alface. São Paulo: FNP, 2008. p. 345.

ALVARENGA, M. A. R. **Crescimento, teor e acúmulo de nutrientes em alface americana (*Lactuca sativa* L.) sob doses de Nitrogênio aplicadas no solo e de níveis de Cálcio aplicado via foliar.** 1999. 117p. Dissertação (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

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

ANTUNES, F. Z. Caracterização climática do cerrado em Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.6, n.612, p.52-63, jan. 1980.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Normais climatológicas 1965-1990.** Brasília, 1992.

BUENO, C. R.. **Adubação nitrogenada em cobertura via fertirrigação por gotejamento para a alface americana em ambiente protegido.** 1998. 54 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

CABELLO, F. P. **Riegos localizados de alta frecuencia (RLAF) goteo, micro aspersión, exudación.** 3.ed. Madrid: Mundi-Prensa, 1996. 511 p.

CARRIJO, O. A.; MAROUELLI, W. A.; SILVA, H. R. da. Manejo da água na produção de hortaliças em cultivo protegido. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.20, n.200/201, p.45-51, set./dez. 1999.

CARVALHO, L. G. de; SAMPAIO, S. C.; SILVA, A. M. da. Determinação da umidade na capacidade de campo *in situ* de um Latossolo Roxo Distrófico. **Engenharia Rural**, Piracicaba, v.7, n.1, p.1-97, dez. 1996.

CERMEÑO, Z.S. **Invernaderos: Instalação y Manejo**. Espanha: Litexa, 1990. 353p.

COELHO, A. F. S. **Qualidade de alface americana (*Lactuca sativa* L.) minimamente processada**. 2001. 104 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

CONTI, J. H. **Caracterização de cultivares de alface (*Lactuca sativa* L.) adaptadas aos cultivos de inverno e verão**. 1994. 107p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade de São Paulo. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, MG.

COSTA, C. C. da. **Estudo da susceptibilidade de tubos gotejadores ao entupimento por precipitados químicos de Ferro**. 2000. 85 p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

DOURADO NETO, D.; NIELSEN, D. R.; HOPANS, J. W.; PARLANGE, M. B. **Programa SWRC** (Version 1.00): soil-water retention curve. Piracicaba: ESALQ/Davis: University of Califórnia, 1995. Software.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412p.

EVANGELISTA, A. W. P. **Avaliação de métodos de determinação da evapotranspiração, no interior de casa de vegetação, em Lavras-MG**. 1999. 79p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

FERNANDES, H. S.; MARTINS, R. S. Cultivo de alface em ambiente protegido. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.20, n.200/201, p.56-63, set./dez. 1999.

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

FILGUEIRA, F. A. R. **novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa, MG: UFV, 2000. 402 p.

FONTES, P. C. R. **Olericultura: teoria e prática**. Viçosa, MG; UFV, 2005. 486p.

GENUCHTEN, M. T. van. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v.50, p.288-291, 1980.

GOMES, L. A. A.; SILVA, E. C. da; FAQUIN, V. Recomendações de adubação para cultivos em ambiente protegido. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais (5ª aproximação)**. Viçosa, MG: UFV, 1999. p.99-110.

GONÇALVES, A. O. **Efeitos da cobertura do solo com filme de polietileno colorido no crescimento e no consumo de água da cultura da alface (*Lactuca sativa*, L.) cultivada em estufa**. 2002. 62 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola. Água e Solo) Universidade de Campinas, Campinas, SP.

GOTO, R. Plasticultura nos trópicos: uma avaliação técnico-econômica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 37., 1997, Manaus. **Anais...** Manaus, AM: SOB, 1997, p.163-165.

GUERRA, A. F. Tensão de água no solo: efeito sobre a produtividade e qualidade dos grãos de cevada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.30, n.2, p.245-254, fev. 1995.

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

KATAYAMA, M. Nutrição e adubação da alface, chicória e almeirão. In: FERREIRA, M. E.; CASTELLANE, P. D.; CRUZ, M. C. P. da. (Ed.). **Nutrição e adubação de hortaliças**. Piracicaba: POTAFOS, 1993. p.141-148.

MALUF, W.R. **Produção de hortaliças I**. Lavras: UFLA. Departamento de Agricultura, 1996. 58p.

MALUF, W. R. **Produção de hortaliças I**. Lavras: UFLA. Departamento de Agricultura, 2001. 70p. Apostila.

MAROUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C.; MORETTI, C. L. Resposta do tomateiro para processamento a tensões de água no solo, sob irrigação por gotejamento. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.23, n.1, p.1-8, jan./abr. 2003.

MAROUELLI, W. A.; SILVA, W. L. de C. E.; SILVA, H. R. da. **Manejo da irrigação em hortaliças**. 5.ed. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1996. 72p.

MARQUES, D. C. **Produção da berinjela (*Solanum melongena* L.) irrigada com diferentes lâminas e concentrações de sais na água**. 2003. 55p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

MOTA, J. H. **Efeito do Cloreto de Potássio via fertirrigação na produção de alface americana em cultivo protegido**. 1999. 46 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

OLIVEIRA, F. A.; CAMPOS, T. G. da; SILVA; OLIVEIRA, B. C. Efeito de tensões de água no solo sobre o rendimento do algodoeiro herbáceo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.10, p.1905-1911, out. 1999.

OLIVEIRA, M. R. V. O emprego de casas de vegetação no Brasil: vantagens e desvantagens. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.30, n.8, p. 1049-1060, ago. 1995.

PERES, J. G. **Determinação das necessidades de água dos cultivos protegidos**: relatório FAPESP. Araras: FAPESP, 1999.

PINTO, J. P. **Efeito de tipos de coberturas de polietileno preto na evapotranspiração e na produção da cultura de alface**. 1997. 55f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

QUEIROZ, T. M. de.; CARVALHO, J. de A.; SANTANA, M. J. de.; LEDO, C. A. da S. Resposta da alface americana (*Lactuca sativa* L.) irrigada sob diferentes níveis de umidade no solo. In: CONGRESSO DE PÓS-GRADUAÇÃO DA UFLA, 10., 2001, Lavras. **Anais...** Lavras, MG: Associação de Pós-Graduandos, 2001. CD-ROM.

REICHARDT, K. Evaporação da água. In: _____. **Processos de transferência no sistema solo- planta-atmosfera**. 4.ed. Campinas: Fundação Cargill, 1985. p.323-324.

RESENDE, G. M. de; YURI, J. E.; MOTA, J. H.; SOUZA, R.J. de; FREITAS, S. A. C. de ; RODRIGUES JÚNIOR, J. C. Efeito de tipos de bandejas e idade de transplante de mudas sobre o desenvolvimento e produtividade de alface americana. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.21, n.3, p.562-567, nov. 2003.

SÁ, N.S.A. **Cultivo do tomateiro (*Lycopersicon esculentum Mill.*) em ambiente protegido sob diferentes tensões de água no solo**. 2004. 71p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

SAS INSTITUTE. **SAS Procedures guide for computers**. 6.ed. Cary, NC, 1999. v.3, 373p.

SAMPAIO, R. A; ARAÚJO, W. F. Importância da cobertura plástica sobre o cultivo de hortaliças. **Agropecuária Técnica**, Areia, PB, v.22, n.1/2, p.1-12, 2001.

SANTOS, S.R. **Alface americana cultivada em ambiente protegido sob diferentes tensões de água no solo**. 2002. 79p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

SCATOLINI, M. E. **Estimativa da evapotranspiração da cultura do crisântemo em estufa a partir de elementos meteorológicos**. 1996. 71 p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, SP.

SCHNEIDER, F.M.; STRECK, N. A.; BURIOL, A.G. Modificações físicas causadas pela solarização do solo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.1, n.1, p.124-138, 1993.

SEGOVIA, J. F. O.; ANDRIOLO, J. L.; BURIOL, G. A.; SCHNEIDER, F. M. 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.

SGARBIERI, V.C. **Alimentação e nutrição**: fator de saúde e desenvolvimento. Campinas, UNICAMP, 1987. 387p.

SGANZERLA, E. **Nova agricultura**: a fascinante arte de cultivar com os plásticos. 5.ed. Guaíba: Agropecuária, 1995. 342p.

- SILVA, L. H. C. P.; CAMPOS, J. R.; NOJOSA, G. B. A. (Ed.). **Manejo integrado de doenças e pragas em hortaliças**. Lavras, MG: UFLA, 2001. 345p.
- SILVA, P.A.M. **Análise técnica e econômica da aplicação de água e nitrogênio na cultura da alface americana**. 2005. 93p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.
- SILVA, W. L. C.; MAROUELLI, W. A. Manejo da irrigação em hortaliças no campo e em ambientes protegidos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27., 1998, Poços de Caldas. **Anais...** Poços de Caldas, MG: UFLA/SBEA, 1998. p.311-348.
- SOUSA, L. M. A. de; GRASSI FILHO, H. Avaliação da fertirrigação potássica na produção e qualidade da alface (*Lactuca sativa* L.) americana em estufa. **Irriga**, Botucatu, v.6, n.1, p.12-18, 2001.
- SOUSA, V. F.; COELHO, E. F.; ANDRADE JUNIOR, 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.
- STONE, L. F.; MOREIRA, J. A.; SILVA, S. C. da. Efeitos da tensão da água do solo sobre a produtividade e crescimento do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.23, n.2, p.161-167, fev. 1988.
- YURI, J. E. **Avaliação de cultivares de alface americana em duas épocas de plantio em dois locais do Sul de Minas Gerais**. 2000. 51p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- YURI, J. E.; SOUZA, R. J. de; FREITAS, S. A. C. de; RODRIGUES JÚNIOR, J. C.; MOTA, J. H. Comportamento de cultivares de alface tipo americana em Boa esperança. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 2, p. 229-232, jun.2002a.
- YURI, J.E.; MOTA, J.H.; SOUZA, R.J.; RESENDE, G.M.; FREITAS, S.A.C.; RODRÍGUEZ JÚNIOR, J.C. **Alface americana – Cultivo comercial**. Lavras: UFLA, 2002b. 51p. (Textos Acadêmicos. Olericultura).
- VECCHIA, P. T. D.; KOCH, P. S. História e perspectivas da produção de hortaliças em ambiente protegido no Brasil. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.20, n.200/201, p.5-10, set./dez. 1999.

ZAMBOLIM, L.; COSTA, H.; LOPES, C. A.; VALE, F. X. R. do. Doenças de hortaliças em cultivo protegido. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.20, n.200/201, p.114-125, set./dez. 1999.

ANEXOS

ANEXO A

		Página
TABELA 1A	Valores de tensão de água no solo observados em duas profundidades nos tratamentos 12, 25 e 35 (kPa) ao longo do ciclo da alface americana e lâminas de água aplicadas após a diferenciação dos tratamentos (LB). UFLA, Lavras, MG, 2007.....	71
TABELA 2A	Valores de tensão de água no solo observados em duas profundidades nos tratamentos 45 e 70 (kPa) ao longo do ciclo da alface americana e lâminas de água aplicadas após a diferenciação dos tratamentos (LB). UFLA, Lavras, MG, 2007.....	75

TABELA 1A Valores de tensão de água no solo observados em duas profundidades nos tratamentos 12, 25 e 35 (kPa) ao longo do ciclo da alface americana e lâminas de água aplicadas após a diferenciação dos tratamentos (LB). UFLA, Lavras, MG, 2007.

DAT	HORA	(12 kPa)			(25 kPa)			(35 kPa)			
		Prof. (cm)		LB (mm)	NI	Prof. (cm)		LB (mm)	NI	Prof. (cm)	
		12,5	25			12,5	25			12,5	25
9	09:00	11,8	11,5			11,1	10,5			10,3	10,0
	15:00	13,6	13,5	4,35	1	13,1	13,0			12,8	12,0
10	09:00	10,1	10,5			13,1	12,5			12,3	10,5
	15:00	9,3	9,5			11,6	11,0			11,8	10,5
11	09:00	10,8	10,5			12,1	11,0			14,1	11,0
	15:00	11,6	11,0			12,6	12,0			13,8	11,0
12	09:00	12,6	12,5	4,35	2	13,1	11,5			13,8	12,5
	15:00	9,8	11,5			14,8	14,0			14,6	13,5
13	09:00	11,3	10,0			14,6	12,5			14,8	13,0
	15:00	11,8	12,0			15,8	14,5			16,6	14,5
14	09:00	12,8	11,5	4,35	3	16,1	13,5			16,8	13,5
	15:00	9,8	11,5			16,1	14,0			16,8	14,5
15	09:00	9,8	10,5			17,3	14,5			17,6	14,5
	15:00	11,8	11,5			18,1	15,5			19,3	16,0
16	09:00	12,6	12,5	4,35	4	18,6	15,0			19,8	16,0
	15:00	10,1	11,0			21,3	18,0			21,3	18,0
17	09:00	10,8	12,0			21,3	17,5			22,8	18,0
	15:00	11,6	11,5			23,8	19,5			23,3	19,0
18	09:00	14,3	14,0	4,35	5	23,3	17,0			25,3	17,5
	15:00	10,6	11,5			24,1	21,0			28,6	23,0

“...continua...”

"TABELA 1A, Cont."

19	09:00	11,3	12,0			25,3	18,5	18,80	1	27,1	20,0		
	15:00	13,1	12,5	4,35	6	6,3	6,5			30,1	22,5		
20	09:00	8,8	9,5			7,3	6,0			32,1	21,0		
	15:00	12,3	12,5	4,35	7	10,3	10,0			33,3	24,0		
21	09:00	9,8	10,0			11,1	10,0			39,6	26,0	23,85	1
	15:00	10,6	10,5			12,3	11,5			6,8	7,5		
22	09:00	11,3	11,0			12,1	11,0			7,6	6,5		
	15:00	13,3	12,5	4,35	8	13,3	12,5			9,1	8,0		
23	09:00	11,1	11,0			15,1	13,0			10,8	10,0		
	15:00	10,6	11,0			15,1	13,0			11,3	9,5		
24	09:00	12,3	12,0	4,35	9	15,6	14,0			11,8	10,5		
	15:00	10,6	11,5			18,3	16,5			13,1	12,0		
25	09:00	12,1	12,0	4,35	10	19,3	14,5			13,8	12,5		
	15:00	9,8	11,0			23,6	18,0			16,3	14,5		
26	09:00	11,1	11,0			22,8	16,5			16,8	14,5		
	15:00	13,6	13,5	4,35	11	29,6	21,5	18,80	2	20,3	17,0		
27	09:00	10,3	10,5			7,6	7,0			21,6	16,0		
	15:00	13,6	13,0	4,35	12	10,3	10,5			27,3	21,0		
28	09:00	11,1	11,0			11,6	10,5			28,6	19,5		
	15:00	12,6	12,5	4,35	13	14,8	13,5			33,1	24,5		
29	09:00	9,3	9,5			13,8	11,5			34,6	24,0		
	15:00	12,1	11,5	4,35	14	17,1	14,5			39,6	27,0	23,85	2
30	09:00	11,3	11,5			19,1	15,5			8,3	7,0		
	15:00	13,3	12,5	4,35	15	23,6	19,5			11,6	11,0		
31	09:00	10,3	10,0			23,6	16,0			10,1	8,5		
	15:00	11,3	10,5			24,6	19,0			12,6	10,5		

"...continua..."

"TABELA 1A, Cont."

32	09:00	14,3	12,5	4,35	16	29,3	21,5	18,80	3	15,1	12,5		
	15:00	11,6	13,5			8,8	9,5			17,6	15,0		
33	09:00	14,3	13,5	4,35	17	9,8	10,0			18,8	15,5		
	15:00	11,6	12,5			13,8	13,0			25,6	19,5		
34	09:00	12,8	13,0	4,35	18	14,3	12,5			27,6	19,0		
	15:00	10,8	12,0			16,3	13,5			33,8	22,0		
35	09:00	12,3	12,5	4,35	19	18,8	15,0			34,3	25,0		
	15:00	10,6	12,0			24,8	19,0			43,1	31,0	23,85	3
36	09:00	12,3	12,5	4,35	20	27,1	18,0	18,80	4	7,3	7,0		
	15:00	11,3	12,0			7,8	6,5			10,1	9,5		
37	09:00	12,6	12,0	4,35	21	10,1	9,5			10,1	9,0		
	15:00	11,8	12,0			13,1	12,5			14,1	13,0		
38	09:00	11,3	11,5			12,8	11,0			13,8	11,5		
	15:00	14,6	15,5	4,35	22	16,8	14,5			18,8	15,5		
39	09:00	11,1	12,5			19,1	14,5			20,1	15,5		
	15:00	15,1	14,0	4,35	23	23,6	20,5			26,1	20,5		
40	09:00	11,3	12,0			27,1	18,5	18,80	5	28,1	21,0		
	15:00	14,6	15,0	4,35	24	7,6	7,0			33,6	26,0		
41	09:00	12,3	12,0	4,35	25	9,8	10,0			40,1	30,0	23,85	4
	15:00	11,3	13,5			13,6	13,5			7,3	7,0		
42	09:00	11,3	12,5			13,6	11,5			7,6	6,5		
	15:00	16,1	14,5	4,35	26	18,8	14,5			11,8	11,0		
43	09:00	12,6	12,5	4,35	27	20,6	16,0			11,8	10,0		
	15:00	10,8	12,5			24,8	19,5			15,6	12,0		
44	09:00	11,6	12,5			27,8	20,0	18,80	6	17,8	13,0		
	15:00	16,8	15,0	4,35	28	7,8	7,5			23,6	17,0		

"TABELA 1A, Cont."											"...continua..."		
45	09:00	11,6	12,5			9,3	9,5			27,8	17,5		
	15:00	15,3	14,0	4,35	29	12,1	11,5			31,6	20,0		
46	09:00	10,8	11,5			12,8	11,0			33,6	23,5		
	15:00	15,3	14,0	4,35	30	19,1	17,0			34,8	27,5		
47	09:00	11,1	12,0			19,6	15,0			38,6	31,0	23,85	5
	15:00	15,1	14,0	4,35	31	24,3	20,5			6,8	7,0		
48	09:00	11,8	13,0			28,8	22,5	18,80	7	9,1	8,0		
	15:00	14,8	14,0	4,35	32	7,3	7,5			11,8	10,0		
49	09:00	11,3	12,0			10,3	9,5			13,8	11,0		
	15:00	14,6	14,0	4,35	33	13,1	12,0			17,1	14,0		
50	09:00	10,1	12,0			13,1	12,0			16,6	12,5		
	15:00	12,3	12,5	4,35	34	15,3	15,0			20,1	14,5		
51	09:00	10,6	11,5			17,8	16,0			23,6	15,5		
	15:00	12,3	12,5	4,35	35	21,1	19,0			28,3	18,5		
TOTAL				152,25	35			131,60	7			119,25	5

TABELA 2A Valores de tensão de água no solo observados em duas profundidades nos tratamentos 45 e 70 (kPa) ao longo do ciclo da alface americana e lâminas de água aplicadas após a diferenciação dos tratamentos (LB). UFLA, Lavras, MG, 2007.

DAT	HORA	(45 kPa)			(70 kPa)			
		Prof. (cm)		LB	Prof. (cm)		LB	NI
		12,5	25	(mm)	12,5	25	(mm)	
9	09:00	11,3	11,5		11,8	12,0		
	15:00	13,3	14,0		13,3	13,5		
10	09:00	12,8	12,5		14,3	15,0		
	15:00	12,1	11,5		12,6	14,0		
11	09:00	13,1	12,0		13,6	14,0		
	15:00	14,6	14,0		14,1	15,5		
12	09:00	15,3	14,0		16,1	16,0		
	15:00	16,6	15,0		16,8	17,0		
13	09:00	16,6	14,5		18,3	17,5		
	15:00	17,1	16,0		18,8	18,5		
14	09:00	17,6	15,0		19,6	18,0		
	15:00	18,6	16,5		20,6	18,5		
15	09:00	19,6	16,5		22,1	19,5		
	15:00	20,3	17,0		23,1	20,0		
16	09:00	21,1	17,0		24,1	20,0		
	15:00	22,6	19,0		26,3	22,5		
17	09:00	24,3	18,5		27,6	21,5		
	15:00	24,8	20,0		29,8	24,5		
18	09:00	25,1	18,5		29,8	26,5		
	15:00	29,1	22,0		35,3	27,5		
19	09:00	27,3	20,5		34,8	25,0		
	15:00	29,8	22,5		36,6	26,0		
20	09:00	30,3	21,5		40,6	26,5		
	15:00	33,8	24,0		41,1	27,5		
21	09:00	36,1	24,5		48,3	30,5		
	15:00	38,1	25,0		48,3	30,5		
22	09:00	41,3	26,5		54,3	32,5		
	15:00	42,8	28,0		56,1	34,0		

“...continua...”

“TABELA 2A, Cont.”

23	09:00	44,8	29,5	27,13	1	62,3	37,0	32,03	1
	15:00	48,1	29,5			60,8	35,5		
24	09:00	8,8	9,0			61,8	35,5		
	15:00	10,3	11,0			62,3	37,5		
25	09:00	10,8	10,5			71,1	42,0		
	15:00	13,3	13,5			7,3	8,0		
26	09:00	14,1	11,5			8,3	9,0		
	15:00	16,1	15,5			10,3	12,0		
27	09:00	16,1	14,5			12,1	12,0		
	15:00	19,8	17,5			13,8	14,0		
28	09:00	20,8	17,5			16,1	15,0		
	15:00	25,1	21,5			19,6	18,0		
29	09:00	24,1	19,0			19,3	16,5		
	15:00	29,3	23,0			23,3	19,0		
30	09:00	31,6	23,0			25,6	20,0		
	15:00	35,1	27,5			32,8	23,5		
31	09:00	36,6	24,0			31,6	20,5		
	15:00	39,1	28,5			37,1	22,5		
32	09:00	41,3	31,0			46,1	24,5		
	15:00	44,6	35,0			50,1	29,0		
33	09:00	48,3	37,5	27,13	2	59,8	33,0		
	15:00	7,8	8,0			61,8	37,5		
34	09:00	9,1	10,5			67,8	44,0		
	15:00	9,8	11,0			68,8	44,0		
35	09:00	12,6	12,5			75,3	54,5	32,03	2
	15:00	15,8	16,0			7,6	7,5		
36	09:00	15,8	15,5			8,6	8,5		
	15:00	20,3	19,5			11,1	10,5		
37	09:00	21,3	19,0			12,8	12,5		
	15:00	25,1	22,0			16,3	14,5		
38	09:00	27,8	23,0			16,8	13,5		
	15:00	32,1	25,5			21,6	18,0		
39	09:00	36,1	30,0			22,6	17,5		
	15:00	40,3	33,5			29,8	21,5		
40	09:00	44,8	37,0			33,3	21,5		
	15:00	49,8	40,0	27,13	3	39,1	26,0		

“...continua...”

“TABELA 2A, Cont.”

41	09:00	8,6	8,5			49,8	29,5		
	15:00	11,8	13,0			51,8	32,5		
42	09:00	12,6	13,0			60,8	38,0		
	15:00	15,6	15,0			60,6	40,5		
43	09:00	17,3	16,5			68,3	48,5		
	15:00	17,6	18,5			67,1	48,0		
44	09:00	23,3	21,0			72,3	59,5	32,03	3
	15:00	27,6	23,5			7,8	7,0		
45	09:00	31,6	25,5			8,8	8,5		
	15:00	34,3	27,0			10,8	10,5		
46	09:00	43,6	33,0			12,6	11,5		
	15:00	44,8	34,0			16,6	15,5		
47	09:00	52,1	42,0	27,13	4	17,6	13,5		
	15:00	8,1	8,5			21,6	17,5		
48	09:00	9,8	9,5			28,6	20,0		
	15:00	12,1	12,5			30,3	22,0		
49	09:00	13,8	14,0			36,1	25,0		
	15:00	17,1	17,0			38,8	27,0		
50	09:00	17,6	17,5			45,6	29,0		
	15:00	19,6	18,0			44,3	29,0		
51	09:00	23,1	20,0			53,8	36,0		
	15:00	25,8	23,0			53,6	36,5		
TOTAL				108,52	4			96,09	3