

MARIA ELIZABETE OLIVEIRA ABAURRE

CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE DUAS CULTIVARES DE ALFACE SOB  
MALHAS TERMORREFLETORAS E DIFUSORA NO CULTIVO DE VERÃO

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2004

MARIA ELIZABETE OLIVEIRA ABAURRE

CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE DUAS CULTIVARES DE ALFACE SOB  
MALHAS TERMORREFLETORAS E DIFUSORA NO CULTIVO DE VERÃO

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 22 de março de 2004.

---

Prof. Paulo Roberto Cecon  
(Conselheiro)

---

Dr. Maurício Bernardes Coelho  
(Conselheiro)

---

Pesq. Maria Aparecida N. Sedyama

---

Pesq. José Mauro de S. Balbino

---

Prof. Mário Puiatti  
(Orientador)

## AGRADECIMENTOS

A Deus.

Aos meus pais Orlando (*in memoriam*) e Maria da Gloria, aos meus irmãos Ana, Tereza, Orlando e Marita, ao meu cunhado Paulo e aos meus sobrinhos Vitor, Tatiana, Gabriel, Lucas, Rafael e Maria Clara, pelo carinho, pela compreensão e pelo incentivo à realização deste trabalho.

Ao Edílson, pela paciência e pelo carinho, sem os quais não teria sido possível superar os momentos difíceis.

À Universidade Federal de Viçosa (UFV), em especial ao Departamento de Fitotecnia, pela oportunidade de desenvolvimento do presente trabalho; e ao Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural, pela liberação e pelo apoio financeiro para a realização deste trabalho.

Ao Professor Mario Puiatti, pela valiosa orientação, compreensão, dedicação e atenção dedicadas a mim, permitindo o desenvolvimento desta pesquisa.

Aos Professores Paulo Roberto Cecon e Maurício B. Coelho, pela co-orientação, pelas sugestões e pela dedicação.

À Marília, minha amiga, pelo carinho, pela ajuda e pelo companheirismo nos bons e maus momentos.

Aos meus colegas Leonardo, Hevilasio, Tatiana, Maria Moura, Robert e demais funcionários e professores da UFV, por direta ou indiretamente terem contribuído para a realização deste trabalho.

Aos técnicos e funcionários da Horta do Departamento de Fitotecnia, pelo apoio e pela colaboração.

À Polysack Indústrias Ltda. e à Carborundum Irrigação, pela gentileza em terem fornecido as malhas e o sistema de irrigação por microaspersão, respectivamente.

Ao CNPq, pelo apoio financeiro parcial para a realização deste estudo.

## **BIOGRAFIA**

MARIA ELIZABETE OLIVEIRA ABAURRE, filha de Orlando Abaurre e Maria da Glória Oliveira Abaurre, nasceu em Vitória, Espírito Santo, no dia 26 de outubro de 1957.

Em agosto de 1983, graduou-se em Agronomia pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES).

Em março de 2001, ingressou no Programa de Pós-Graduação, em nível de Mestrado, em Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, MG, submetendo-se à defesa de tese em março de 2004.

## INDICE

	Página
RESUMO .....	vii
ABSTRACT .....	ix
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1. A planta .....	4
2.2. Irradiância .....	6
2.3. Interação espécies x irradiância.....	9
2.4. Água e as hortaliças.....	11
2.5. Atenuação da radiação solar .....	13
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	15
3.1. Instalação do experimento .....	15
3.2. Delineamento experimental e análise estatística .....	16
3.3. Condições de cultivo .....	16
3.4. Avaliação do crescimento das plantas .....	17
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	19
4.1. Fatores ambientais.....	19
4.1.1. Irradiância e insolação .....	19
4.1.2. Temperatura.....	20
4.1.3. Consumo de água.....	23

	Página
4.2. Crescimento de plantas (particionamento de massa).....	24
4.2.1. Parte aérea .....	24
4.2.1.1. Folhas .....	24
4.2.1.2. Caule.....	39
4.2.2. Sistema radical.....	52
4.2.2.1. Razão parte aérea/raiz (massa fresca) .....	59
4.2.2.2. Razão parte aérea/raiz (massa seca) .....	62
4.3. Produção comercial .....	62
5. RESUMO E CONCLUSÕES .....	68
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	70
APÊNDICE .....	77
APÊNDICE A .....	78

## RESUMO

ABAURRE, Maria Elizabete Oliveira, Universidade Federal de Viçosa, março de 2004. **Crescimento e produção de duas cultivares de alface sob malhas termorrefletoras e difusora no cultivo de verão.** Orientador: Mario Puiatti. Conselheiros: Paulo Roberto Cecon, Maurício Bernardes Coelho e Carlos Alberto Martinez y. Huaman.

A alface (*Lactuca sativa* L.) originalmente é uma planta de clima ameno. Quando cultivada em condições de temperatura elevada, seu ciclo vegetativo é acelerado, antecipando a fase reprodutiva em detrimento da produtividade e qualidade do produto, o que ocasiona, nas folhas, acúmulo excessivo de látex e as torna amargas, rígidas e de tamanho reduzido. O presente trabalho teve por finalidade avaliar o crescimento e a produção de duas cultivares de alface, cultivadas sob dois tipos de malhas termorrefletoras (Aluminet® 30%-O e Aluminet® 40%-O) e de uma difusora de luz (ChromatiNet Difusor® 30%), instaladas em “telados” fechados (2 x 4 x 36 m). O experimento foi conduzido na Horta de pesquisas da Universidade Federal de Viçosa (UFV), no período de 18/01/2002 a 03/04/2002. Utilizou-se um esquema de parcelas subdivididas, tendo nas parcelas quatro ambientes (três tipos de malhas + controle a céu aberto), nas subparcelas duas cultivares: Regina (lisa) e Verônica (crespa), e nas subsubparcelas as sete épocas de amostragem das plantas no delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições. O



espaçamento entre as plantas foi de 0,25 x 0,25 m. Durante o ciclo, coletaram-se, a cada sete dias, duas plantas/repetição, nas quais se avaliaram: número de folhas/planta (NF); área foliar (AF); massas fresca (MFF) e seca de folhas (MSF); massas fresca (MFC) e seca de caule (MSC); comprimento (CC), diâmetro (DC) e volume de caule (VC); massas fresca (MFR) e seca de raízes (MSR); e volume de raízes (VR) e massa fresca de cabeça (MFCB). De posse dos valores dessas características foram calculados: a área foliar específica ( $AFE = AF/MSF$ ) e a razão parte aérea/raiz, em massas fresca e seca. No ponto de colheita comercial, colheram-se seis plantas/repetição para avaliação da massa fresca de cabeça (MFCB). Os dados foram submetidos à análise de variância e as comparações no tempo (épocas de amostragem), submetidas à análise de regressão; dentro de cada época, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Independentemente de ser ou não significativa a interação Ambiente x Cultivar x Época, optou-se pelo seu desdobramento, devido ao interesse do estudo. As cultivares apresentaram comportamento fenológico semelhante ao longo das épocas. No cultivo sob malhas, observaram-se menor amplitude térmica diária e necessidade de menor volume de água aplicado nas irrigações, com a ressalva de que a colheita comercial poderia ter sido antecipada em pelo menos uma semana. Na colheita comercial a céu aberto, 'Verônica' produziu mais MFCB que 'Regina' e ambas as cultivares, menores produções sob Aluminet® 30%-O. 'Regina' apresentou maior NF, AF e AFE e demonstrou ser menos exigente em luz que 'Verônica'. A maior AFE da 'Regina' em relação à 'Verônica' em praticamente todos os ambientes e épocas e a maior AFE das duas cultivares sob as malhas em relação ao cultivo sob céu aberto indicam que o cultivo sob malhas propiciou folhas menos espessas, apropriadas para mercados com consumidores mais exigentes.

## ABSTRACT

ABAURRE, Maria Elizabete Oliveira, Universidade Federal de Viçosa, March, 2004. **Growth and production of lettuce cultivars under thermal shade cloth and light diffuser in summer culture.** Adviser: Mario Puiatti. Committee Members: Paulo Roberto Cecon, Mauricio Bernardes Coelho and Carlos Alberto Martinez y. Huaman.

Lettuce (*Lactuca sativa* L.) is originally a mild climate plant. When lettuce is cultivated in high temperature conditions, its vegetative cycle is speed up, anticipating the reproductive stage impairing yield and product quality, causing extreme latex accumulation in the leaves that become bitter, tough and small. The objective of the present work was to evaluate growth and production of two lettuce cultivars, cultivated under two types of thermo-reflective screen (Aluminet® 30%-O and Aluminet® 40%-O) and a light diffuser (ChromatiNet Difusor® 30%), installed in enclosure nettings (2 x 4 x 36 m). The experiment was conducted under field conditions at the Universidade Federal de Viçosa (UFV), from 01/18/2002 to 04/03/2002. A split-plot design was used, in randomized complete block, with four replicates. Four environments (three screen types + open-air control) were used in the plots, two cultivars: Regina (smooth) and Verônica (crispy) in the subplots, and seven periods of plant sampling in the subsubplots. During the cycle, two plants/repetition were collected, every seven days, and the following traits were evaluated: number of

leaves/plant (NF); leaf area (LA); fresh (FM) and dry mass (DMF) of leaves; fresh (FMC) and dry mass (DMS) of stem; length (LC), diameter (DC) and volume (VC) of stem; fresh (FMR) and dry (DMR) and volume (VR) of roots; and head fresh mass (FMH). Based on these trait values: the specific leaf area ( $SLA = LA/DMF$ ) and the shoot/root ratio, fresh and dry mass were calculated. At commercial harvest, six plants/replicate were harvested to evaluate head fresh mass (FMH). Data were analyzed by analysis of variance and time comparisons (sampling periods) by regression analysis for each period. Means were compared by Tukey's Test (5%). The cultivars showed similar phenological behavior over the time. Less daily thermal amplitude and less volume of water applied to irrigation was observed for cultures under screen, pointing out that the commercial harvest could have been anticipated at least one week. In open-air commercial harvest, 'Verônica' produced more FMH than 'Regina' and both cultivars had lower productions under Aluminet® 30%-O. 'Regina' gave higher NF, LA and SLA and showed less demand for light than 'Verônica'. Regina's SLA was higher than Veronica's in almost all the environments and times, and both cultivars had higher SLA under netting than in open-air, indicating that culture under netting produced thinner leaves, fit for markets with more demanding consumers.

## 1. INTRODUÇÃO

A alface (*Lactuca sativa* L.) é a principal hortaliça folhosa do mercado consumidor mundial e também brasileiro. Segundo dados da FAO (FAO, 2004), em 2003 foram produzidas, no mundo, 18.966.262 t, com área plantada de 989.162 ha, alcançando produtividade média de 19,17 t/ha.

Na dieta brasileira, a alface é consumida sobretudo na forma de saladas cruas, sendo considerada uma planta com propriedades tranqüilizantes, em razão da sua elevada digestibilidade, além de conter altos conteúdos de vitaminas A, B e C, de cálcio (Ca), fósforo (P), potássio (K) e de outros minerais, encontrados em maiores teores nas cultivares com folhas de bordos lisos e sem formação de cabeça (MAROTO,1992).

Nos últimos anos, o cultivo da alface tem passado por mudanças significativas, tanto em relação a cultivares quanto aos sistemas de produção (OTTO et al., 2001). O mercado brasileiro, sobretudo no centro-sul do País, tem preferido os tipos repolhuda lisa (manteiga), solta lisa e solta crespa, com demanda crescente, nos últimos anos, de alfaces do tipo repolhuda crespa ou americana, em razão da preferência para sua utilização em lanches rápidos (GOTO, 1998).

O volume de produção dessa hortaliça varia ao longo do ano em função das condições climáticas específicas de cada região. No Sudeste brasileiro, maior mercado produtor e consumidor, por suas características de clima subtropical e sem baixas temperaturas, a produção é normal e regular nos

meses de abril a dezembro, diminui a partir do mês de janeiro e agrava-se em fevereiro e março, no cultivo de verão (GOTO, 1998).

Ao olericultor muito interessa o ciclo vegetativo da alface que se encerra quando, nos tipos repolhudas, a cabeça estiver completamente desenvolvida. Após isso, se ocorrer estímulo do ambiente, a planta entra rapidamente no ciclo reprodutivo, emitindo uma haste floral que atinge mais ou menos 1 m de altura (PANDURO, 1986).

Fatores como fotoperíodo, intensidade luminosa, concentração de CO<sub>2</sub> e, especialmente, temperatura influenciam, acentuadamente, o desenvolvimento e crescimento da alface (PANDURO, 1986). A sua dificuldade de adaptação à temperatura e luminosidade elevadas tem impedido que a cultura expresse todo o seu potencial genético, afetando o desenvolvimento das folhas, tornando-as fibrosas, reduzindo o ciclo cultural, não permitindo a formação de cabeça e comprometendo a produção, devido à antecipação da fase reprodutiva (MAKISHIMA, 1992).

A produção de espécies hortícolas pode estar limitada pelas condições climáticas de algumas regiões durante parte do ano. Nesses casos, o uso de técnicas de proteção de cultivos é uma alternativa para viabilizar a produção, possibilitando microclima favorável ao crescimento e desenvolvimento das culturas sob esse ambiente. Diferentes estruturas e materiais podem ser utilizados para esse fim, a exemplo das estufas e túneis cobertos com polietileno e telas de náilon, entre outros (OTTO et al., 2000).

Atualmente, em contraste com o cultivo tradicional a campo, os produtores têm investido cada vez mais no cultivo protegido de alface, utilizando-se de estrutura de madeira com cobertura plástica. Todavia, além de ser uma estrutura onerosa, o efeito estufa provocado por essa cobertura tem sido detrimental em determinadas regiões e épocas do ano.

Desde que o manejo da cultura seja adequado, quase todas as cultivares de alface podem ser produzidas em ambiente protegido durante todo o ano, com ciclo variando de 28 dias no verão até 60 dias no inverno (ROSA et al., 1996). Entretanto, sob condições de alta temperatura e fotoperíodo longo, algumas cultivares são mais sensíveis ao pendoamento e início da fase reprodutiva. Outras, sob baixas temperaturas no inverno, apresentam crescimento e desenvolvimento vegetativos lentos, estendendo seu ciclo e,

portanto, apresentando sérios prejuízos quanto à comercialização devido ao não-atendimento da demanda na época programada (FERNANDES e MARTINS, 1999).

Um dos métodos utilizados para a redução da temperatura interna do ambiente, no cultivo protegido, é o emprego de telas de sombreamento, o qual vem sendo indicado como uma das alternativas de menor custo econômico. Entretanto, independentemente da técnica utilizada, é importante considerar também o efeito negativo do sombreamento sobre o comportamento das culturas, por exemplo o estiolamento e o pegamento de frutos em determinadas espécies. Assim, é necessário que se estabeleçam níveis adequados de sombreamento, que não sejam prejudiciais ao desenvolvimento e produção das culturas (FARIA JUNIOR et al., 2000).

Para diminuir os efeitos adversos da luz e da temperatura sobre as plantas existem, atualmente, no mercado malhas termorrefletoras, as quais, por serem revestidas de alumínio, segundo dados do fabricante, refletem as ondas de calor, fazendo com que a temperatura do ambiente abaixe de 10 a 20%. Por terem fios retorcidos fornecem, em média, 15% de luz difusa ao ambiente, não afetando os processos fotossintéticos. Em razão das características da malha, esta pode ser usada tanto no campo a céu aberto quanto em estufas sob o plástico, beneficiando os processos fisiológicos das plantas. Pelo fato de diminuir a temperatura do ar nos dias quentes e, por conseqüência, reduzir a respiração e a transpiração, evitando o fechamento de estômatos durante períodos prolongados, proporcionaria maior absorção de carbono (Polysack Indústrias Ltda., 2003).

Nesse sentido, o cultivo sob proteção de malhas termorrefletoras pode se constituir em alternativa promissora para o produtor de alface, sobretudo em condições climáticas detrimenais ao seu crescimento. Entretanto, por serem produtos recém-lançados no mercado brasileiro, pesquisas se fazem necessárias no intuito de avaliar o efeito dessas malhas em plantios de cultivares de alface em condições edafoclimáticas distintas.

Este trabalho teve por finalidade avaliar o efeito de duas malhas termorrefletoras e de uma difusora sobre as características de crescimento e produção de duas cultivares de alface, cultivadas no período de verão, na região de Viçosa, MG.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. A planta

A duração do período luminoso muito influencia o crescimento vegetativo, a floração e a produção de algumas hortaliças de grande importância econômica, como a alface. Originária da bacia Ocidental do Mediterrâneo, a alface (*Lactuca sativa* L.) é uma planta dicotiledônea, pertencente à família Asteraceae (Compositae), cujas plantas, tipicamente folhosas, são consumidas *in natura*, durante a sua fase vegetativa.

Os tipos silvestres têm caule e folhas espinhosas, não formam cabeça e apresentam sabor amargo, com conteúdo de látex em abundância. O amargor é causado por sesquiterpenóides lactonas, e o glicosídeo Lactucin é o que mais contribui para isso (WIEN, 1997), sendo o seu nível reduzido nas cultivares atuais.

As cultivares melhoradas podem ser agrupadas em cinco tipos: repolhuda crespa, repolhuda lisa, solta lisa, solta crespa e romana ou cós, com cultivares adaptados às várias estações do ano, apesar de todas apresentarem maior crescimento e qualidade de folha nas estações com temperatura mais amena (WIEN, 1997).

O crescimento vegetativo da alface é definido como o período que abrange desde a emergência das plântulas até a iniciação floral, que começa com o alongamento do caule e culmina com a emissão do escapo floral. A fase

vegetativa representa a produção economicamente viável na exploração de folhas, que se encerra ao atingir o maior tamanho destas. Da semeadura até o transplante das mudas, o crescimento da parte aérea e do sistema radicular é lento (BECKER, 1990). Após essa fase, inicia-se uma etapa de intensa emissão de folhas e de acúmulo de massa seca, atingindo seu máximo em função das cultivares e condições climáticas (FERNANDES e MARTINS, 1999). O uso de cultivares adaptadas às condições ambientais, como também o emprego de práticas que visem à diminuição dos efeitos da luminosidade e de temperatura, pode, no cultivo de verão, contribuir para o aumento de sua produtividade (SILVA et al., 2000).

Durante a fase vegetativa da alface, o caule é curto, de 10 a 15 cm de comprimento, e as folhas nascem ao seu redor, formando uma roseta. Na fase reprodutiva, o caule se alonga e ramifica, e em cada uma de suas ramificações forma uma inflorescência terminal. As temperaturas ótimas para o crescimento vegetativo da planta de alface encontram-se entre 15-20 °C, e temperaturas noturnas inferiores a 15 °C são consideradas importantes para a formação de cabeça. Temperaturas acima de 30 °C interrompem o desenvolvimento vegetativo da alface (FILGUEIRA, 1982).

Originalmente, a alface é uma planta de clima ameno; em condições de temperatura elevada, o ciclo vegetativo é acelerado, antecipando a entrada na fase reprodutiva em detrimento da produtividade e qualidade do produto comercial (folhas), ocasionando acúmulo excessivo de látex, o que torna as folhas amargas, rígidas e de tamanho e número reduzidos (YOCOMA et al., 1990; DUARTE et al., 1991; SILVA e VIZZOTO, 1994; SILVA et al., 1995). Todavia, as cultivares de alface diferem quanto à duração do período vegetativo, sendo a duração desse estágio influenciada pelo fotoperíodo e, principalmente, pela temperatura ambiente (MARY, 1998; SILVA e LEAL, 1997). O processo de pendoamento também é influenciado pelo fotoperíodo que, em condições de dias longos, pode acelerá-lo. WAYCOTT (1995), trabalhando com genótipos de alface sob condições fotoperiódicas distintas, combinadas com temperaturas, demonstrou que a temperatura isoladamente não foi suficiente para induzir o pendoamento.



## 2.2. Irradiância

De acordo com Merlo et al. (1994), nos últimos 20 anos considerável atenção tem sido dada à relação entre a taxa de crescimento e a quantidade de radiação interceptada pelas culturas agrícolas. A luz tem importante papel na vida das plantas não apenas como fonte de energia, mas também como sinal do ambiente (KAGAWA e WADA, 1999). As plantas interceptam a energia solar e a utilizam nos processos fotossintéticos. O fluxo de fótons fotossintéticos que atinge as folhas é dado pela irradiância, que é o fluxo radiante interceptado por unidade de área (BERNARDES, 1987). Do fluxo de radiação solar que incide sobre uma comunidade vegetal, apenas uma pequena parte é absorvida e utilizada no processo fotossintético. Estima-se que, da energia total absorvida pelas plantas, a maioria é transformada em calor, sendo menos de 5% convertidos em carboidratos (TAIZ e ZEIGER, 1998). Dessa maneira, a eficiência na interceptação e uso do fluxo de radiação solar disponível é decisiva para a fotossíntese e, conseqüentemente, para a produção vegetal (PANDURO, 1986).

A radiação fisiologicamente ativa é aquela que tem comprimentos de onda que induzem respostas fisiológicas nas plantas. As plantas são transformadoras primárias de energia solar, por meio da fotossíntese, sendo sua eficiência fator determinante da produtividade agrícola. Os incrementos em produtividade potencial das plantas têm sido derivados, principalmente, do aumento da proporção de massa seca acumulada nas partes de aproveitamento econômico e pouco em razão de aumentos nas taxas de crescimento (BERNARDES, 1987).

A luz visível representa a parte do espectro de radiação eletromagnética que fica entre 400 nm (faixa do violeta) e 750 nm (faixa do vermelho). Essa luz é a fonte de energia da qual as plantas dependem. Além de agir diretamente como fonte de energia, a luz visível desempenha importante papel regulador na vida dos vegetais. Pode estar envolvida, por exemplo, na orientação da planta com respeito à fonte de luz ou no ritmo estacional ou diário do crescimento do vegetal. Três propriedades diferentes da luz podem atuar separadamente no metabolismo e desenvolvimento de uma planta, as quais são a sua qualidade espectral, a intensidade e a duração (WHATLEY e WHATLEY, 1982).

A resposta fotossintética das plantas é influenciada pela densidade do fluxo radiante em que estão crescendo (SING et al., 1974). Plantas crescidas em diferentes densidades de fluxo radiante apresentam adaptação do seu mecanismo fotossintético, como ponto de saturação e ponto de compensação luminosa (LOPES et al., 1982).

Quando a energia do meio alcança valor elevado, a planta é levada a perder água pelo processo de transpiração, em velocidade maior do que aquela que seria possível captar pelo sistema radicular e transportar até as folhas (OMETTO, 1981). Essa situação promove reações da planta, no sentido do fechamento dos estômatos, e conseqüente queda na razão fotossintética.

O efeito da temperatura é dependente da intensidade da luz. Entretanto, sendo a luz determinante no processo fotossintético, poderá ser prejudicial se for em excesso. A luminosidade exagerada pode provocar não só um aumento do volume da transpiração, como uma redução comprometedora no conteúdo hídrico das folhas, causando a chamada “solarização ou foto-oxidação”, que freqüentemente ocasiona a desidratação e a morte das células (RYDER, 1999).

Tendo em vista que a planta começa a ter estresse após seus limites ideais de temperatura, para partes radicular e aérea ela desvia a energia que seria usada para produção, utilizando-a para se proteger contra os fatores estressantes (LEITE, 2000).

Segundo Larcher (2000), altas temperaturas causam alterações reversíveis no estado físico-químico das biomembranas e na conformação das moléculas de proteína. As membranas dos tilacóides são particularmente sensíveis ao calor, e, portanto, os distúrbios na fotossíntese são as primeiras indicações do estado de estresse devido ao calor. Primeiro, o fotossistema II é inibido e, posteriormente, ocorre a perda do equilíbrio do metabolismo do carbono. Como resultado do dano nos cloroplastos, a fotossíntese é deprimida, e eventualmente essa situação resulta na morte da célula. Como o fotossistema II também é afetado pela fotoinibição, a combinação de calor e radiação tem efeito aditivo.

Espécies sensíveis ao calor sofrem injúrias sob temperatura na faixa de 30-40 °C, ou em um limite máximo de 45 °C. Nesse limite, inclui-se a maioria das espécies terrestres com folhas tenras (LARCHER, 2000).

Sob radiação intensa poderá não haver aumento significativo do processo fotossintético, pois este estará saturado pela radiação, atingindo o ponto de saturação (PS). Nesse contexto, a velocidade de absorção do CO<sub>2</sub> não é mais limitada pelas reações fotoquímicas, mas sim por reações enzimáticas e pela disponibilidade de CO<sub>2</sub>. Plantas C<sub>3</sub> cultivadas, como a alface, apresentam ponto de saturação luminoso compreendido no intervalo de 1.000-1.500 μmol fotóns m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup> (LARCHER, 2000).

Na agricultura, a eficiência fotossintética tem enfoque produtivo, ou seja, relaciona a fração de energia radiante que recebe determinada área de cultivo com a biomassa formada, que inclui os efeitos das características fisiológicas específicas, ambientais, ontogênicas, genéticas etc. (CABALLERO, 1980). Quantidades excessivas de radiação fotossinteticamente ativa e o aumento da absorção de radiação UV produzem uma situação de estresse causada pela radiação e, em ambos os casos, estão envolvidos processos fotoenergéticos (LARCHER, 2000).

O aparato fotossintético da planta é capaz de chegar a uma ótima eficiência em relação à absorção e utilização da luz visível. Entretanto, sob condições de forte radiação há introdução de uma quantidade de energia fotoquímica na folha, maior que a capacidade de utilização dessa energia na fotossíntese. Essa situação sobrecarrega os processos fotossintéticos, resultando não só em uma baixa utilização quântica, mas também em baixo rendimento assimilatório (fotoinibição). Irradiância extremamente forte é capaz de destruir os pigmentos fotossintéticos e as estruturas dos tilacóides (fotodestruição). A fotodestruição de cloroplastos nas camadas superiores do parênquima paliádico parece ser um evento comum e é, provavelmente, ao menos em parte, responsável pelo declínio da capacidade fotossintética das folhas. Injúrias extensas em tecidos que contêm cloroplastos não são raras e são reconhecidas por meio de manchas descoloridas nas áreas voltadas para o sol (TAIZ e ZEIGER, 1998).

A fotoinibição e a fotodestruição podem ocorrer se a transferência de energia para o ciclo de Calvin for impedida ou adiada por alguma razão. Isso ocorre se a planta tiver sofrido um estresse prévio ou um estresse adicional. O primeiro local de ataque em uma planta em situação de estresse ocasionada pela forte radiação é o centro de reação do fotossistema II, em que certas

subunidades de proteínas (por exemplo proteínas D<sub>1</sub> e 32 KDa) são rapidamente desnaturadas. Nessa situação, o transporte eletrônico do processo fotossintético é interrompido e a eficiência do fotossistema II, diminuída (fotoinativação do fotossistema II). Como uma primeira medida de proteção, o aporte excessivo de radiação é desviado diretamente do fotossistema via fluorescência e, sobretudo, na forma de calor. Sob forte radiação, compostos agressivos contendo oxigênio são acumulados; eles podem destruir os pigmentos nos cloroplastos e membranas lipídicas. Oxirredutases (superóxido dismutase, peroxidases e catalases) funcionam nesse contexto como sistemas interceptadores (LARCHER, 2000).

### **2.3. Interação espécies x irradiância**

A produção de uma espécie é função da interação entre o genótipo dessa espécie e as condições ambientais (MONDIM, 1988). O ambiente de crescimento altera constantemente durante o tempo de vida da planta. Como os processos de crescimento e desenvolvimento dependem das adaptações às variáveis ambientais, plantas do mesmo genótipo podem diferir significativamente no crescimento e composição química, de acordo com o ambiente de cultivo (KASPERBAUER, 1994). Esse autor considerou como variáveis do ambiente: umidade do solo, quantidade e solubilidade de nutrientes minerais, acidez da solução do solo, luz, microrganismos, insetos e temperatura do ar e do solo.

As culturas têm potencial máximo de produção determinado geneticamente, porém, além dos fatores genéticos, a produtividade de uma cultura depende das condições do solo, do clima e, particularmente, da radiação solar (MELGES, 1983), a qual influi nos processos fisiológicos, como a fotossíntese, a respiração, a transpiração e a translocação de fotoassimilados (JONES, 1993).

O crescimento da planta não é determinado apenas pela atividade fotossintética das folhas, mas também pela integração de processos de alocação, acúmulo e particionamento de carbono assimilado (KOUCHI et al., 1986). Todavia, a luz ambiental apresenta papel crítico na expansão foliar e na determinação das propriedades fotossintéticas das folhas maduras (BURHEY e

WELLS, 1991). Na situação de sombreamento natural, causada pela sobreposição das folhas, há baixa razão de radiação vermelho/vermelho distante, e pode haver deficiência de radiação fotossinteticamente ativa devido à filtragem seletiva dos pigmentos fotossintéticos (MURCHIE e HORTON, 1997).

As respostas ao sombreamento são muitas e variadas. As reações envolvidas nesse processo são todas iniciadas pelo mesmo sinal ambiental, ou seja, redução na proporção de radiação vermelho/vermelho distante que ocorre dentro de comunidades vegetais densas (SMITH e WHITELAM, 1997). As plantas têm desenvolvido, no decorrer da evolução, vários fotorreceptores capazes de perceber informações sobre o seu ambiente luminoso. O fitocromo é da família de fotorreceptores das plantas que absorvem luz, principalmente nas regiões espectrais do vermelho e do vermelho distante (DEVLIN et al., 1999).

A energia solar interfere em todos os processos fisiológicos da vida vegetal, desde a formação da clorofila até a assimilação de CO<sub>2</sub> da atmosfera pelos cloroplastos. As espécies vegetais cultivadas apresentam reações diferenciadas quando colocadas em ambientes com restrição de luminosidade, visto que a radiação solar, além de atuar diretamente sobre o crescimento e o desenvolvimento da planta, atua de forma indireta via efeitos no regime térmico, o qual é fundamental à produção de biomassa. Portanto, a luz solar é o mais importante dos fatores determinantes da produtividade fotossintética da planta (ORTOLANI e CAMARGO, 1987). Aumento na intensidade luminosa eleva a atividade fotossintética, o que resulta em maior produção de carboidratos, elevando também o teor de massa seca nos vegetais. Já a deficiência luminosa provoca maior alongamento celular, o que resulta no estiolamento (aumento em altura e extensão da parte aérea), porém sem incremento no teor de massa seca.

A temperatura do ar é outro fator ambiental que incide sobre a produção; quando é muito elevada, provoca retardamento no crescimento das plantas, uma vez que há consumo exagerado das substâncias orgânicas a custas da fotossíntese. No centro-sul do Brasil, a temperatura do ar é o elemento climático que maior influência exerce sobre a produção comercial de hortaliças, e sua influência se reflete no desenvolvimento vegetativo, na formação de reservas

de plantas tuberosas, no florescimento e na frutificação, bem como na produção de sementes (FILGUEIRA, 1982).

A temperatura ótima para a fotossíntese varia com a espécie e o estágio de desenvolvimento das plantas, estando na faixa de 20 a 30 °C para a maioria das espécies. Dentro de determinada faixa, considera-se que há uma relação linear entre a temperatura e a taxa de crescimento relativo da planta, desde que não existam limitações de outros fatores (LOZADA e ANGELOCCI, 1997).

Segundo Casseres (1966), na alface a elevada temperatura do ar é o fator responsável pelo desenvolvimento da haste floral e, conseqüentemente, alterações de qualidade, devido a uma rápida acumulação de látex nas nervuras. As cultivares do tipo amanteigado desenvolvem-se pouco, não resistindo bem o calor e a chuva, “espigando” logo que atingem o ponto de colheita, tornando-se leitosa e amarga, sem valor comercial.

A temperatura do solo, particularmente as extremas, influem na germinação das sementes, atividade funcional das raízes, velocidade e duração do crescimento e atividade de microrganismos fitopatogênicos. Temperatura do solo extremamente alta tem efeito prejudicial sobre as raízes e pode causar lesões destrutivas no caule; por outro lado, as temperaturas baixas impedem a absorção dos minerais (MOTTA, 1983).

## **2.4. Água e as hortaliças**

O excesso ou carência de água no solo interfere negativamente no desenvolvimento das plantas em geral. No caso das hortaliças, particularmente as de natureza herbácea, são mais exigentes que as de frutos. Nesse sentido, o manejo do fornecimento de água deve ser rigorosamente monitorado como meta de incremento de produção (FILGUEIRA, 1982). A fitomassa é, na sua maior parte, composta por água. O protoplasma contém, em média, 85-90% de água, e mesmo as organelas ricas em proteínas e lipídios, como os cloroplastos e as mitocôndrias, contêm 50% de água. Os frutos com alto conteúdo de polpa são especialmente ricos em água (85-95% do peso fresco), bem como as folhas tenras (80-90%) e as raízes (70-95%) (LARCHER, 2000).

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 na planta, ela está diretamente relacionada aos processos de absorção de nutrientes e resfriamento da superfície vegetal (CARRIJO et al., 1999).

O suprimento de água às plantas é de fundamental importância no crescimento e produção econômica. A deficiência de umidade no solo altera vários processos bioquímicos e fisiológicos nas plantas e induz respostas metabólicas e fisiológicas, como fechamento estomático, declínio na taxa de crescimento, acúmulo de solutos e antioxidantes e expressão de genes específicos de estresse (Singh-Sangwan et al., 1994, citados por CARVALHO, 2001). A disponibilidade de água no solo depende das propriedades da planta, do solo e das condições micrometeorológicas. A água disponível às plantas é aquela presente em condições de ser prontamente absorvida pelas raízes, ou seja, é o teor de água retido pelo solo entre a capacidade de campo e o ponto de murcha permanente (WINTER, 1988).

Segundo Kudrev (1994), a deficiência hídrica interrompe o processo de crescimento não só por diminuir o acúmulo de massas fresca e seca, mas também por alterar o processo de crescimento e acelerar os processos catabólicos. Entre os estresses ambientais, a deficiência hídrica destaca-se como fator adverso ao crescimento e produção vegetal. Quando existe carência de água nas plantas, os estômatos tendem a se fechar. A perda de água pode reduzir o potencial hídrico das plantas, causando redução na turgescência, condutância estomática, fotossíntese e, finalmente, menor crescimento e produtividade (LARCHER, 2000).

A água rapidamente está se tornando recurso escasso em muitas áreas do mundo. Estudos recentes têm indicado que plantas de qualidade podem ser obtidas por meio de sistemas que reduzam a utilização desse recurso. Cultivos realizados em ambientes protegidos distinguem-se dos demais sistemas de produção a céu aberto, principalmente pelo uso intensivo do solo e controle parcial de fatores ambientais. Assim, o manejo adequado do sistema solo-água-planta-ambiente é de fundamental importância para o sucesso de empreendimentos nesse sistema de produção (CARRIJO et al., 1999).

## **2.5. Atenuação da radiação solar**

A intensa radiação solar, altas temperaturas e elevada demanda evaporativa do ar no verão são fatores que dificultam a produção de alface. Uma das formas de amenizar o efeito nocivo desses fatores tem sido por meio da atenuação da densidade de fluxo de radiação solar incidente sobre as plantas. Para isso são utilizados diferentes materiais, entre os quais sobressaem as telas plásticas e de prolipropileno (sombrite), que vêm sendo cada vez mais utilizadas, diminuindo a incidência direta dos raios solares nas espécies que necessitam de menor fluxo de energia radiante (GIMENES et al., 1994). Entretanto, esses materiais apresentam algumas limitações em razão de que, sob plásticos transparentes comuns, as temperaturas, da planta e do substrato, sobem a níveis que estressam a planta, comprometendo a qualidade das folhas, sobretudo na primavera/verão. No inverno, ocorre justamente o contrário, as temperaturas baixam muito à noite, no Sudeste e Sul do Brasil, e a capacidade dos plásticos de retenção de ondas longas à noite não é satisfatória. Nessa situação tem sido usado plástico de baixa transmissão de luz (70-75%), os quais retêm muito o infravermelho, aquecendo o ambiente, todavia reduzem muito a luminosidade (LEITE, 2000).

Uma opção para amenizar tais problemas tem sido o uso de malhas termorrefletoras aluminizadas. O alumínio é utilizado como barreira na radiação infravermelha, já que não é transpassado por esta, como acontece com os polietilenos ou policarbonatos. A malha aluminizada termorrefletora, para produzir o efeito de reflexão da luz, deve ser tecida com linha de alumínio arredondada. Dessa maneira, parte da luz solar refletida na atmosfera e nos corpos circundantes é introduzida por reflexão sobre o cultivo. Deve-se considerar que, uma vez que a radiação solar incide sobre os corpos, estes se esquentam pela ação dos raios infravermelhos e, ao mesmo tempo, parte da luz é refletida. Mas essa luz refletida com quase nenhuma carga calorífica é a que incidirá, em forma de luz difusa, sobre as folhas, para aumentar a fotossíntese da planta, e, ao mesmo tempo, o alumínio ajuda a baixar a temperatura sobre o cultivo (SZPINIAK, 2000).

A utilização de malhas termorrefletoras pode baixar a temperatura do ambiente em até 20%.



Em tomates e pimentões, temperaturas acima de 30 °C no pólen causam a morte deste e, conseqüentemente, ocorre queda das flores, polinização imperfeita, falta de sementes e malformação dos frutos. Observações de campo têm mostrado que, para uma ótima utilização das malhas, estas devem ser móveis, para que possam ser utilizadas somente nos momentos de excesso de calor. Experimentos com plantas ornamentais evidenciaram que a malha pode ser usada também de maneira fixa, entretanto se deve escolher sempre a porcentagem de alumínio adequada para cada cultivo (SZPINIAK, 2000).

Fernandez-Rodrigues et al. (2001) testaram três diferentes tipos de telas aluminizadas (40, 50 e 60%), de sombreamento móveis Aluminet® sob casa de vegetação com relação ao efeito da eficiência fotoquímica, comparando-as com o uso de pintura branca. O resultado do experimento, que foi realizado com plantas de tomate cultivar Atlético, indicou que a eficiência fotoquímica das plantas de tomate foi significativamente afetada pelo uso das telas aluminizadas, tanto para economia de energia quanto para redução da radiação solar através da prevenção do estresse térmico.

Portanto, o comportamento sob ambientes com atenuação da radiação solar incidente é variável com a espécie vegetal e com a cultivar, sendo, assim, merecedor de maiores estudos.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Instalação do experimento

O experimento foi conduzido na Horta de Pesquisa do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa (UFV), no município de Viçosa, MG, no período de 18/01/02 a 03/04/02.

As coordenadas geográficas locais são: 21° 07' de latitude sul, 42° 57' de longitude oeste e altitude de 651 m. O clima do município é, de acordo com a classificação de Köppen, do tipo Cwa, com umidade relativa do ar média anual de 80%, temperatura média anual de 21 °C e precipitação pluvial anual média de 1.341 mm. A área experimental apresenta topografia suave com pequena inclinação. O solo, classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo, textura argilosa, apresentou os seguintes resultados na análise química: pH = 6,0; P = 67,4 mg dm<sup>-3</sup>; K = 210 mg dm<sup>-3</sup>; Ca<sup>+2</sup> = 3,9 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mg<sup>+2</sup> = 0,9 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Al<sup>+3</sup> = 0,0 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; H+Al = 4,3 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; CTC = 9,64 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; V = 55%; e matéria orgânica = 2,51 dag kg<sup>-1</sup>.

O experimento foi constituído de oito tratamentos, resultantes de quatro ambientes (três tipos de malhas + controle a céu aberto), com duas cultivares de alfaces contrastantes, 'Regina' e 'Verônica', dos tipos repolhuda lisa e solta crespa, respectivamente, com quatro repetições. Utilizaram-se dois tipos de malhas termorrefletoras (Aluminet® 30%-O e Aluminet® 40%-O) e um tipo de malha difusora (Polysombra Difusor Cromatinet® 30%), todas da Polysack

Indústria Ltda.; o controle consistiu no cultivo a céu aberto. Para garantir e conservar o microclima proporcionado pelos tipos de malhas, foram construídos três “telados” com cobertura plana, um para cada tipo de malha, com 2 m de altura, 4 m de largura e 36 m de comprimento, tendo as laterais e os extremos (frente e fundo) também fechados com as respectivas malhas.

### **3.2. Delineamento experimental e análise estatística**

O experimento foi conduzido segundo o esquema de parcelas subdivididas, tendo nas parcelas os ambientes (três tipos de malhas mais o controle a céu aberto), nas subparcelas as cultivares e nas subdivididas as épocas de amostragem das plantas (coletas semanais), no delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições.

Os dados das características avaliadas foram submetidos às análises de variância e de regressão. Considerou-se a época de amostragem das plantas como fator quantitativo, ajustando equações de regressão, cujos modelos foram escolhidos com base nas significâncias dos coeficientes de regressão, utilizando-se o teste t e adotando o nível de até 15% de probabilidade, no coeficiente de determinação ( $R^2 = \text{SQRegressão}/\text{SQÉpocas}$ ) e no fenômeno em estudo. Independentemente de ser ou não significativa a interação Ambiente x Cultivar x Época de avaliação, optou-se pelo seu desdobramento devido ao interesse do estudo. Dentro de cada época, as médias foram comparadas utilizando-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade. Para a comparação das médias dos dados referentes à massa fresca média de cabeça (MFMC) e massa fresca de cabeça por área (MFCA), empregou-se o teste de Duncan a 5% de probabilidade.

### **3.3. Condições de cultivo**

O preparo do solo constou de aração e gradagem, seguidas da confecção de canteiros com aproximadamente 0,20 m de altura. As adubações minerais foram realizadas de acordo com os resultados das análises química e física de solo e as Recomendações para o Uso de Corretivos e Fertilizantes em Minas Gerais – 5<sup>a</sup> Aproximação (RIBEIRO et al., 1999). Como adubação

orgânica foi utilizado esterco de curral curtido, na proporção de 5 kg/m<sup>2</sup> de canteiro.

As mudas foram produzidas em bandejas de isopor com 200 células, preenchidas com substrato comercial Plantimax®, em ambiente protegido, sendo semeadas em 18/01/02 e transplantadas aos 26 dias da semeadura.

Foi utilizado o espaçamento de 0,25 x 0,25 m entre plantas, nos canteiros. A unidade experimental foi composta de quatro canteiros com 4,0 m de comprimento, sendo dois canteiros centrais com quatro linhas cada (1 m de largura, totalizando 64 plantas cada), e dois canteiros laterais com duas linhas cada (0,70 m de largura, totalizando 32 plantas cada).

Dentro de cada ambiente foram medidas, diariamente, as temperaturas máxima e mínima do ar e a temperatura instantânea do solo as 9 h, em termômetros localizados 15 cm acima e abaixo da superfície do solo, respectivamente. As leituras da radiação PAR foram realizadas usando-se o Ceptometer, modelo SF-80 (Delta-T Devices, LTD).

As irrigações foram realizadas por microaspersão, procedendo-se ao controle da lâmina de água a ser aplicada e realizando o balanço de água no solo, com o uso de tensiômetros instalados a 15 cm de profundidade, nos respectivos ambientes.

Os demais tratos culturais foram realizados de acordo com as exigências da cultura e recomendações técnicas.

### **3.4. Avaliação do crescimento das plantas**

A partir do sétimo dia após o transplante (DAT) e a cada sete dias, foram coletadas plantas para análise de crescimento, realizada em duas plantas competitivas coletadas nas duas fileiras centrais dos dois canteiros centrais, em cada unidade experimental.

As plantas foram colhidas cortando-se o caule rente ao solo (coletor) e arrancando o sistema radical com o auxílio de enxadão. Determinaram-se as seguintes características: número de folhas/planta (NF), área foliar (AF), massas fresca (MFF) e seca de folhas (MSF), massas fresca (MFC) e seca de caule (MSC), comprimento de caule (CC), diâmetro de caule (DC), volume de caule (VC), massas fresca (MFR) e seca de raízes (MSR) e volume de raízes

(VR). A massa fresca de cabeça (MFCB) foi obtida da colheita de seis plantas/repetição realizada em 27/03/2002, aos 42 DAT, em todos os ambientes e cultivares. De posse dos valores dessas características foram calculadas ainda: a área foliar específica ( $AFE = AF/MSF$ ) e as razões parte aérea/raiz, em massas fresca e seca.

Em cada planta, consideraram-se nas análises as folhas com comprimento acima de 3,0 cm, as quais foram destacadas do caule, contadas, pesadas em balança semi-analítica e submetidas à determinação da área foliar em um integrador modelo MK2 (Delta-T Devices, England). Em seguida, as folhas foram colocadas em estufa de ventilação forçada à temperatura de 70 °C até peso constante. Procedimento semelhante foi adotado para determinação de massa seca do caule e do sistema radical.

O comprimento e o diâmetro do caule foram obtidos com o uso de régua e de paquímetro, respectivamente. O comprimento do caule correspondeu à distância entre o coleto e o ápice, tendo sido o diâmetro medido na porção mais dilatada.

Os volumes do caule e do sistema radical foram obtidos pelo método do volume de água deslocado em uma proveta.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Fatores ambientais

#### 4.1.1. Irradiância e insolação

Na Tabela 1 são apresentados resultados de medidas da radiação fotossinteticamente ativa (RFA), realizadas em condições de pleno sol e em dia nublado, nos quatro ambientes, durante a condução do experimento. Observa-se, nessa tabela, que as reduções da RFA nos ambientes foram semelhantes às diminuições especificadas pelo fabricante das malhas, exceto para o Chromatinet 30%-O, que, na realidade, reduziu cerca de 35% da RFA em vez de 30%, como especificado pelo fabricante. A proporção de atenuação da radiação proporcionada pelas malhas manteve-se em valores aproximados sob dias nublados.

Considerando que a alface é uma espécie  $C_3$  e que o ponto de saturação da fotossíntese, na maioria das culturas hortícolas, está entre 1.000-1.500  $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  (LARCHER, 2000), a redução da radiação incidente devido ao uso das malhas não teria prejudicado o crescimento da cultura em dias ensolarados, considerando-se que, nessa condição, os valores de radiação incidente estiveram próximos do ponto de saturação da fotossíntese na maioria das espécies  $C_3$ . Entretanto, nos dias nublados a redução adicional da radiação proporcionada pelas malhas pode ter limitado ainda mais o crescimento das plantas devido ao fato de esta ter caído a valores muito aquém do ponto de saturação luminoso.

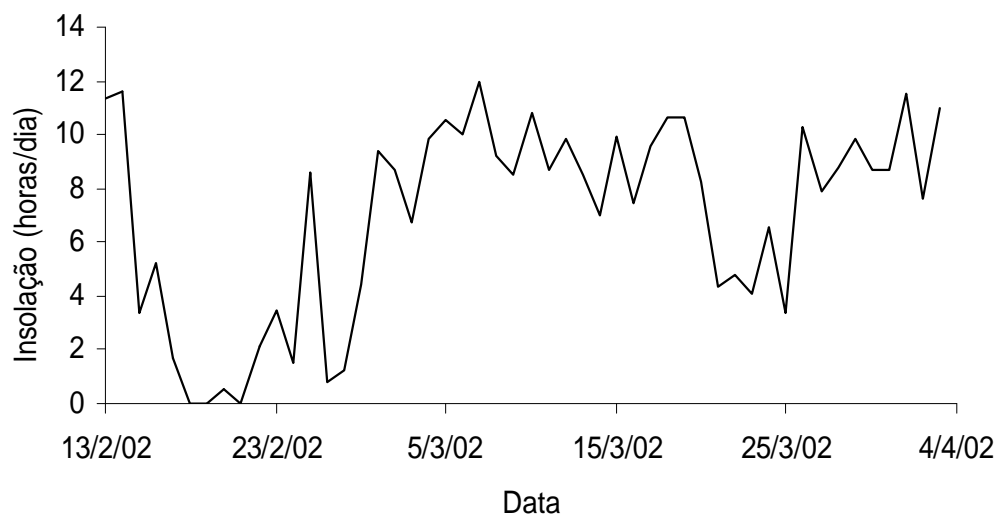
Tabela 1 – Valores médios da Radiação Fotossintética Ativa (RFA) medidos nos ambientes de cultivo em dias de céu limpo e nublado e redução média da RFA proporcionada pelas malhas

Ambiente	RFA ( $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ )		Redução Média da RFA Devido ao Tipo de Malha (%)
	Céu limpo	Nublado	
Controle	1.815	451	
Aluminet 30%-O	1.283	305	30,8
Aluminet 40%-O	1.035	260	42,6
Chromatnet 30%	1.189	283	35,8

Além da redução na radiação incidente nos ambientes sob as malhas, durante o período de condução do experimento no campo (pós-transplante), de acordo com registros da estação meteorológica da UFV, ocorreram 16 dias com menos de cinco horas de sol (Figura 1). Esse valor corresponde a aproximadamente 30% do período total de duração do experimento no campo e, certamente, pode ter reduzido os efeitos benéficos esperados das malhas sobre o crescimento das plantas via atenuação da radiação incidente. Devido à alta porcentagem de dias nublados e chuvosos que ocorreram durante o período do experimento (Figuras 1 e 2), a cultura, durante grande parte do seu desenvolvimento, certamente esteve submetida a níveis de radiação inferiores às necessidades ótimas da espécie, resultando em alongamento do caule, como será visto adiante.

#### 4.1.2. Temperatura

Observou-se menor amplitude térmica diária sob as malhas, em comparação com o controle, decorrentes de menores valores de temperaturas máximas e maiores valores de temperaturas mínimas sob as malhas. Os valores médios das temperaturas máximas foram: 33,97 °C, 31,94 °C, 31,76 °C e 30,65 °C; os das temperaturas mínimas foram: 18,07 °C, 18,39 °C, 19,46 °C e 19,50 °C, respectivamente, para Controle, Aluminet 30%-O, Aluminet 40%-O e Chromatnet 30% (Figura 3). As médias das amplitudes térmicas ( $T_{\text{máxima}} - T_{\text{mínima}}$ ) durante o cultivo foram de: 15,9 °C, 13,55 °C, 12,30 °C e 11,15 °C, respectivamente, para Controle, Aluminet 30%-O,



Fonte: Estação Meteorológica da UFV, Viçosa, MG

Figura 1 – Valores de horas de insolação/dia observados durante o período de condução do experimento.

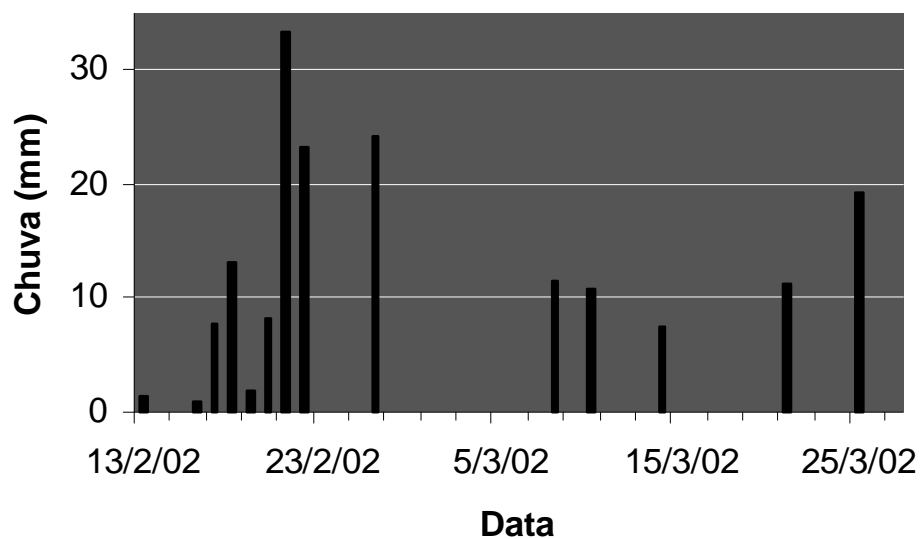


Figura 2 – Valores das chuvas (mm), medidos no local do ensaio durante o período de condução do experimento.



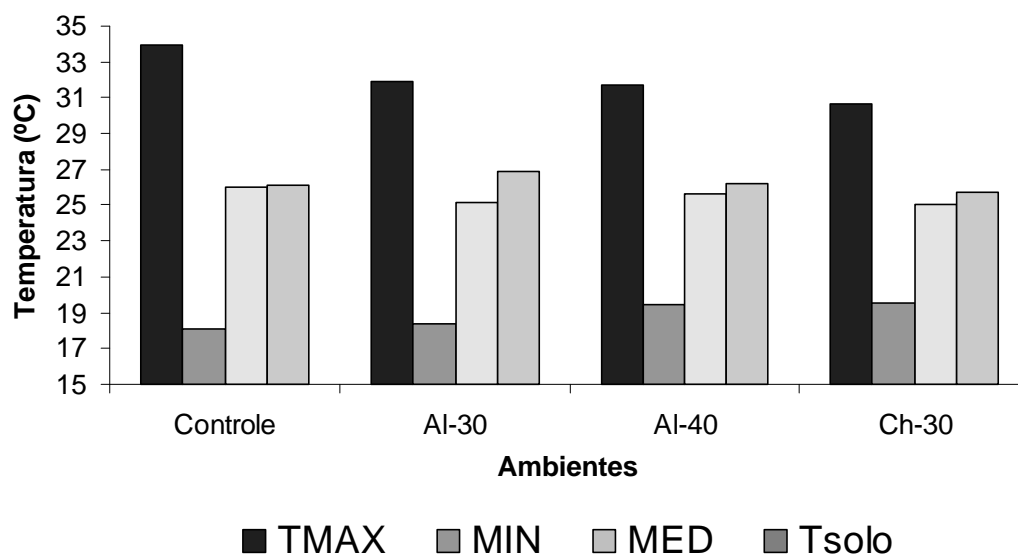


Figura 3 – Médias diárias das temperaturas máxima, mínima e média do ar e média da temperatura do solo observadas durante o período do experimento, nos quatro ambientes: Controle, Aluminet 30%-O (AL-30), Aluminet 40%-O (AL-40) e Chromatinet 30% (Ch-30).

Aluminet 40%-O e Chromatinet 30% (Figura 3). A amplitude térmica poderia ser ainda maior e mais expressiva entre os tratamentos se não houvessem ocorrido tantos dias nublados e chuvosos. Tais resultados evidenciam que as malhas atenuaram a radiação incidente sobre as plantas e, ao mesmo tempo, impediram a perda de calor para a atmosfera durante a noite.

A temperatura do solo é função, principalmente, da densidade de fluxo de radiação incidente e das suas propriedades térmicas (BURIOL et al., 1994). Neste experimento, os valores médios das temperaturas instantâneas do solo, tomadas às 9 h, foram de 26,14; 26,84; 26,18; e 25,71 °C, respectivamente para Controle, Aluminet 30%-O, Aluminet 40%-O e Chromatinet 30% (Figura 3). O comportamento verificado na variação da temperatura do solo, nas condições de realização deste trabalho, no qual foi observado alto percentual de dias nublados e chuvosos, contrasta com os resultados obtidos por Buriol et al. (1994), em experimento realizado com alface, durante o verão em Santa Maria (RS), cultivada em túneis baixos cobertos com tela preta (18, 30 e 50% de sombreamento), em que a redução na temperatura do ar, causada pela atenuação da radiação solar, foi menor do que a diminuição da temperatura do

solo. Todavia, deve-se ressaltar que a natureza das telas utilizadas por aqueles autores, bem como as condições do clima, difere das empregadas neste trabalho.

#### 4.1.3. Consumo de água

Na Figura 4 estão representados os totais de água (chuva mais irrigação) aplicados em cada ambiente estudado durante o ciclo. Os tratamentos Controle, Aluminet 30-O, Aluminet 40-O e Chromatinet 30 receberam, respectivamente, 211,42; 172,32; 163,12; e 163,12 mm. De acordo com Buriol et al. (1994), a intensidade de evaporação e da evapotranspiração e a resistência à difusão do vapor d'água dos estômatos também diminuem com a atenuação da radiação solar, ocasionando, dessa forma, menor variação da umidade do solo, o que reflete na temperatura.

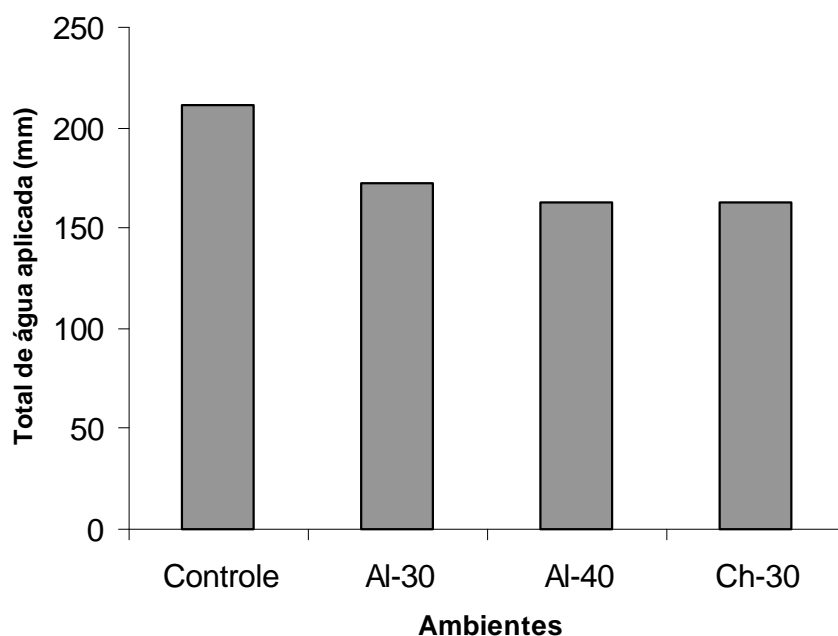


Figura 4 – Lâmina total de água aplicada (chuva mais irrigação) em cada ambiente durante o período de cultivo da alface.

A redução no volume de água total (chuva + irrigação), em relação ao Controle, foi de 18,50; 22,84; e 22,84%, respectivamente, para Aluminet 30%-O, Aluminet 40%-O e Chromatinet 30%. Essa diminuição na evapotranspiração está relacionada com a atenuação da radiação, temperatura e da própria estrutura na forma de telados fechados nos ambientes sob as malhas que, certamente, impediu a ação dos ventos, contribuindo para a redução no déficit de pressão de vapor no ambiente.

A evapotranspiração é diretamente proporcional à disponibilidade de energia solar, temperatura e velocidade do vento e inversamente proporcional à umidade relativa do ar. Um dos principais efeitos dos filmes plásticos colocados sobre as estufas é a diminuição da demanda evaporativa em função da diminuição da radiação solar e do vento, que são os principais determinantes da evapotranspiração. Por essa razão, o consumo hídrico de espécies cultivadas em ambientes protegidos é 20 a 40% inferior, em relação ao cultivo a céu aberto (MARTINS et al., 1999).

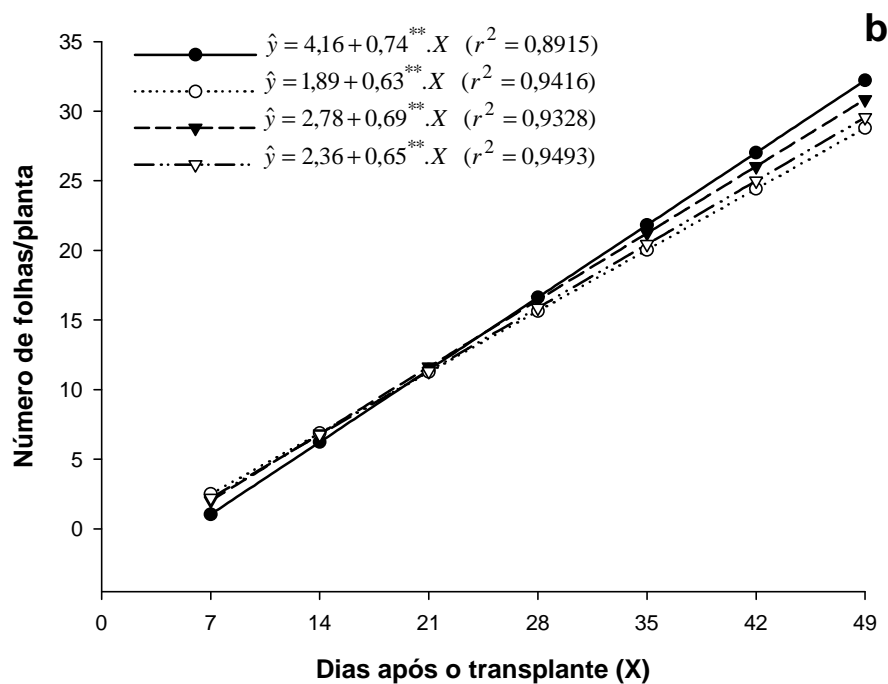
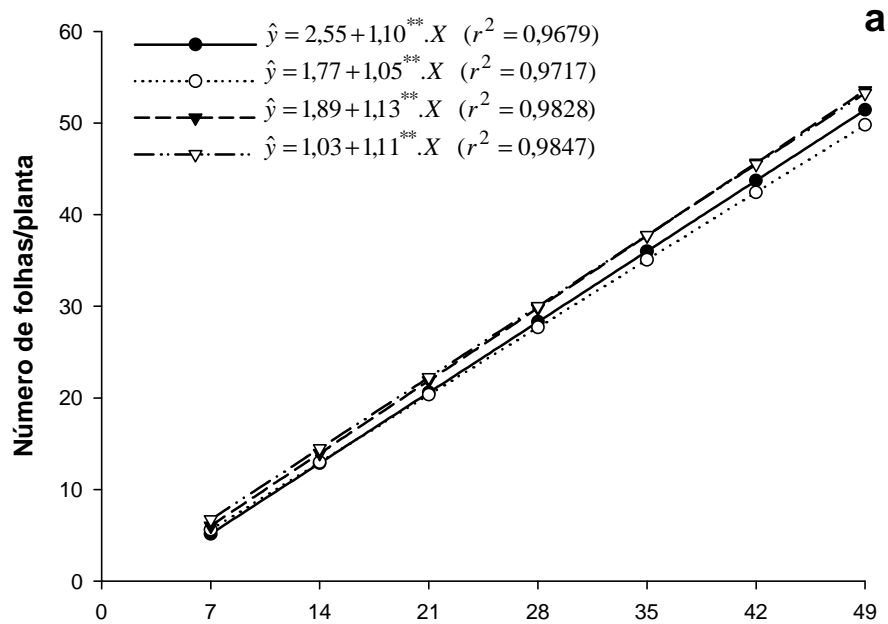
No Rio Grande do Sul, Reisser Junior (1991) concluiu que a evapotranspiração máxima da cultura da alface coberta com polietileno de baixa densidade (PEBD) foi inferior ao cultivo no campo, indicando uma menor demanda atmosférica, devido à atenuação da radiação pelo filme plástico e à ausência de vento. No verão e no inverno, os valores totais de evapotranspiração máximo em cultivo no campo foram, respectivamente, 27,13 e 33,83% maiores do que os registrados no interior da estufa.

## **4.2. Crescimento de plantas (particionamento de massa)**

### **4.2.1. Parte aérea**

#### **4.2.1.1. Folhas**

Observou-se aumento linear do número de folhas por planta (NFP), em função do aumento de dias após o transplante, nas cultivares Regina e Verônica, durante o ciclo, nos quatro ambientes (Figura 5ab). A cultivar Regina apresentou maior número de folhas em relação à 'Verônica', durante todo o desenvolvimento e em todos os ambientes (Tabela 2), podendo ser atribuído esse comportamento à constituição genética das cultivares.



\* e \*\* indicam significâncias a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t

Figura 5 – Estimativa do número de folhas/planta ( ) em função dos dias após o transplante (X) ao longo do ciclo das cultivares Regina (a) e Verônica (b), cultivadas a céu aberto (—●—) e sob as malhas Aluminet 30-O (·····○·····), Aluminet 40-O (---△---) e Chromatinet -30 (—▽—).

Tabela 2 – Número de folhas por planta das cultivares de alface Regina (R) e Verônica (V), nos ambientes Controle (Cont), Aluminet 30-O (Al30), Aluminet 40-O (Al40) e Chromatinet -30 (Ch30), nas sete épocas de coleta

Ambiente	7 DAT		14 DAT		21 DAT		28 DAT		35 DAT		42 DAT		49 DAT	
	R	V	R	V	R	V	R	V	R	V	R	V	R	V
Cont	9,2 aA	5,0 bA	11,8 aA	7,3 bA	16,0 aA	8,7 bA	25,6 aB	13,0 bA	38,3 aA	19,1 bA	45,6 aA	24,5 bA	51,2 aBC	38,6 bA
Al30	8,6 aA	4,8 bA	11,0 aA	8,1 aA	17,1 aA	8,3 bA	27,1 aAB	12,8 bA	39,1 aA	20,2 bA	40,5 aB	23,2 bA	50,3 aC	31,7 bB
Al40	9,0 aA	4,7 bA	12,7 aA	7,6 bA	18,1 aA	8,8 bA	31,0 aA	15,1 bA	38,1 aA	19,7 bA	44,2 aAB	23,5 bA	55,2 aAB	35,3 bAB
Ch30	9,2 aA	5,1 bA	14,3 aA	7,0 bA	19,7 aA	8,3 bA	28,8 aAB	13,6 bA	38,0 aA	20,8 bA	43,5 aAB	23,8 bA	56,1 aA	32,2 bB

Dentro de cada época de coleta (DAT), médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Queiroga et al. (2001), avaliando o comportamento de três cultivares de alface (Great Lakes, Verônica e Regina), sombreadas por três tipos de telas (branca e verde com malha de 2 x 2 mm e preta com malha irregular) na fase de muda, em condições de temperatura e luminosidades elevadas, observaram aumento do NFP sob as malhas, tendo a cultivar Regina se destacado das demais quanto a essa característica.

Até 42 DAT não foram observadas diferenças significativas entre as duas cultivares com relação aos ambientes, à exceção da 'Regina', que sob Aluminet 30%, nas duas últimas avaliações, apresentou menores valores dessa característica (Tabelas 2). Entretanto, seria esperado que as plantas cultivadas sob limitação de luz apresentassem tendência de reduzir a taxa de emissão de folhas em função de as reservas serem desviadas para o crescimento de outros órgãos, a exemplo do caule, como será visto mais adiante.

Gimenes et al. (1994) obtiveram resultados similares com alface 'Regina' cultivada em túneis baixos cobertos com telas de sombreamento preto com 18, 30 e 50% de atenuação da radiação solar, evidenciando ser esse tipo de comportamento controlado geneticamente. O tratamento de 30% de atenuação da radiação solar foi o que proporcionou maior aumento do número de folhas por planta, tendo esse incremento se mantido até o final do período avaliado, que foi de seis semanas após o plantio. Neste trabalho, a atenuação de 30% (Aluminet 30%-O) foi justamente o que proporcionou menor NFP, nas duas últimas avaliações, na cultivar Regina.

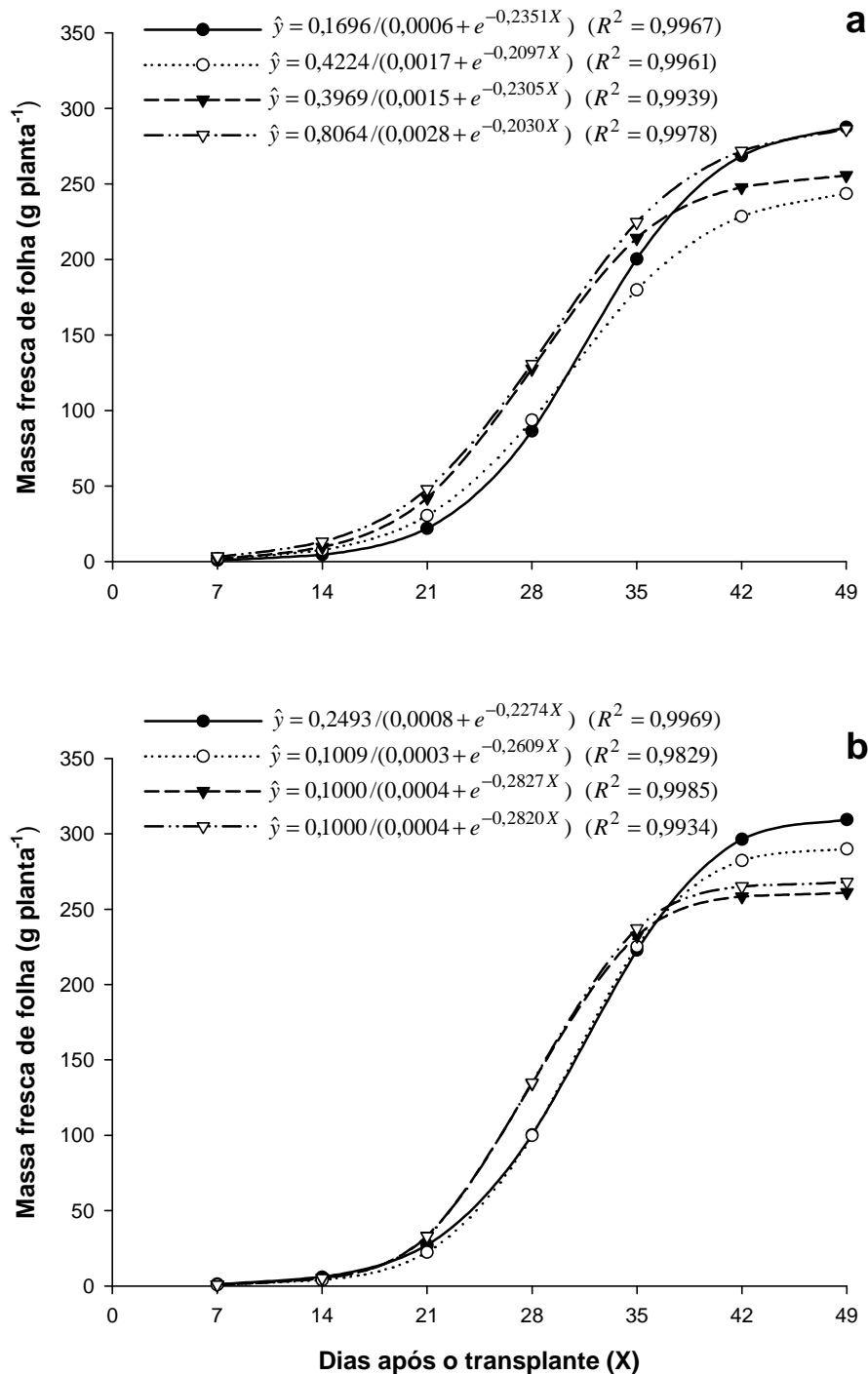
Resultados contrastantes referentes ao maior crescimento das plantas em ambiente protegido vêm sendo verificados por outros autores. Streck et al. (1994), em Santa Maria (RS), verificaram maiores valores no número de folhas das duas cultivares de alface cultivadas sob túnel baixo, no inverno e na primavera, em comparação com o cultivo em ambiente externo. Tal efeito, provavelmente, foi devido às baixas temperaturas observadas no inverno gaúcho. Segovia et al. (1997), durante o inverno de Santa Maria, comparando três cultivares de alface em ambiente natural e sob estufa plástica, verificaram aumento significativo no número de folhas ao longo de todo o período avaliado no cultivo em estufa.

A massa fresca das folhas (MFF) de ambas as cvs. apresentou, nos ambientes, comportamento sigmóide, com incremento expressivo de massa no período compreendido entre os 21 e 35 DAT (Figura 6ab e Tabela 3). Carvalho (2001), trabalhando com plantas de *Tanacetum parthenium* L. submetidas a níveis de sombreamento de 40 e de 50% e utilizando telas plásticas de sombreamento pretas, observou que a redução na irradiância incidente proporcionada pela tela não alterou significativamente o acúmulo de massas fresca e seca, apesar de ter aumentado significativamente a altura e área foliar total de cada planta.

A partir dos 35 DAT houve tendência à estabilização no acúmulo de MF nas folhas, indicando que, a partir desse estágio, a planta está entrando no final do período vegetativo, correspondendo ao ponto de colheita comercial das folhas, a partir do qual ocorre grande investimento, por parte da planta, nas estruturas que irão suportar a fase reprodutiva, que se manifesta com acúmulo de massa e alongamento do caule, como será visto adiante.

Foram verificadas diferenças significativas entre as duas cultivares, com a 'Verônica' apresentando maior massa fresca de folhas que a 'Regina' em alguns ambientes a partir dos 28 DAT, todavia sem ter comportamento bem definido (Tabela 3). A 'Verônica' exibiu menor número de folhas por planta, todavia tendeu a apresentar mais MFF, o que evidencia a maior massa média de folhas, resultando em maior acúmulo de MFF que a 'Regina'. As plantas cultivadas a céu aberto, apesar de não diferirem estatisticamente dos demais tratamentos durante o ciclo, tiveram maior incremento de MFF nas duas últimas avaliações. Tal comportamento evidencia que as plantas nos ambientes sob malhas estariam entrando em fase reprodutiva mais precocemente, o que exigiria um manejo diferenciado em termos de colheita mais precoce do que a céu aberto.

Quanto à massa seca de folhas (MSF), diferentemente da MFF, verificou-se aumento progressivo durante todo o ciclo (Figuras 7ab), indicando que, ao alcançar o final da fase vegetativa e entrar na fase reprodutiva, as folhas foram se tornando menos tenras, aumentando mais a massa seca, com menor teor de água. Apesar do comportamento semelhante das cvs. ao longo do ciclo, a cultivar Verônica superou a 'Regina' em MSF no ambiente Aluminet 30%-O, respectivamente aos 35 e 42 DAT, enquanto sob Aluminet 40%-O esta superou aquela aos 42 e 49 DAT, respectivamente (Tabela 4). Quanto aos



\* e \*\* indicam significâncias a 5 e a 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t

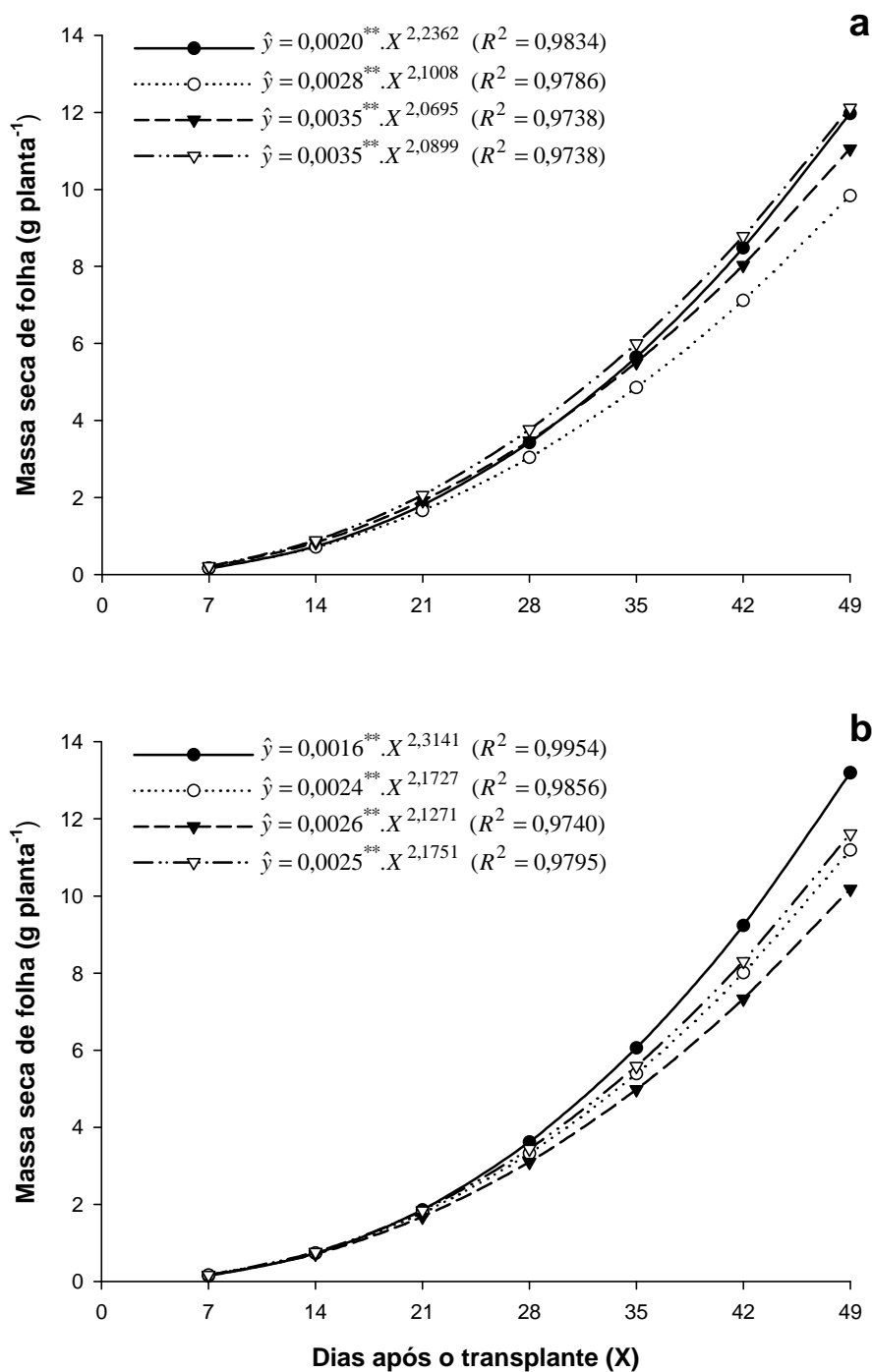
Figura 6 – Estimativa da massa fresca de folhas ( ) em função dos dias após o transplante (X) ao longo do ciclo das cultivares Regina (a) e Verônica (b), cultivadas a céu aberto (—●—) e sob as malhas Aluminet 30-O (·····○·····), Aluminet 40-O (---△---) e Chromatinet -30 (—▽—).



Tabela 3 – Massa fresca de folhas ( $\text{g planta}^{-1}$ ) das cultivares de alface Regina (R) e Verônica (V), nos ambientes Controle (Cont), Aluminet 30-O (Al30), Aluminet 40-O (Al40) e Chromatinet -30 (Ch30), nas sete épocas de coleta

Ambiente	7 DAT		14 DAT		21 DAT		28 DAT		35 DAT		42 DAT		49 DAT	
	R	V	R	V	R	V	R	V	R	V	R	V	R	V
Cont	2,72 aA	2,01 aA	8,12 aA	12,60 aA	24,31 aA	25,22 aA	87,25 aA	96,37 aA	194,31 bAB	230,45 aA	281,87 aA	283,12 aAB	278,30 bAB	325,32 aA
Al30	2,53 aA	2,48 aA	9,76 aA	12,73 aA	23,46 aA	26,28 aA	100,87 aA	99,87 aA	171,50 bB	212,97 aA	236,25 bAB	310,62 aA	239,02 aB	266,95 aB
Al40	3,18 aA	2,76 aA	12,01 aA	13,36 aA	35,43 aA	34,12 aA	135,13 aA	130,71 aA	203,11 bAB	239,93 aA	261,25 aAB	254,37 aB	249,10 aB	263,32 aB
Ch30	3,08 aA	3,05 aA	15,67 aA	12,45 aA	40,62 aA	31,02 aA	136,45 aA	127,27 aA	223,88 aA	253,93 aA	263,75 aB	273,12 aAB	292,82 aA	256,82 bB

Dentro de cada época de coleta (DAT), médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.



\*\* indica significância a 1% de probabilidade, pelo teste t

Figura 7 – Estimativa da massa seca de folhas ( ) em função dos dias após o transplante (X) ao longo do ciclo das cultivares Regina (a) e Verônica (b), cultivadas a céu aberto (—●—) e sob as malhas Aluminet 30-O (·····○·····), Aluminet 40-O (---△---) e Chromatinet -30 (—▽—).

Tabela 4 – Massa seca de folhas (g planta<sup>-1</sup>) das cultivares de alface Regina (R) e Verônica (V), nos ambientes Controle (Cont), Aluminet 30-O (Al30), Aluminet 40-O (Al40) e Chromatinet -30 (Ch30), nas sete épocas de coleta

Ambiente	7 DAT		14 DAT		21 DAT		28 DAT		35 DAT		42 DAT		49 DAT	
	R	V	R	V	R	V	R	V	R	V	R	V	R	V
Cont	0,18 aA	0,14 aA	0,51 aA	0,69 aA	1,71 aA	1,75 aA	4,47 aA	4,23 aA	5,86 aAB	6,71 aA	8,78 aA	7,80 aA	10,80 bA	13,23 aA
Al30	0,16 aA	0,15 aA	0,58 aA	0,69 aA	1,63 aA	1,73 aA	4,80 aA	4,36 aA	4,38 bC	6,41 aA	6,70 bB	7,80 aA	8,77 aB	8,43 aB
Al40	0,20 aA	0,14 aA	0,61 aA	0,63 aA	2,01 aA	1,82 aA	5,45 aA	5,08 aA	5,10 aBC	4,87 aB	7,78 aAB	6,23 bB	9,47 aAB	8,35 bB
Ch30	0,18 aA	0,16 aA	0,86 aA	0,65 aA	2,27 aA	1,82 aA	5,50 aA	5,13 aA	6,65 aA	6,46 aA	6,98 aB	7,38 aAB	10,00 aAB	9,13 aB

Dentro de cada época de coleta (DAT), médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

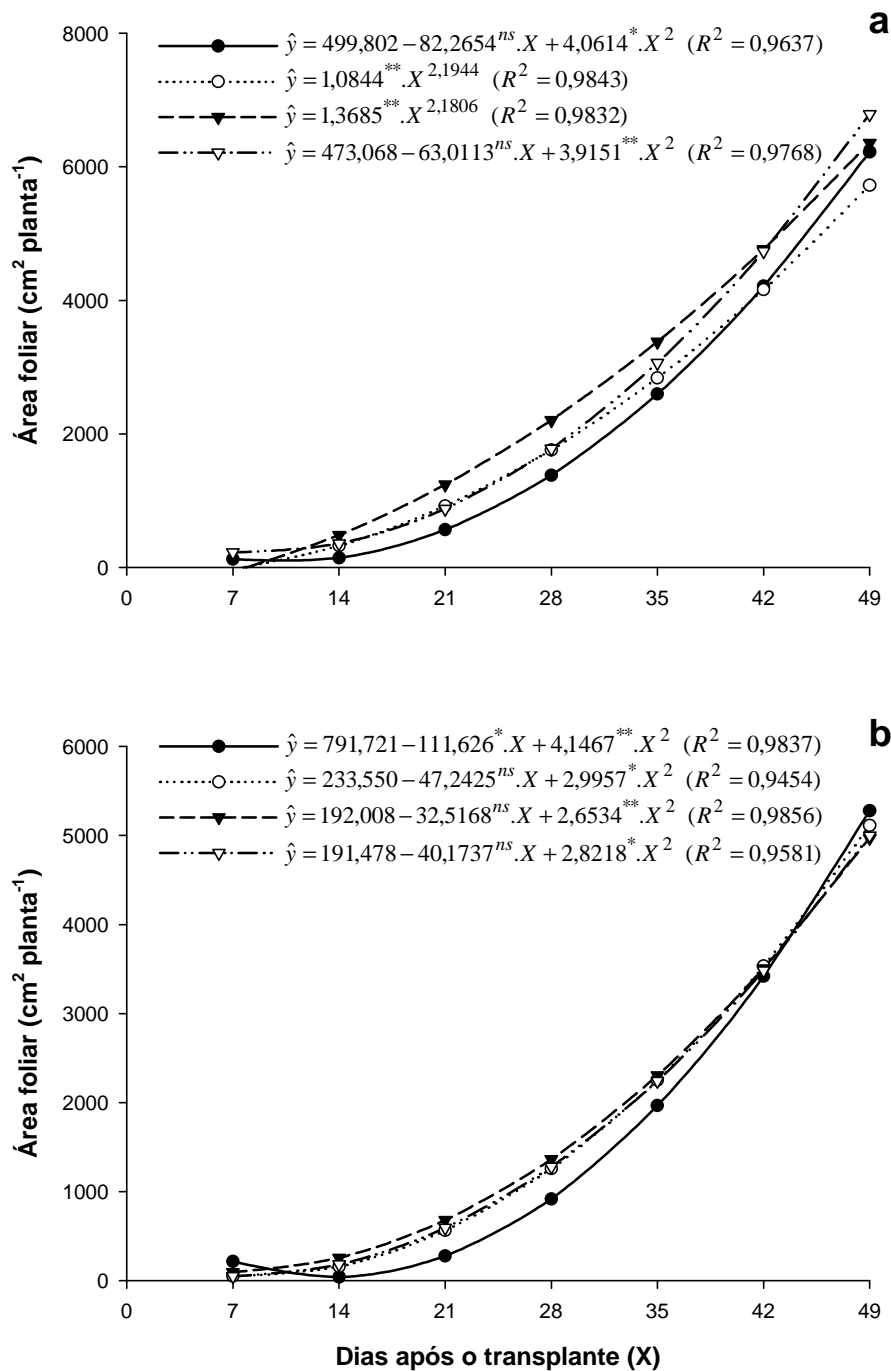
ambientes de cultivo, plantas cultivadas a céu aberto apresentaram maior incremento de MSF a partir dos 28 DAT, sobretudo a 'Verônica', alcançando maiores valores nas últimas avaliações, evidenciando que essas folhas ficaram menos tenras que as de plantas cultivadas sob as malhas, portanto com menor aceitação comercial em mercados mais exigentes (Tabela 4).

Ramos (1995), trabalhando com alface nas condições de Mossoró, verificou que o sombreamento proporcionou maior altura de plantas e maior produção de massa seca, tanto na fase de formação de mudas quanto na fase de campo. A maior produtividade foi observada em mudas sombreadas, com a cultivar Great Lakes se destacando das demais.

Segundo Tei et al. (1996), o acúmulo de massa seca em planta resulta do balanço entre a radiação fotossinteticamente ativa incidente e a absorvida pelas folhas; da eficiência média de conversão da radiação absorvida em massa seca; e da partição desta entre as partes coletoras de luz e o restante da planta. Portanto, neste trabalho a redução nos níveis de radiação fotossinteticamente ativa incidente sobre as plantas de alface, em consequência das malhas, teria sido responsável pelo menor acúmulo de massa seca das folhas nesses ambientes na fase final do ciclo.

A área foliar (AF) apresentou comportamento semelhante à MSF, com as cvs. apresentando incremento progressivo de área durante o ciclo nos diferentes ambientes (Figura 8ab). Todavia, os incrementos da área foliar foram observados, sobretudo, a partir dos 14 DAT, os quais se mantiveram até a última coleta. A cv. Regina passou a distinguir da 'Verônica' a partir da terceira época de avaliação, apresentando, estatisticamente, maior área foliar que a 'Verônica' em quase todos os ambientes (Tabela 5), fato decorrente do maior número de folhas/planta apresentado por essa cv. (Tabela 2). A atenuação da irradiância no cultivo sob as malhas propiciou maiores valores de área foliar a partir dos 21 DAT, sobretudo na 'Regina' (Tabela 5), demonstrando que essa cv. apresenta maior ajuste às condições de menor irradiância via expansão da área foliar. Todavia, sob Aluminet 30%-O, observou-se pior desempenho na última avaliação dessa cultivar.

Segundo Dickson (1991), a força dos drenos é, provavelmente, o principal fator controlador da distribuição dos fotoassimilados dentro da planta. Em alface no estado vegetativo, as folhas em expansão constituem-se em



\*, \*\* e ns indicam significâncias a 5 e 1% e não-significativo a 5% de probabilidade, pelo teste t

Figura 8 – Estimativa de área foliar ( ) em função dos dias após o transplante (X) ao longo do ciclo das cultivares Regina (a) e Verônica (b), cultivadas a céu aberto (—●—) e sob as malhas Aluminet 30-O (·····○·····), Aluminet 40-O (—▲—) e Chromatinet -30 (—▽—).

Tabela 5 – Área foliar ( $\text{cm}^2 \text{ planta}^{-1}$ ) das cultivares de alface Regina (R) e Verônica (V), nos ambientes Controle (Cont), Aluminet 30-O (Al30), Aluminet 40-O (Al40) e Chromatinet -30 (Ch30), nas sete épocas de coleta

Ambiente	7 DAT		14 DAT		21 DAT		28 DAT		35 DAT		42 DAT		49 DAT	
	R	V	R	V	R	V	R	V	R	V	R	V	R	V
Cont	91,55 aA	51,22 aA	224,72 aA	220,65 aA	595,90 aA	393,97 aA	1.419,07 aB	1.066,87 aA	1.949,35 a C	1.454,70 aA	5.041,02 aA	3.597,52 bB	5.914,20 aBC	5.325,07 bA
Al30	94,87 aA	58,55 aA	295,57 aA	273,12 aA	631,50 aA	455,82 aA	1.834,55 aB	1.208,60 bA	2.739,80 aAB	1.770,57 bA	4.667,15 aA	4.448,75 aA	5.425,65 aC	4.710,20 bA
Al40	111,77 aA	64,50 aA	328,85 aA	293,52 aA	887,32 aA	594,57 aA	2.638,35 aA	1.689,47 bA	3.108,02 aA	1.911,70 bA	5.137,30 aA	3.644,42 bB	6.152,55 aAB	4.975,15 bA
Ch30	119,35 aA	70,12 aA	457,10 aA	228,25 aA	946,29 aA	475,35 aA	2.079,92 aAB	1.425,15 bA	2.317,97 aBC	1.719,45 bA	5.172,27 aA	4.195,70 bAB	6.726,07 aA	4.709,77 bA

Dentro de cada época de coleta (DAT), médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

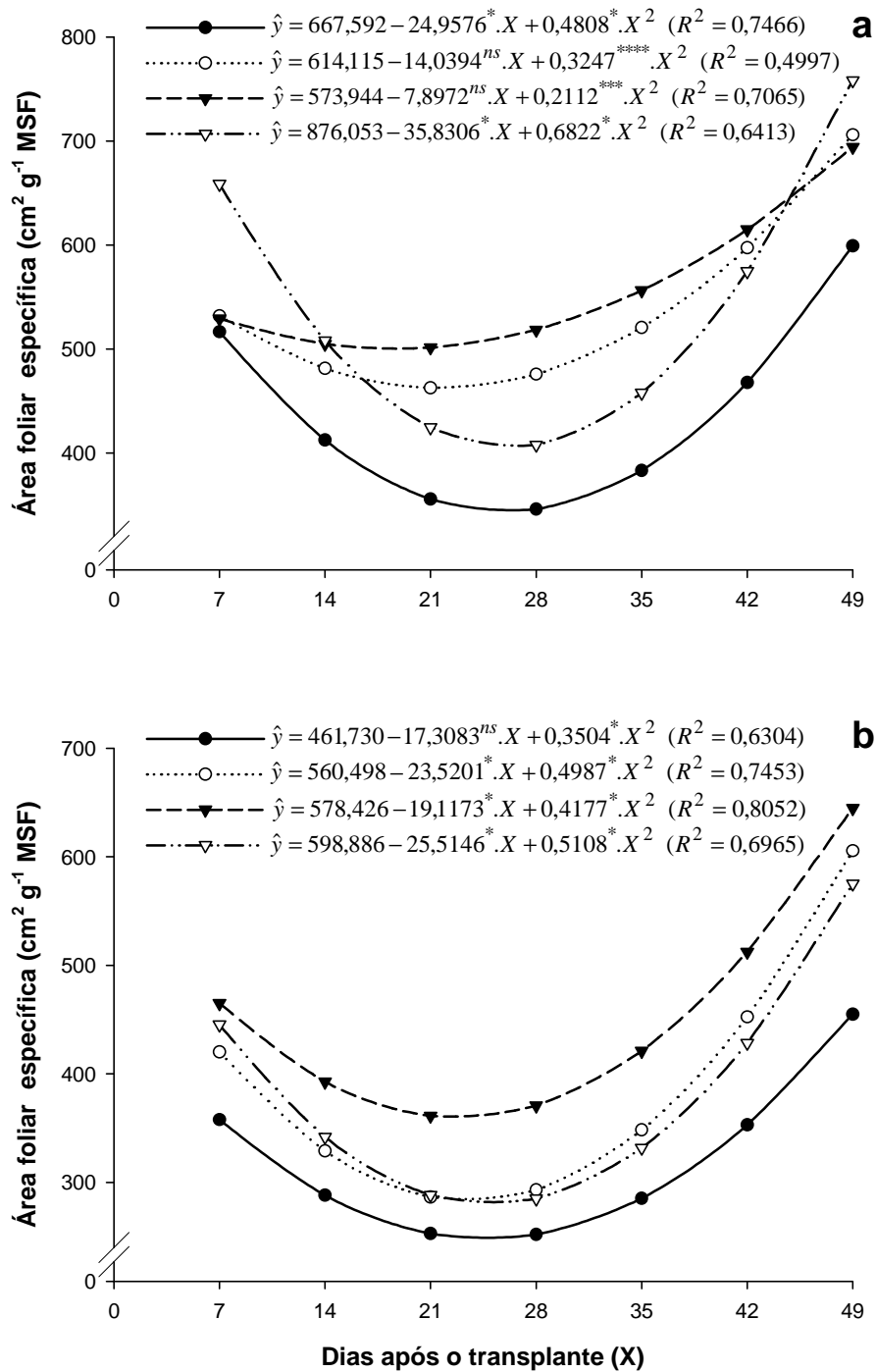
fortes drenos; com o início da fase reprodutiva e da senescência foliar, outros órgãos passam a desempenhar maior força como dreno, alterando a relação fonte – dreno dentro da planta.

Em alface cultivada sob níveis menores de irradiância ocorre, proporcionalmente, camada do parênquima paliçádico menos espessa que do parênquima lacunoso (AVRDC,1990), tornando as folhas mais tenras, indicada para mercados e consumidores mais exigentes.

A área foliar específica (AFE) apresentou decréscimos na fase inicial do ciclo, seguido de aumento na faixa compreendida entre 21 e 28 DAT, com a cv. Verônica apresentando comportamento mais uniforme que a 'Regina' nos ambientes (Figura 9ab e Tabela 6). O decréscimo da AFE na fase inicial do ciclo evidencia que a planta investiu mais em termos de MSF em detrimento da expansão foliar, provavelmente em decorrência do processo de adaptação aos ambientes de cultivo após o transplante das mudas, como forma de reduzir a perda d'água por transpiração. Ao longo do ciclo, com as plantas em franco crescimento essa razão volta a crescer, decorrente do investimento no aparato fotossintético. Além disso, na fase inicial do ciclo o processo de formação das folhas e o crescimento dessas se dão essencialmente pela divisão celular e, posteriormente, pela expansão celular, resultando em incremento dessa razão na fase final do ciclo (TANAKA et al., 1974).

Peluzio (1991), trabalhando com tomate em plantio a céu aberto, observou queda da área foliar específica com a ontogenia das plantas. Esse declínio foi atribuído a uma maior redução ou paralisação na expansão da área foliar, aliado a um incremento nas taxas de senescência e abscisão foliar e ausência da emissão de novas folhas, do que ao aumento da massa seca foliar.

A cv. Regina apresentou maior AFE que a cv. Verônica em praticamente todos os ambientes e em todas as épocas (Figura 9ab e Tabela 6), o que foi decorrente da maior AF dessa cv. (Tabela 5). A maior AFE evidencia que as folhas da cv. Regina foram menos espessas que da 'Verônica', portanto teriam melhor aceitação comercial. Ambas as cvs., quando cultivadas sob os três tipos de malhas, apresentaram maiores valores absolutos de AFE que as cultivadas a céu aberto, embora não tenham diferido estatisticamente em todas as épocas. Tal comportamento foi observado em quase todas as avaliações



\*, \*\*, \*\*\*, \*\*\*\* e ns indicam significâncias a 5, 1, 10 e 15% e não-significativo a 15% de probabilidade, pelo teste t

Figura 9 – Estimativa de área foliar específica ( ) em função dos dias após o transplante (X) ao longo do ciclo das cultivares Regina (a) e Verônica (b), cultivadas a céu aberto (—●—) e sob as malhas Aluminet 30-O (…○…), Aluminet 40-O (—▲—) e Chromatinet -30 (—▽—).



Tabela 6 – Área foliar específica ( $\text{cm}^2 \text{g}^{-1} \text{MSF}$ ) das cultivares de alface Regina (R) e Verônica (V), nos ambientes Controle (Cont), Aluminet 30-O (Al30), Aluminet 40-O (Al40) e Chromatinet -30 (Ch30), nas sete épocas de coleta

Ambiente	7 DAT		14 DAT		21 DAT		28 DAT		35 DAT		42 DAT		49 DAT	
	R	V	R	V	R	V	R	V	R	V	R	V	R	V
Cont	506,71 aB	356,12 bA	443,75 aA	311,87 b B	349,75 aA	226,63 bA	317,83 aB	252,01 aA	334,26 aB	227,89 bB	573,84 aB	462,26 bB	553,77 aB	406,66 bB
Al30	562,77 aAB	395,70 bA	497,49 aA	391,46 bAB	386,39 aA	263,76 bA	382,52 aAB	277,10 bA	628,38 aA	276,36 bB	697,86 aA	569,94 bAB	619,44 aAB	560,63 aA
Al40	541,42 aB	441,75 bA	526,93 aA	461,55 aA	441,07 aA	324,61 bA	483,46 aA	334,68 bA	614,17 aA	409,39 bA	658,99 aAB	585,52 aA	652,33 aAB	610,29 aA
Ch30	658,54 aA	453,79 bA	531,53 aA	353,77 bAB	415,61 aA	260,92 bA	380,70 aAB	277,17 bA	359,58 aB	272,61 aB	770,80 aA	568,73 bAB	672,72 aA	508,57 bAB

Dentro de cada época de coleta (DAT), médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

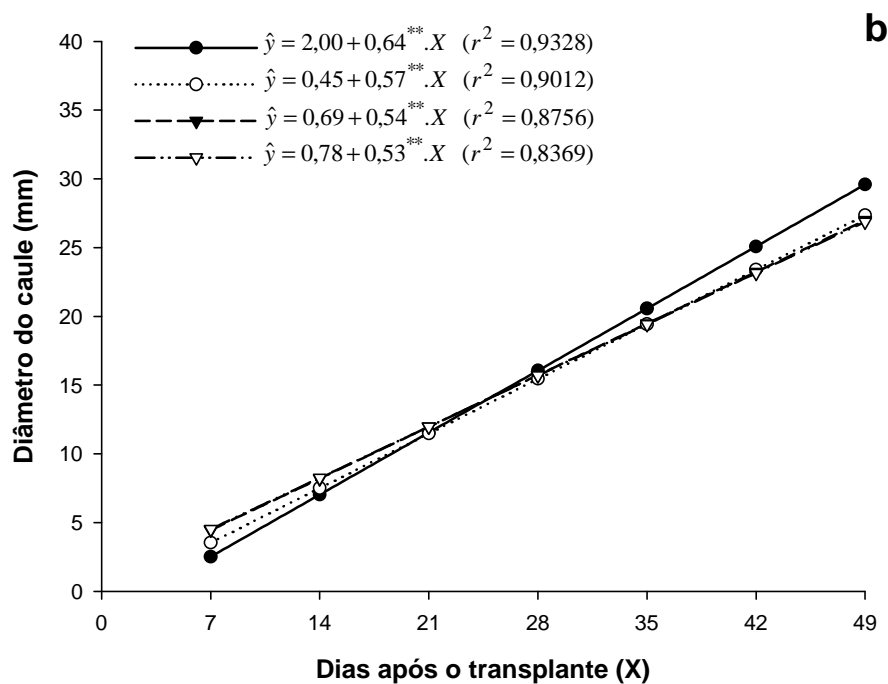
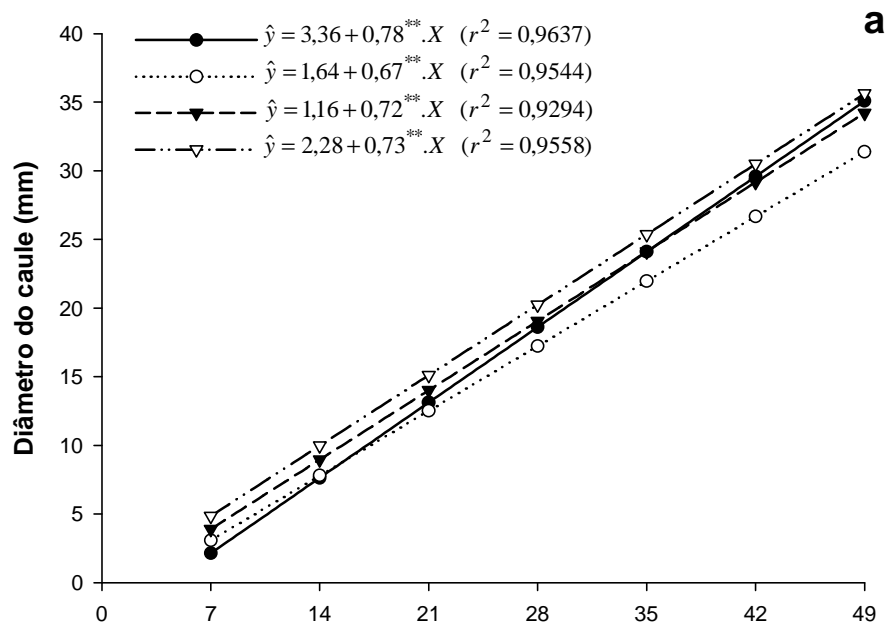
(Figura 9ab e Tabela 6), sobretudo nas avaliações no final do ciclo; conseqüentemente, o cultivo sob as malhas proporcionou folhas menos espessas. Segundo Cutter (1987), folhas de sombra caracteristicamente têm maior área de limbo e são menos espessas. Esse tipo de comportamento é decorrente da adaptação da planta, quanto ao órgão coletor de luz, de forma a maximizar a captação da energia radiante que, sob tais condições, é fator limitante do crescimento da planta.

Sob maior atenuação de radiação incidente, observou-se, portanto, maior expansão da área foliar em detrimento do acúmulo de MS. Em alface, isso ocorre em razão de as camadas do parênquima paliçádico serem, proporcionalmente, menos espessas que as do parênquima lacunoso sob limitação de luz (AVRDC, 1990). Conseqüentemente, as folhas apresentam-se mais tenras, o que é uma característica desejável em termos de comercialização, sobretudo em mercados mais exigentes em termos de textura do produto.

#### **4.2.1.2. Caule**

Em relação ao diâmetro do caule (DC), observou-se aumento linear durante o ciclo das duas cultivares (Figura 10ab), com a ressalva de que, a partir dos 14 DAT, a 'Regina' passou a apresentar maior diâmetro que a 'Verônica', na maioria dos ambientes (Tabela 7), o que se deveu a características dessa cv., decorrentes do fato de ela apresentar internódios mais curtos. Observou-se ainda que, nas fases iniciais, as plantas sob as malhas apresentaram maiores valores de diâmetro de caule, tendendo a se inverter na fase final, principalmente na cultivar Verônica (Tabela 7).

O crescimento do caule em diâmetro, de forma contínua, em ambas as cvs. nos ambientes, é decorrente da característica da espécie, como observado no número de folhas/planta (Tabela 2). O menor diâmetro de caule da 'Verônica', comparado ao da 'Regina', com o passar do tempo, sobretudo no cultivo sob as malhas, é uma característica varietal e evidencia a maior suscetibilidade dessa cv. ao estiolamento, promovendo o alongamento do caule, como será visto adiante.



\*\* indica significância a 1% de probabilidade, pelo teste de t

Figura 10 – Estimativa de diâmetro de caule ( ) em função dos dias após o transplante (X) ao longo do ciclo das cultivares Regina (a) e Verônica (b), cultivadas a céu aberto (—) e sob as malhas Aluminet 30-O (·····), Aluminet 40-O (---) e Chromatinet -30 (—·—·).

Tabela 7 – Diâmetro do caule (mm) das cultivares de alface Regina (R) e Verônica (V), nos ambientes Controle (Cont), Aluminet 30-O (Al30), Aluminet 40-O (Al40) e Chromatinet -30 (Ch30), nas sete épocas de coleta

Ambiente	7 DAT		14 DAT		21 DAT		28 DAT		35 DAT		42 DAT		49 DAT	
	R	V	R	V	R	V	R	V	R	V	R	V	R	V
Cont	3,12 aA	2,25 aA	6,50 aA	7,25 aA	10,50 aB	9,75 aA	19,25 aB	14,87 bB	27,25 aAB	25,50 aA	31,50 aA	26,37 bA	32,12 aA	26,37 bA
Al30	3,00 aA	2,12 aA	6,75 aA	7,25 aA	10,37 aB	10,12 aA	19,87 aB	17,62 aAB	24,62 aB	22,25 bB	27,62 aB	26,25 aA	28,37 aB	22,50 bB
Al40	3,37 aA	2,87 aA	6,75 aA	7,62 aA	12,50 aAB	10,00 bA	23,25 aA	19,62 bA	27,37 aAB	23,62 bAB	30,12 aAB	23,37 bA	30,00 aAB	22,87 bB
Ch30	3,25 aA	2,75 aA	8,87 aA	7,37 aA	15,00 aA	10,12 bA	23,37 aA	19,37 bA	28,37 aA	24,75 bAB	30,50 aAB	23,75 bA	32,25 aA	21,75 bB

Dentro de cada época de coleta (DAT), médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

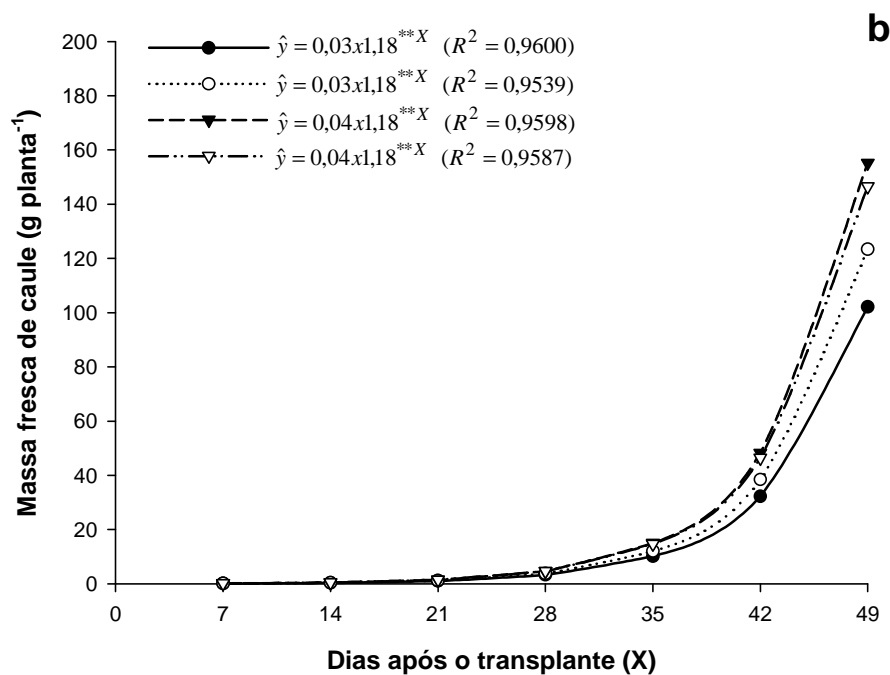
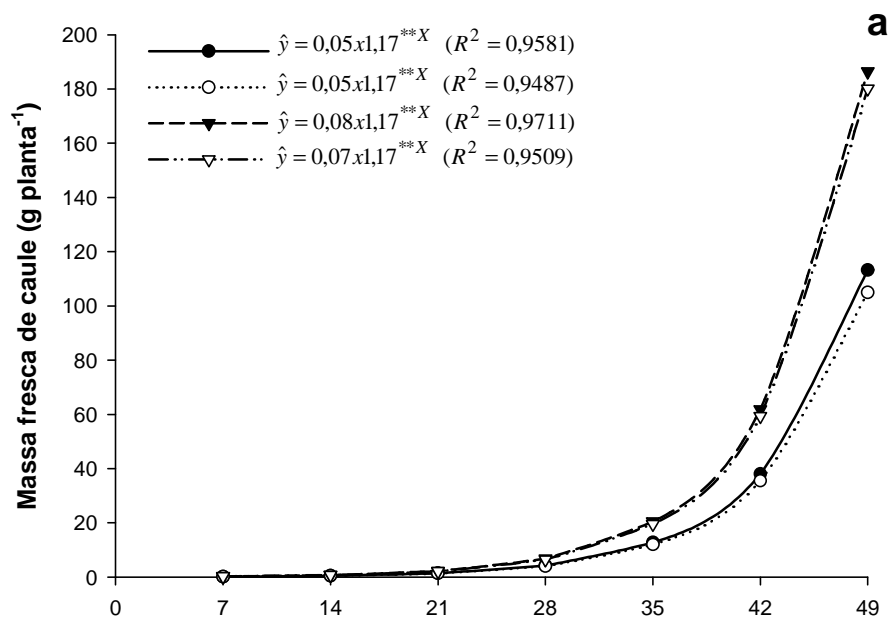
A massa fresca de caule (MFC) permaneceu praticamente inalterada até os 28 DAT, a partir de que começou a aumentar, ressaltando-se que esse aumento acentuou-se dos 42 aos 49 dias (Figura 11ab e Tabela 8). Com relação às cultivares, a 'Regina' apresentou maior massa fresca de caule que a 'Verônica' na última avaliação, sob as malhas Aluminet 40%-O e Chromatinet - 30%, e essas malhas também proporcionaram maiores valores que os outros ambientes, enquanto sob Aluminet 30%-O a 'Verônica' apresentou maior MFC que a 'Regina' (Tabela 8).

Quanto à massa seca de caule (MSC), o comportamento ao longo do ciclo foi semelhante ao da MFC, com grandes incrementos a partir dos 35 DAT (Figura 12ab e Tabela 9), principalmente na cultivar Regina e nos ambientes Aluminet 40%-O e Chromatinet 30%. O aumento de massa seca de caule a partir dos 35 DAT possivelmente deveu-se ao fato de o caule ter atuado como forte dreno de fotoassimilados quando em crescimento, conforme observado por Peluzio (1991) em plantas de tomate.

O caule, apesar de ser o órgão condutor, pode também se constituir em dreno de fotoassimilados (TANAKA et al., 1974).

Esse comportamento, em termos de massas fresca e seca de caule, é decorrente do direcionamento de reservas das plantas para o caule durante o desenvolvimento, o qual se acentua à medida que se encaminha para o final da fase de crescimento vegetativo e com o início da fase reprodutiva que se caracteriza, principalmente, pelo alongamento do caule, como será visto a seguir.

Tal como no acúmulo de massa no caule, observou-se aumento do comprimento do caule (CC) durante o ciclo, em ambas as cvs. e nos ambientes, o qual se intensificou a partir dos 35 DAT (Figura 13ab), sendo esse aumento mais acentuado nos ambientes sob Aluminet 40%-O e Chromatinet 30% e, na cultivar Verônica, nas duas últimas avaliações (Figura 13ab e Tabela 10). Tal comportamento é típico da alface sob limitação de luz. Segundo Morelli e Rubert (2000), apesar de as respostas ao sombreamento serem diversas, o estímulo no crescimento das plantas em altura é uma das respostas mais características e rápidas do sombreamento.



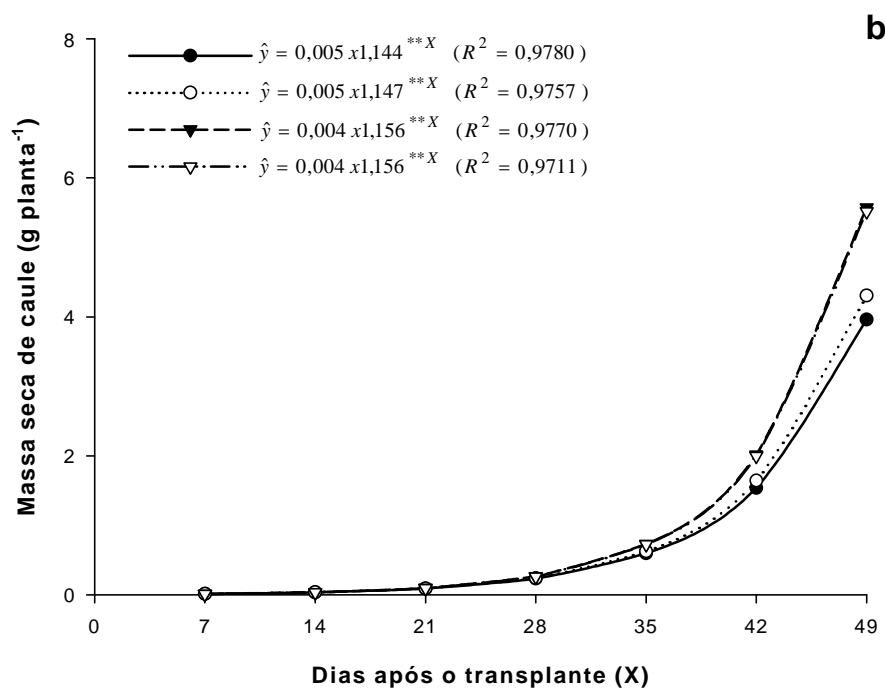
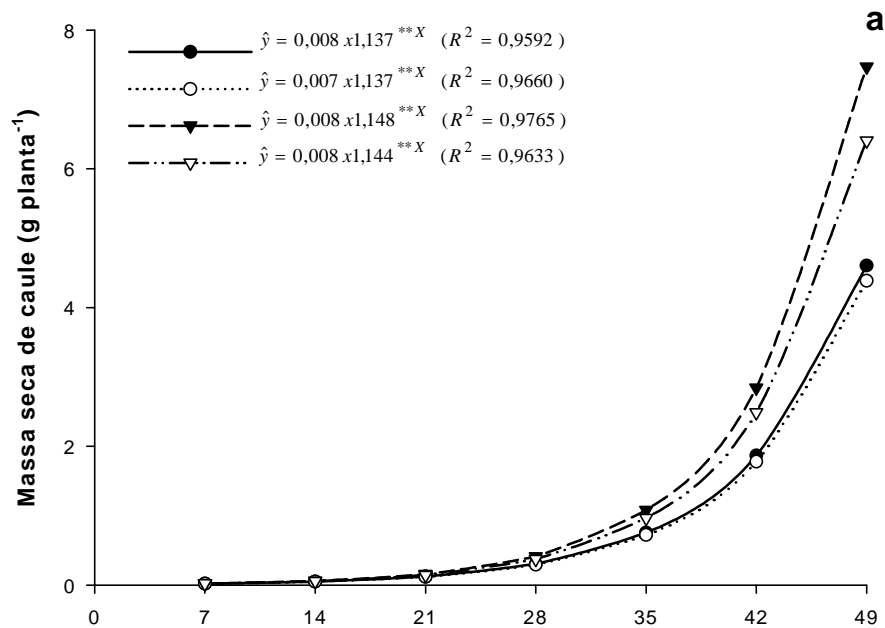
\*\* indica significância a 1% de probabilidade, pelo teste t

Figura 11 – Estimativa de massa fresca de caule ( ) em função dos dias após o transplante (X) ao longo do ciclo das cultivares Regina (a) e Verônica (b), cultivadas a céu aberto (—●—) e sob as malhas Aluminet30-O (·····○·····), Aluminet40-O (—▲—) e Chromatinet-30 (—▽—).

Tabela 8 – Massa fresca de caule ( $\text{g planta}^{-1}$ ) das cultivares de alface Regina (R) e Verônica (V), nos ambientes Controle (Cont), Aluminet 30-O (Al30), Aluminet 40-O (Al40) e Chromatinet -30 (Ch30), nas sete épocas de coleta

Ambiente	7 DAT		14 DAT		21 DAT		28 DAT		35 DAT		42 DAT		49 DAT	
	R	V	R	V	R	V	R	V	R	V	R	V	R	V
Cont	0,08 aA	0,04 aA	0,56 aA	0,53 aA	1,74 aA	1,40 aA	7,38 aA	4,40 aA	18,75 aA	13,33 aA	41,87 aBC	31,87 bA	56,25 aB	61,05 aB
Al30	0,07 aA	0,04 aA	0,60 aA	0,63 aA	1,65 aA	1,46 aA	8,11 aA	5,40 aA	16,17 aA	15,22 aA	36,25 a C	44,37 aA	53,53 bB	65,15 aB
Al40	0,15 aA	0,06 aA	0,71 aA	0,57 aA	2,61 aA	1,95 aA	12,64 aA	8,35 aA	26,16 aA	21,41 aA	64,37 aA	42,50 bA	106,72 aA	87,75 bA
Ch30	0,10 aA	0,06 aA	0,94 aA	0,67 aA	2,74 aA	1,70 aA	12,12 aA	7,27 aA	29,11 aA	24,58 aA	51,25 aB	41,87 aA	99,67 aA	81,02 bA

Dentro de cada época de coleta (DAT), médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.



\*\* indica significância a 1% de probabilidade, pelo teste t

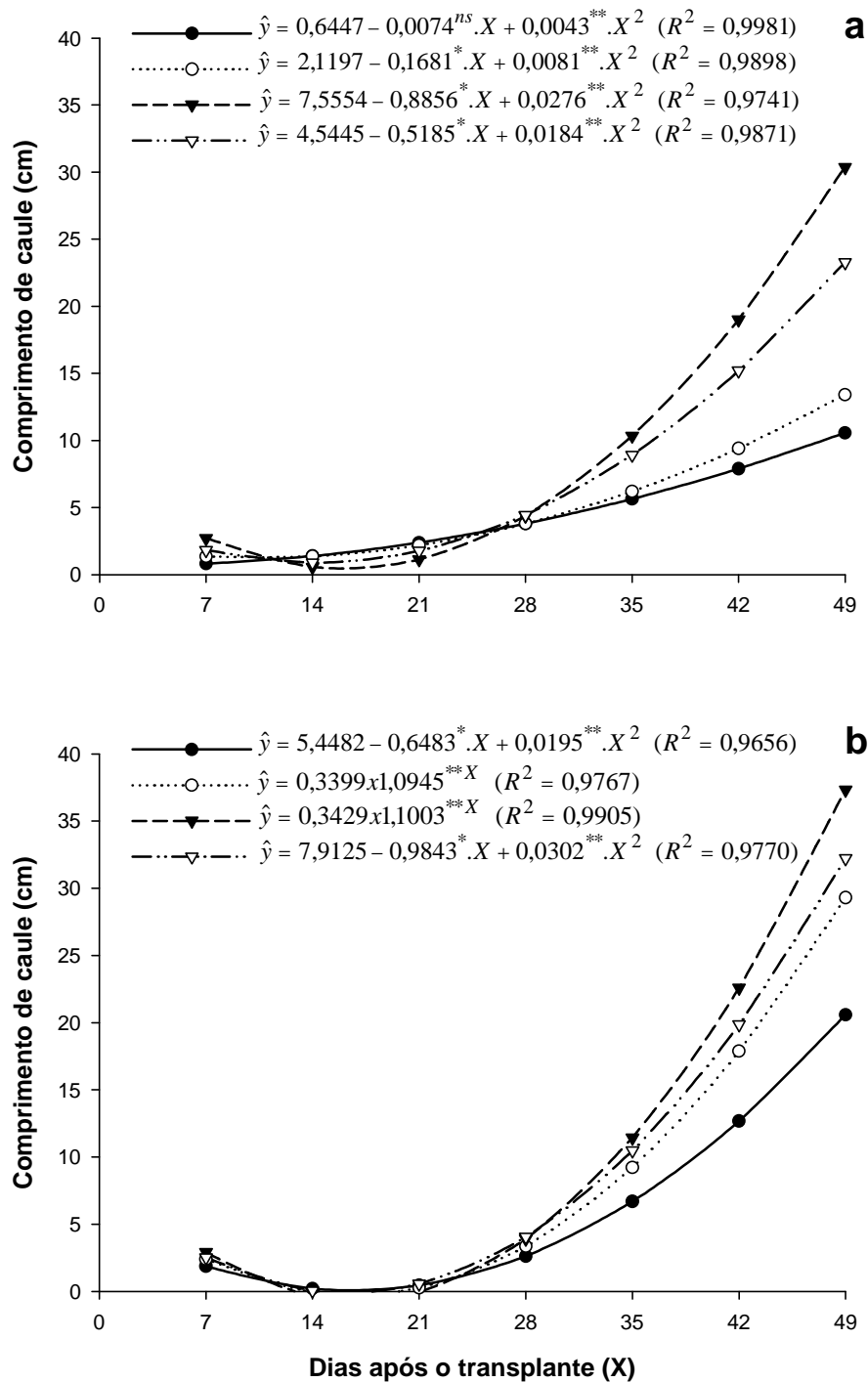
Figura 12 – Estimativa de massa seca de caule ( ) em função dos dias após o transplante (X) ao longo do ciclo das cultivares Regina (a) e Verônica (b), cultivadas a céu aberto (→) e sob as malhas Aluminet 30-O (→), Aluminet 40-O (→) e Chromatinet -30 (→).



Tabela 9 – Massa seca de caule (g planta<sup>-1</sup>) das cultivares de alface Regina (R) e Verônica (V), nos ambientes Controle (Cont), Aluminet 30-O (Al30), Aluminet 40-O (Al40) e Chromatinet -30 (Ch30), nas sete épocas de coleta

Ambiente	7 DAT		14 DAT		21 DAT		28 DAT		35 DAT		42 DAT		49 DAT	
	R	V	R	V	R	V	R	V	R	V	R	V	R	V
Cont	0,013 aA	0,008 aA	0,042 aA	0,036 aA	0,181 aA	0,145 aA	0,512 aA	0,291 aA	0,951 aA	0,627 aA	1,912 aB	1,350 bA	2,712 bC	3,225 aBC
Al30	0,015 aA	0,008 aA	0,353 aA	0,420 aA	0,146 aA	0,111 aA	0,541 aA	0,314 aA	0,883 aA	0,737 aA	1,700 aB	1,862 aA	2,875 aC	2,750 aC
Al40	0,018 aA	0,007 aA	0,445 aA	0,350 aA	0,197 aA	0,133 aA	0,727 aA	0,419 aA	1,155 aA	0,815 aA	2,775 aA	1,775 bA	5,325 aA	4,075 bA
Ch30	0,013 aA	0,006 aA	0,517 aA	0,425 aA	0,200 aA	0,123 aA	0,695 aA	0,380 aA	1,180 aA	0,952 aA	2,137 aAB	1,687 aA	4,262 aB	3,862 aAB

Dentro de cada época de coleta (DAT), médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.



\*, \*\* e ns indicam significâncias a 5 e 1% e não-significativo a 5% de probabilidade, pelo teste t

Figura 13 – Estimativa de comprimento de caule ( ) em função dos dias após o transplante (X) ao longo do ciclo das cultivares Regina (a) e Verônica (b), cultivadas a céu aberto (—●—) e sob as malhas Aluminet 30-O (...○...), Aluminet 40-O (—▲—) e Chromatinet -30 (—▽—).

Tabela 10 – Comprimento de caule (cm) das cultivares de alface Regina (R) e Verônica (V), nos ambientes Controle (Cont), Aluminet 30-O (Al30), Aluminet 40-O (Al40) e Chromatinet -30 (Ch30), nas sete épocas de coleta

Ambiente	7 DAT		14 DAT		21 DAT		28 DAT		35 DAT		42 DAT		49 DAT	
	R	V	R	V	R	V	R	V	R	V	R	V	R	V
Cont	0,71 aA	0,53 aA	1,63 aA	1,40 aA	2,22 aA	1,87 aA	3,70 aA	2,91 aA	5,61 aA	5,15 aB	8,07 bB	11,10 aB	10,47 bC	22,08 aC
Al30	0,88 aA	0,55 aA	1,92 aA	1,71 aA	2,37 aA	2,28 aA	4,02 aA	3,55 aA	5,43 aA	6,25 aAB	9,30 bB	17,22 aA	13,71 bC	30,75 aB
Al40	1,03 aA	0,61 aA	2,02 aA	1,58 aA	3,02 aA	2,78 aA	4,85 aA	4,11 aA	7,88 aA	8,45 aAB	17,55 bA	20,48 aA	32,08 bA	39,67 aA
Ch30	0,81 aA	0,67 aA	2,03 aA	1,88 aA	2,43 aA	2,43 aA	4,60 aA	3,76 aA	7,90 aA	9,10 aA	14,27 bA	17,70 aA	24,20 bB	34,12 aB

Dentro de cada época de coleta (DAT), médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

A partir de 35 DAT, a cv. Verônica apresentou diferenças significativas em relação à cv. Regina, que exibiu caules mais curtos (Tabela 10). Tal fato evidencia a menor suscetibilidade da 'Regina' ao estiolamento, demonstrando maior adaptação à limitação de luz, expandindo a AF e não alongando o caule, como a 'Verônica'

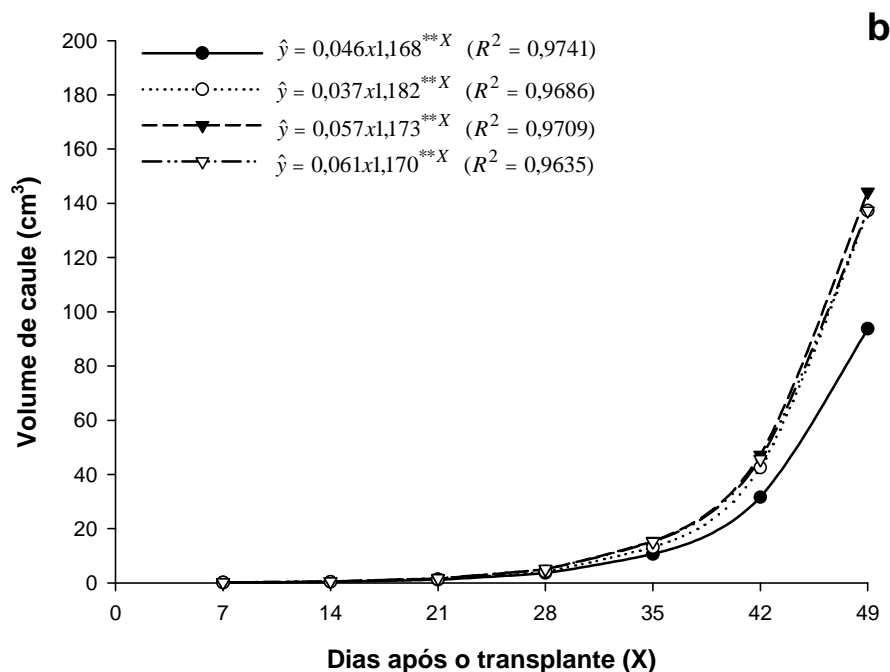
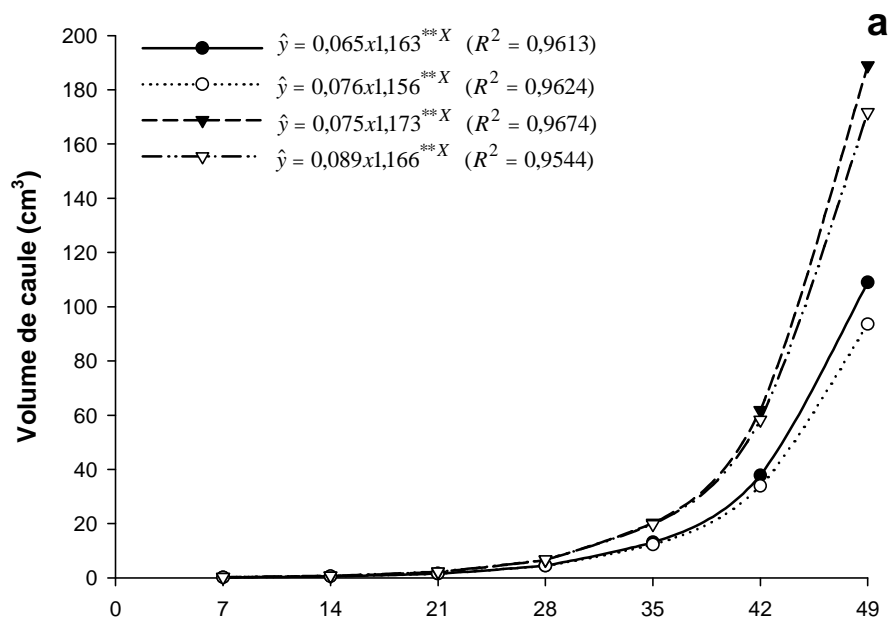
Esses resultados indicam que plantas sob malhas apresentam maior precocidade de colheita, em comparação com as plantas crescidas no ambiente a céu aberto, em função de o maior grau de atenuação da radiação predispor essas plantas ao estiolamento.

Os maiores valores de CC apresentados pelas cvs. sob as malhas, sobretudo pela 'Verônica' aos 42 e 49 DAT, indicam que as plantas sob essas malhas poderiam ser colhidas com pelo menos uma semana de antecedência, visando a um produto comercial. Comportamento semelhante foi observado na análise da MFF, que nas últimas coletas apresentou tendência à estabilização, indicando que as plantas já estariam no ponto de colheita comercial. Resultados semelhantes foram obtidos por Gimenes et al. (1994).

Queiroga et al. (2001) observaram maior altura das plantas de alface da cultivar Great Lakes, sob a tela de cor verde, embora não diferindo estatisticamente das cultivares Verônica e Regina sob as telas brancas e pretas. Essa maior altura das plantas da cv. Great Lakes se deve, provavelmente, à menor incidência da radiação solar, favorecendo o crescimento, em altura, das plantas.

O incremento em altura das plantas cultivadas sob baixos níveis de fluxo radiante pode ser atribuído ao aumento da dominância apical (RYLE, 1961), em resposta ao decréscimo de fotoassimilados e ao aumento do nível de auxina (PHILLIPS, 1975). A redução no nível de radiação incidente induziu, portanto, as plantas a investirem maior proporção dos seus recursos no crescimento em altura, conforme observado em plantas de *Tanacetum parthenium* L. (CARVALHO, 2001).

O volume do caule (VC) apresentou comportamento semelhante ao das massas fresca e seca de caule, havendo aumento expressivo após 35 DAT (Figura 14ab), sobretudo na cultivar Regina e sob as malhas Aluminet 40%-O e Chromatinet 30% (Tabela 11). Portanto, cabem aqui as razões apontadas para as demais características do caule. Entretanto, o maior VC da 'Regina' foi



\*\* indica significância a 1% de probabilidade, pelo teste t

Figura 14 – Estimativa de volume de caule ( ) em função dos dias após o transplante (X) ao longo do ciclo das cultivares Regina (a) e Verônica (b), cultivadas a céu aberto (→←) e sob as malhas Aluminet 30-O (·····), Aluminet 40-O (—) e Chromatinet -30 (—▽—).

Tabela 11 – Volume de caule (cm<sup>3</sup>) das cultivares de alface Regina (R) e Verônica (V), nos ambientes Controle (Cont), Aluminet 30-O (Al30), Aluminet 40-O (Al40) e Chromatinet -30 (Ch30), nas sete épocas de coleta

Ambiente	7 DAT		14 DAT		21 DAT		28 DAT		35 DAT		42 DAT		49 DAT	
	R	V	R	V	R	V	R	V	R	V	R	V	R	V
Cont	0,12 aA	0,07 aA	0,43 aA	0,48 aA	2,00 aA	1,57 aA	8,37 aA	5,50 aA	18,75 aAB	12,75 aA	42,50 aBC	31,25 bB	55,00 aB	60,00 aB
Al30	0,15 aA	0,06 aA	0,47 aA	0,46 aA	1,73 aA	1,55 aA	9,62 aA	7,75 aA	15,00 aB	15,00 aA	36,25 aC	45,00 aA	53,12 bB	78,75 aA
Al40	0,17 aA	0,11 aA	0,50 aA	0,46 aA	2,47 aA	2,06 aA	14,12 aA	9,87 aA	24,75 aAB	19,75 aA	67,50 aA	44,37 bA	105,62aA	86,87 bA
Ch30	0,12 aA	0,10 aA	0,95 aA	0,70 aA	2,81 aA	1,62 aA	13,12 aA	9,25 aA	28,37 aA	23,00 aA	51,25 aB	42,50 aAB	96,87aA	78,75 bA

Dentro de cada época de coleta (DAT), médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

devido ao seu crescimento em diâmetro (Tabela 7) e não em comprimento (Tabela 10), ou seja, a 'Verônica' demonstrou maior sensibilidade à atenuação da irradiância, alongando o caule.

#### **4.2.2. Sistema radical**

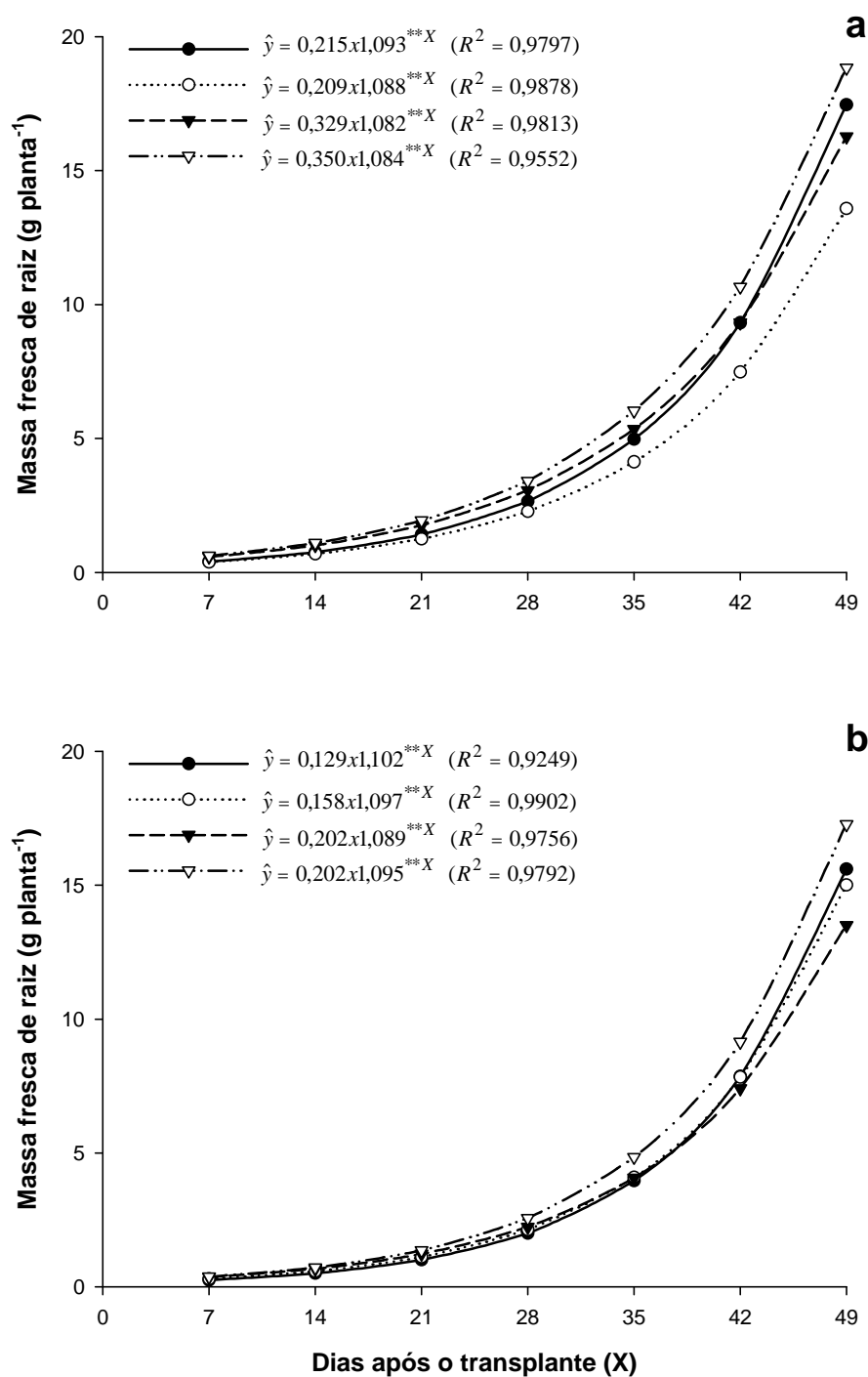
Observou-se aumento tanto da massa fresca de raiz (MFR) quanto da massa seca de raiz (MSR), ao longo do ciclo, com incrementos maiores a partir dos 35 DAT (Figuras 15ab e 16ab). Esse comportamento foi semelhante ao comprimento de caule (Figura 13) e evidencia certa associação entre sistema radical com alongamento do caule e entrada da planta na fase reprodutiva.

Analisando o comportamento das cultivares nos ambientes, apenas na última avaliação houve diferença significativa entre ambas, com a 'Regina' apresentando mais massas fresca e seca de raiz que a 'Verônica', em todos os ambientes, exceto sob Aluminet 30%-O (Tabelas 12 e 13).

Em ambas as cultivares, na faixa compreendida entre 14 e 21 DAT observou-se aumento do volume de raiz (VR), que se manteve até a época da última coleta (Figura 17ab). Diferenças significativas entre as duas cultivares surgiram apenas na última avaliação, com a 'Regina' destacando-se da 'Verônica', exceto sob Aluminet 30%-O. Também em relação aos ambientes, esse comportamento foi mantido na última avaliação, sendo menores valores observados sob a malha Aluminet 30%-O (Tabela 14).

As características referentes ao sistema radical são importantes, principalmente por fornecer informações sobre o equilíbrio da planta em termos de particionamento de reservas. Todavia, em alface cultivada a campo, sobretudo em solo com textura argilosa, a coleta do sistema radical é muito dificultada e pode não representar, com fidelidade, todo o sistema da planta. Todavia, em termos comparativos entre os tratamentos, essa característica é válida.

Segundo Marschner (1995), a formação de raízes é muito influenciada pela taxa de absorção de cálcio, o qual é importante constituinte estrutural das células dos tecidos radiculares. Com altas temperaturas, a taxa de absorção e translocação desse nutriente cai muito. Neste trabalho, observaram-se maiores temperatura do solo no Aluminet 30%-O (Figura 3), no qual também foram observados menores valores do sistema radical. Leite (2000), avaliando o



\*\* indica significância a 1% de probabilidade, pelo teste t

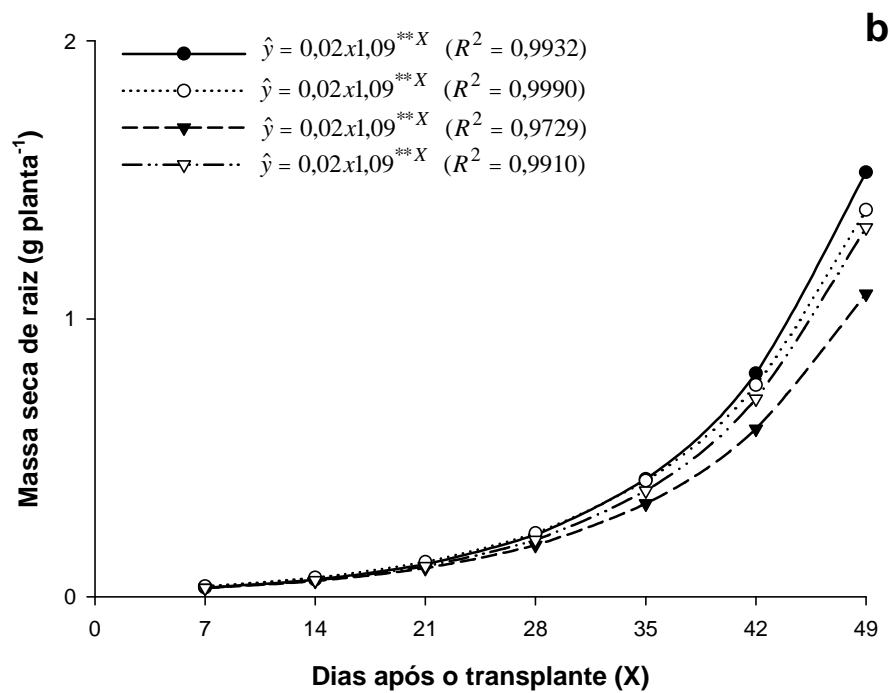
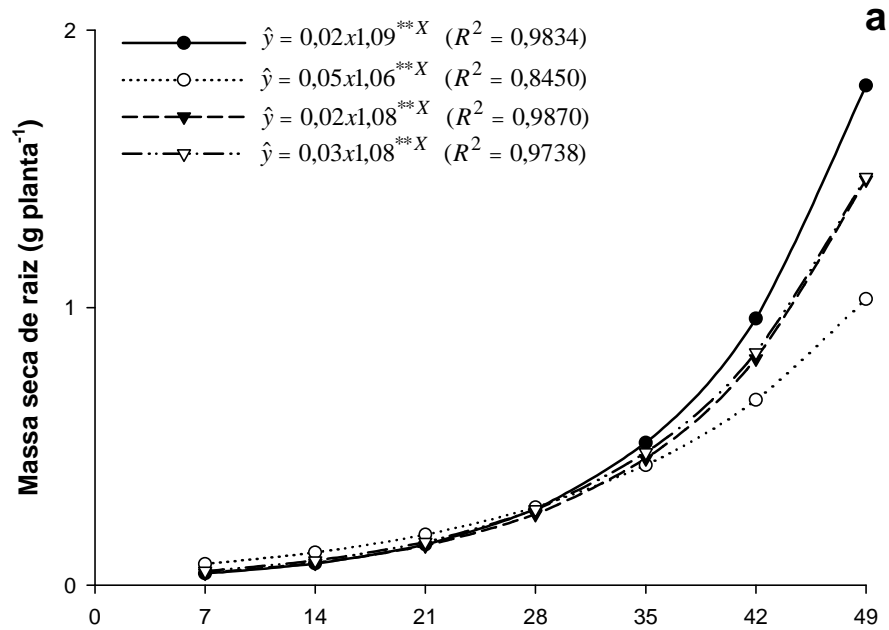
Figura 15 – Estimativa de massa fresca de raiz ( ) em função dos dias após o transplante (X) ao longo do ciclo das cultivares Regina (a) e Verônica (b), cultivadas a céu aberto (—●—) e sob as malhas Aluminet30-O (·····○·····), Aluminet40-O (—▲—) e Chromatinet-30 (—▽—).



Tabela 12 – Massa fresca de raiz (g planta<sup>-1</sup>) das cultivares de alface Regina (R) e Verônica (V), nos ambientes Controle (Cont), Aluminet 30-O (Al30), Aluminet 40-O (Al40) e Chromatinet -30 (Ch30), nas sete épocas de coleta

Ambiente	7 DAT		14 DAT		21 DAT		28 DAT		35 DAT		42 DAT		49 DAT	
	R	V	R	V	R	V	R	V	R	V	R	V	R	V
Cont	0,32 aA	0,12 aA	0,85 aA	0,95 aA	1,80 aA	1,35 aA	3,01 aA	2,27 aA	3,81 aA	3,57 aA	8,32 aA	6,43 aA	19,45 aB	15,12 bAB
Al30	0,38 aA	0,28 aA	0,56 aA	0,48 aA	1,46 aA	1,26 aA	2,33 aA	2,56 aA	4,90 aA	4,57 aA	6,37 aA	7,45 aA	13,38 aC	13,10 aB
Al40	0,51 aA	0,28 aA	1,23 aA	0,73 aA	1,46 aA	1,31 aA	3,80 aA	3,11 aA	5,01 aA	4,11 aA	8,12 aA	5,73 bA	17,52 aB	13,52 bB
Ch30	0,45 aA	0,30 aA	1,48 aA	0,87 aA	2,18 aA	1,22 aA	3,96 aA	3,47 aA	5,46 aA	5,23 aA	7,35 aA	7,62 aA	23,22 aA	16,45 bA

Dentro de cada época de coleta (DAT), médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.



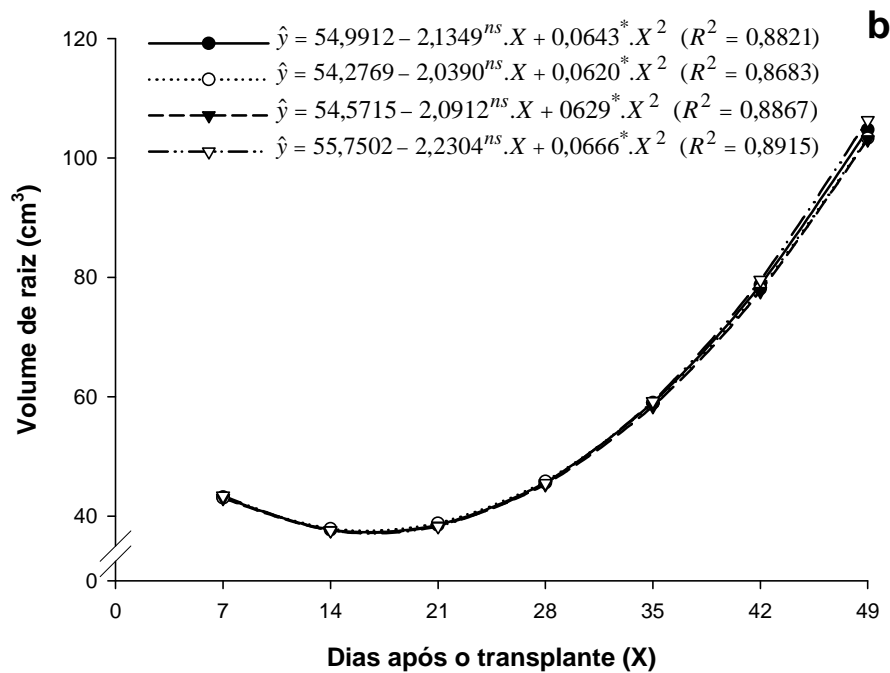
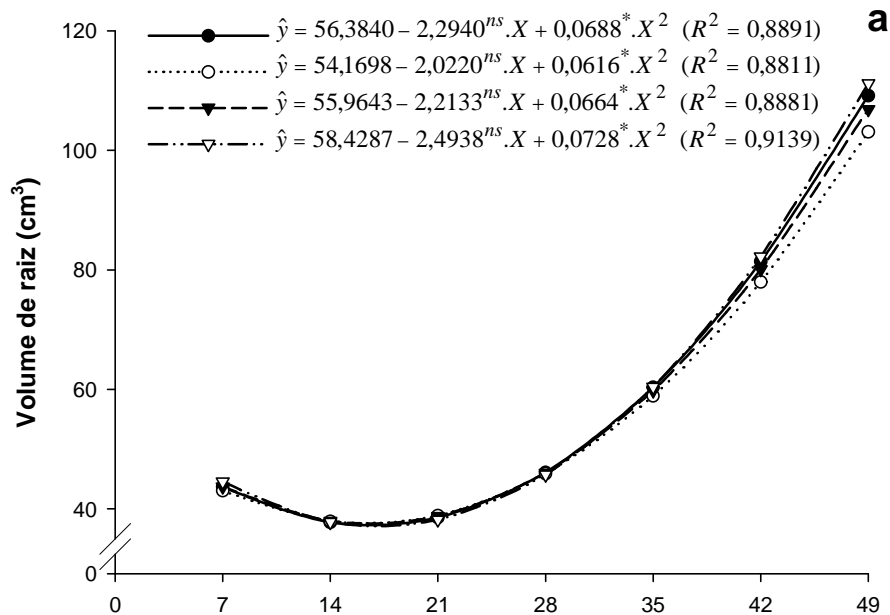
\*\* indica significância a 1% de probabilidade, pelo teste t

Figura 16 – Estimativa de massa seca de raiz ( ) em função dos dias após o transplante (X) ao longo do ciclo das cultivares Regina (a) e Verônica (b), cultivadas a céu aberto (—●—) e sob as malhas Aluminet 30-O (···○···), Aluminet 40-O (—▼—) e Chromatinet -30 (—▽—).

Tabela 13 – Massa seca de raiz ( $\text{g planta}^{-1}$ ) das cultivares de alface Regina (R) e Verônica (V), nos ambientes Controle (Cont), Aluminet 30-O (Al30), Aluminet 40-O (Al40) e Chromatinet -30 (Ch30), nas sete épocas de coleta

Ambiente	7 DAT		14 DAT		21 DAT		28 DAT		35 DAT		42 DAT		49 DAT	
	R	V	R	V	R	V	R	V	R	V	R	V	R	V
Cont	0,04 aA	0,02 aA	0,06 aA	0,06 aA	0,17 aA	0,12 aA	0,33 aA	0,25 aA	0,42 aA	0,39 aA	0,87 aA	0,68 bA	2,05 aA	1,63 bA
Al30	0,15 aA	0,03 aA	0,07 aA	0,06 aA	0,13 aA	0,12 aA	0,23 aA	0,23 aA	0,49 aA	0,42 aA	0,60 aB	0,73 aA	1,35 aC	1,42 aAB
Al40	0,05 aA	0,03 aA	0,07 aA	0,04 aA	0,12 aA	0,11 aA	0,30 aA	0,23 aA	0,41 aA	0,36 aA	0,71 aAB	0,43 bB	1,67 aB	1,20 bB
Ch30	0,05 aA	0,03 aA	0,08 aA	0,05 aA	0,17 aA	0,09 aA	0,28 aA	0,25 aA	0,43 aA	0,39 aA	0,58 aB	0,60 aAB	1,98 aA	1,42 bAB

Dentro de cada época de coleta (DAT), médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.



\* e ns indicam significância a 5% e não-significativo a 5% de probabilidade, pelo teste t

Figura 17 – Estimativa de volume de raiz ( ) em função dos dias após o transplante (X) ao longo do ciclo das cultivares Regina (a) e Verônica (b), cultivadas a céu aberto (→) e sob as malhas Aluminet 30-O (·····), Aluminet 40-O (—) e Chromatinet -30 (→···).

Tabela 14 – Volume de raiz (cm<sup>3</sup>) das cultivares de alface Regina (R) e Verônica (V), nos ambientes Controle (Cont), Aluminet 30-O (Al30), Aluminet 40-O (Al40) e Chromatinet -30 (Ch30), nas sete épocas de coleta

Ambiente	7 DAT		14 DAT		21 DAT		28 DAT		35 DAT		42 DAT		49 DAT	
	R	V	R	V	R	V	R	V	R	V	R	V	R	V
Cont	41,00 aA	40,75 aA	41,37 aA	41,31 aA	42,37 aA	41,81 aA	44,68 aA	43,68 aA	45,75 aA	45,50 aA	97,50 aA	94,87 bAB	104,25 aB	99,50 bAB
Al30	40,87 aA	41,00 aA	41,31 aA	41,25 aA	41,93 aA	41,68 aA	43,56 aA	43,50 aA	46,25 aA	45,62 aA	94,12 aB	95,50 aA	97,62 aC	97,25 aB
Al40	41,25 aA	40,62 aA	41,56 aA	41,00 aA	41,93 aA	41,68 aA	44,75 aA	43,75 aA	45,87 aA	45,18 aA	96,00 aAB	92,87 bB	101,87 aB	98,25 bB
Ch30	41,25 aA	40,87 aA	41,75 aA	41,25 aA	42,75 aA	41,50 aA	44,50 aA	43,87 aA	46,50 aA	45,75 aA	95,37 aAB	95,12 aAB	107,87 aA	101,37 bA

Dentro de cada época de coleta (DAT), médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

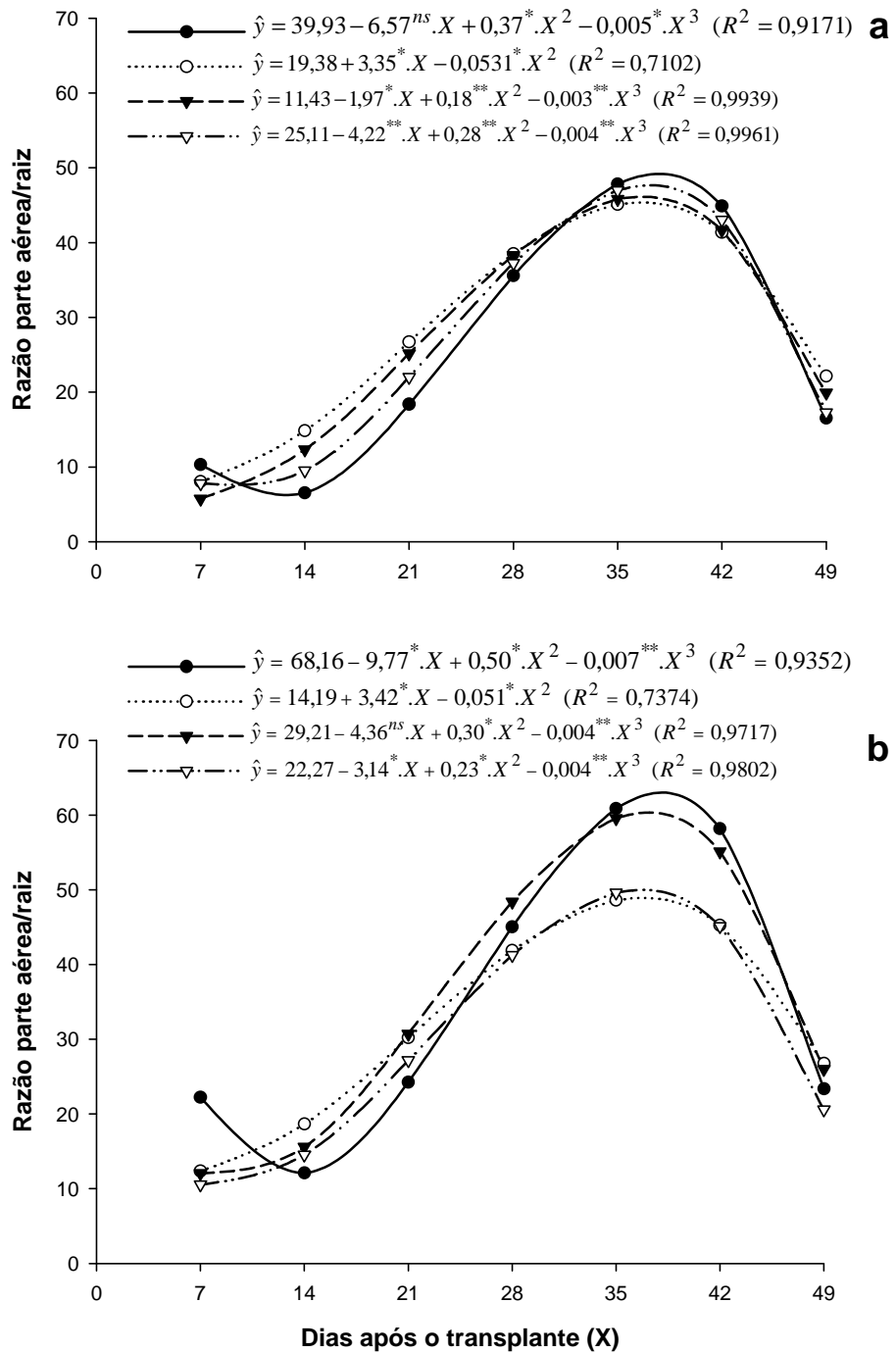
efeito de malhas termorrefletoras Aluminet em *Pinus* e *Eucalyptus*, durante a fase de produção de mudas (enraizamento) em estufa, concluiu que, em locais de verões quentes e secos, seria recomendável o uso de malhas termorrefletoras móveis durante as horas mais quentes do dia, para evitar o excesso de temperatura do substrato e da planta. Segundo esse mesmo autor, no verão é recomendável o emprego de malhas com maior quantidade de alumínio, como o Aluminet 60 e 70%, em razão da necessidade de se conseguir manter a umidade relativa (UR) mais alta. Quando ele comparou o efeito de tela preta (sombrite 50%) com Aluminet 70%, obteve níveis de UR de 42 e de 57%, respectivamente.

#### **4.2.2.1. Razão parte aérea/raiz (massa fresca)**

A razão parte aérea/raiz (massa fresca), após um declínio na primeira semana em alguns ambientes, particularmente em cultivo a céu aberto, apresentou aumento, que se manteve até a faixa compreendida entre 35 e 42 DAT, quando se observou novo declínio (Figura 18ab). O decréscimo inicial dessa razão em alguns ambientes foi decorrente, possivelmente, do estresse sofrido pelas plântulas devido ao transplante, o que, a princípio, causou maiores danos à parte aérea (Figuras 6 e 11) do que no sistema radical (Figura 15ab), visto que o sistema radical estava contido no torrão de formação da muda (substrato utilizado para preenchimento das células da bandeja).

As plantas apresentaram crescimento intenso da parte aérea entre 21 e 35 DAT nas MFF (Figura 6) e de 35 a 49 DAT nas MFC (Figura 11), fazendo com que a razão parte aérea/raiz aumentasse nesta fase (Figura 18). Na fase final, quando se verificou a estabilização do acúmulo de MFF (Figura 6), apesar de ocorrer grande acúmulo de MFC (Figura 11), ocorreu intensa renovação do sistema radical para suportar a fase reprodutiva (Figura 15), fazendo com que essa razão declinasse novamente (Figura 18).

Embora de maneira não regular, a 'Verônica' manteve maior razão, parte aérea/raiz, do que a 'Regina', em alguns ambientes e avaliações durante o ciclo, o que pode ser atribuído à tendência de maior MFF (Tabela 3), devido ao maior tamanho médio das folhas e, sobretudo, à menor MFR (Tabela 12). Todavia, quando se tomou por base a análise dos ambientes, o comportamento foi muito variável nas duas cultivares durante as avaliações (Tabela 15), o que



\*, \*\* e ns indicam significâncias a 5 e 1% e não-significativo a 5% de probabilidade, pelo teste t

Figura 18 – Estimativa de razão parte aérea/raiz ( ), em massa fresca, em função dos dias após o transplante (X) ao longo do ciclo das cultivares Regina (a) e Verônica (b), cultivadas a céu aberto (—●—) e sob as malhas Aluminet 30-O (····○····), Aluminet 40-O (—▼—) e Chromatinet -30 (—▽—).

Tabela 15 – Razão parte aérea/raiz, em massa fresca, das cultivares de alface Regina (R) e Verônica (V), nos ambientes Controle (Cont), Aluminet 30-O (Al30), Aluminet 40-O (Al40) e Chromatinet -30 (Ch30), nas sete épocas de coleta

Ambiente	7 DAT		14 DAT		21 DAT		28 DAT		35 DAT		42 DAT		49 DAT	
	R	V	R	V	R	V	R	V	R	V	R	V	R	V
Cont	9,12 bA	22,11 aA	10,88 aA	14,09 aB	14,13 a B	19,88 aA	32,64 bB	45,12 aA	56,23 bA	68,88 aA	39,08 bA	50,25 aAB	17,86 bA	25,73 aA
Al30	7,08 aA	8,98 aB	19,51 bA	28,88 aA	17,16 aAB	21,88 aA	48,82 aA	41,04 bA	38,87 bB	50,06 aB	43,36 aA	47,64 aAB	21,89 aA	25,33 aA
Al40	6,52 aA	10,92 aB	10,29 bA	19,10 aB	26,05 aA	28,35 aA	39,38 aAB	45,31 aA	45,74 bB	64,85 aA	40,38 bA	52,51 aA	20,48 aA	26,41 aA
Ch30	7,25 aA	10,45 aB	11,14 aA	14,89 aB	20,48 aAB	27,29 aA	37,55 aB	38,95 aA	46,70 aB	53,59 aB	43,66 aA	42,35 aB	16,98 aA	21,28 aA

Dentro de cada época de coleta (DAT), médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.



torna difícil a interpretação. Conforme abordado no item 4.2.2, a dificuldade encontrada na coleta do sistema radical em trabalhos desta natureza contribui para esse tipo de incerteza.

#### **4.2.2.2. Razão parte aérea/raiz (massa seca)**

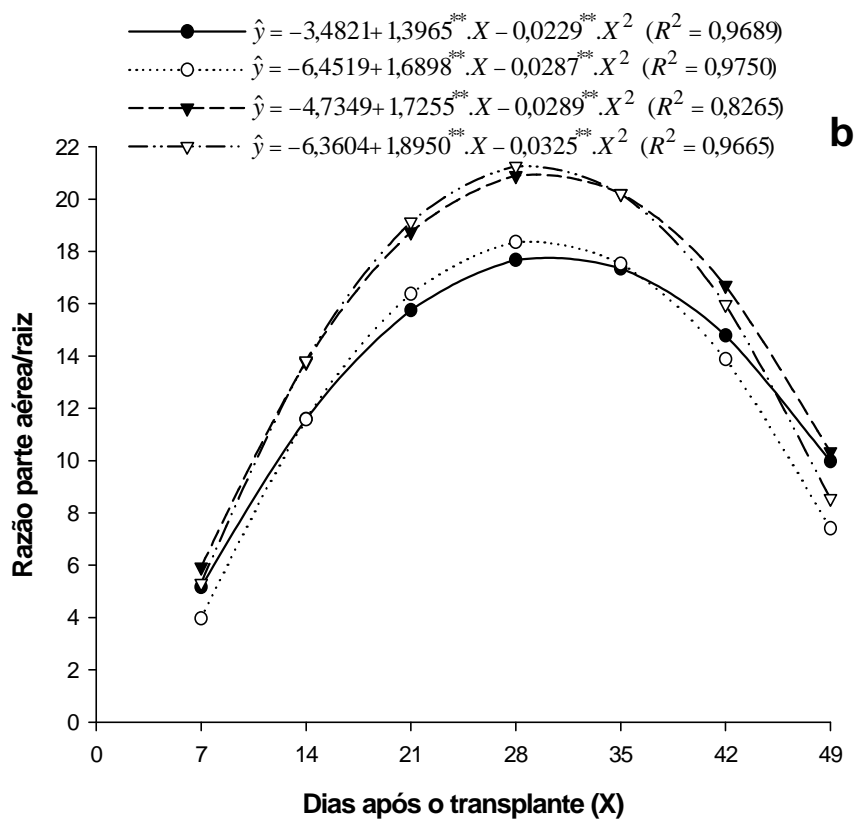
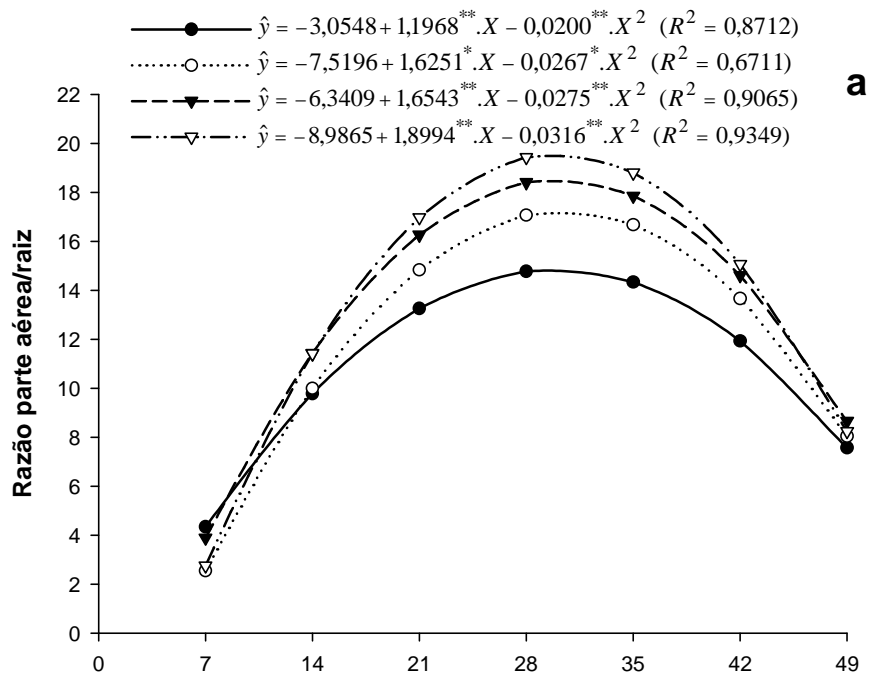
A razão massa seca de parte aérea/massa seca de raiz (Figura 19ab) apresentou comportamento semelhante ao dessa razão em MF (Figura 18), a partir dos 14 DAT, com a ressalva de não ter havido queda na fase inicial como naquela, o que é explicado pelo fato de as folhas terem perdido mais água do que MS no processo pós-transplante. Esse aumento atingiu valores máximos na faixa compreendida entre 28 e 35 DAT, em ambas as cultivares. A partir desses pontos, observou-se redução na razão até a última coleta (Figura 19ab). Essa diminuição no final não se deveu à estabilização da MSF (Figura 7), como observado em MFF (Figura 6), mas ao acúmulo proporcionalmente maior de MS no sistema radical (Figura 16).

Esses resultados da razão parte aérea/raiz evidenciam que a planta de alface, após investir reservas metabólicas para o crescimento de parte aérea na fase de crescimento vegetativo, redirecionam os metabólitos para o revigoramento do sistema radical ao caminhar para a fase reprodutiva, como estratégia para suportar a nova fase do ciclo biológico.

Com relação ao comportamento das duas cultivares nos ambientes, estas apresentaram comportamento semelhante à razão em MF, com a 'Verônica' apresentando maior razão que a 'Regina' em alguns ambientes, todavia sem comportamento-padrão, dificultando tecer maiores comentários (Tabela 16).

### **4.3. Produção comercial**

A colheita das plantas visando ao aspecto de comercialização da alface na forma de "cabeça" ou "pés" foi realizada em todos os tratamentos em 27/03/2002, aos 42 DAT. Nessa época, nas cvs. e nos ambientes, mas principalmente sob as malhas, a MFF estava se estabilizando (Figura 6). Quanto à massa fresca média de cabeça (MFMC) e à produção de massa



\*, \*\* e ns indicam significâncias a 5 e 1% e não-significativo a 5% de probabilidade, pelo teste t

Figura 19 – Estimativa de razão parte aérea/raiz ( ) em massa seca, em função dos dias após o transplante (X) ao longo do ciclo das cultivares Regina (a) e Verônica (b), cultivadas a céu aberto (—●—) e sob as malhas Aluminet 30-O (····○····), Aluminet 40-O (—▲—) e Chromatinet 30 (—▽—).

Tabela 16 – Razão parte aérea/raiz, em massa seca, das cultivares de alface Regina (R) e Verônica (V), nos ambientes Controle (Cont), Aluminet 30-O (Al30), Aluminet 40-O (Al40) e Chromatinet -30 (Ch30), nas sete épocas de coleta

Ambiente	7 DAT		14 DAT		21 DAT		28 DAT		35 DAT		42 DAT		49 DAT	
	R	V	R	V	R	V	R	V	R	V	R	V	R	V
Cont	5,31 aA	5,44 aA	9,54 aA	11,25aB	10,56 b B	15,22 aB	15,45 aB	18,01 a B	16,18 aA	18,53 aA	12,29 aB	13,42 aB	6,63 bA	10,36 aA
Al30	2,81 aA	3,96 aA	8,93 aA	11,60 aB	13,64 aAB	15,63 aB	23,63 aA	19,99 bAB	10,74 bB	16,88 aA	14,31 aAB	13,09 aB	8,75 aA	7,90 aA
Al40	4,45 aA	4,68 aA	9,52 bA	15,79 aA	17,37 aA	17,81 aAB	20,61 aA	23,63 aA	15,16 aA	15,61 aA	15,07 bAB	18,53 aA	8,91 aA	10,46 aA
Ch30	3,96 aA	5,43 aA	10,23 aA	12,58 aAB	14,91 bA	20,68 aA	21,65 aA	21,99 aAB	18,17 aA	18,96 aA	16,54 aA	15,31 aAB	7,20 aA	9,23 aA

Dentro de cada época de coleta (DAT), médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

fresca cabeça/área (MFCA), as duas cultivares apresentaram menores produções sob Aluminet 30%-O. Com relação aos outros ambientes, na cv. 'Regina' não houve diferença significativa entre MFMC e MFCA a céu aberto, Aluminet 40%-O e Chromatinet 30%, enquanto na cv. 'Verônica' não existiu diferença entre a produção a céu aberto e Aluminet 40%-O, que apresentaram as maiores MFMC e MFCA. Por sua vez, 'Verônica' demonstrou ser mais responsiva à luz, pois exibiu maior MFMC e MFCA que a 'Regina' a céu aberto (Tabela 17).

Tabela 17 – Efeito de ambiente e de cultivar de alface sobre a produção de massa fresca média de cabeça (MFMC) e produção de massa fresca de cabeça por área (MFCA)

Ambiente <sup>1</sup>	MFMC (g/cabeça)		MFCA (kg/m <sup>2</sup> )	
	Regina	Verônica	Regina	Verônica
Cont.	275,50 ab B	301,70 a A	4,41 ab B	4,83 a A
Al30	257,53 b A	250,95 c A	4,12 b A	4,02 c A
Al40	291,35 a A	286,05 ab A	4,66 a A	4,58 ab A
Ch30	289,43 a A	273,70 bc A	4,63 a A	4,38 bc A

\*Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade. <sup>1</sup>Cont = Controle; Al30 = Aluminet 30-O; Al40 = Aluminet 40-O e Ch30 = Chromatinet 30, respectivamente.

Apesar da maior produtividade de massa fresca por planta e por área a céu aberto pela 'Verônica, baseando-se na área foliar específica (AFE), o cultivo de ambas as cultivares sob os três tipos de malhas proporcionou maior AFE (Figura 9 e Tabela 6), ou seja, as folhas de ambas as cvs. produzidas sob os ambientes com as malhas foram menos espessas. Além disso, pelos dados de crescimento da planta, em termos de MFF (Figura 6 e Tabela 3), MFC (Figura 11 e Tabela 8) e CC (Figura 13 e Tabela 10), as plantas cultivadas sob as malhas poderiam ter sido colhidas visando ao aspecto comercial da produção de cabeça, com antecipação de pelo menos uma semana em relação

ao controle, mantendo a qualidade do produto sem resultar em redução significativa na produção de massa fresca de folha (Figura 6 e Tabela 3).

As malhas Aluminet 40%-O e Chromatinet 30% seriam as mais indicadas para o cultivo dessas cultivares de alface na região de Viçosa no cultivo de verão, por associarem elevadas AFE e produção de massa de cabeça. Aluminet 30%-O apresentou menor produção que o cultivo a céu aberto, sendo essa diferença significativa na 'Verônica'. Esses resultados inferiores observados sob Aluminet 30%-O são de difícil explicação, em decorrência de grande percentual do ciclo estar sob dias nublados e de justamente essa malha, dentre as utilizadas, ser a que proporciona menor atenuação da radiação incidente (Tabela 1). Uma explicação para tais resultados seria de que, em dias nublados, foram observadas temperaturas mais elevadas sob Aluminet 30%-O do que no Controle, apresentando, portanto, maior amplitude térmica que os outros ambientes, sob tais condições (Figura 20).

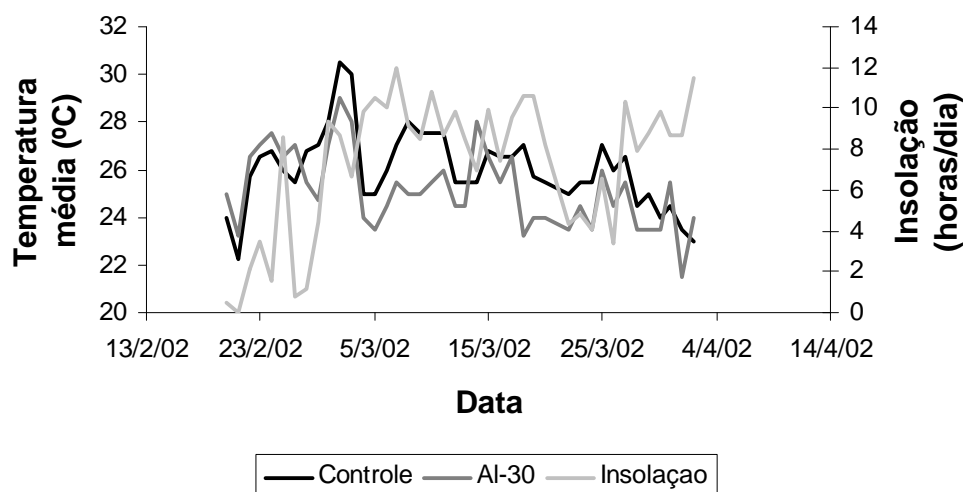


Figura 20 – Valores de temperaturas médias diárias e insolação durante o período de condução do experimento, nos ambientes Controle e Aluminet 30 (Al-30).

Dentre as cultivares, 'Regina' apresentou melhor resposta produtiva aos ambientes sob malha do que a 'Verônica', enquanto a 'Verônica' demonstrou

ser mais exigente em luz (Tabela 17), evidenciando-se pelo alongamento de caule (Tabela 10).

Conforme observado por Otto et al. (2001), ainda que tenha proporcionado efeito favorável quanto ao aumento da temperatura mínima do ar nos dias nublados, a redução da radiação recebida pelas plantas sob as malhas certamente não permitiu que se chegasse à saturação da fotossíntese, resultando em menor crescimento das plantas.

Queiroga et al. (2001), em experimento onde foram utilizados, na fase de mudas, três tipos de tela de sombreamento (branca e verde, com malha de 2 x 2 mm e preta com malha irregular) e a cultivar de alface Verônica, obtiveram produtividade de 62,96 t/ha, sob a tela de cor branca, que sobressaiu em relação às demais, embora não tenha diferido estatisticamente da tela de cor preta com produção de 60,09 t/ha. No controle (sem o uso de tela), a produtividade alcançada foi de 49,44 t/ha. Os referidos autores atribuíram esse resultado obtido com a tela de cor branca provavelmente ao fato de ela ter proporcionado melhor condição de temperatura e luminosidade na fase de muda.

## 5. RESUMO E CONCLUSÕES

Os efeitos da atenuação da radiação solar sobre o crescimento e a produção de duas cultivares de alface (Regina e Verônica) foram avaliados em experimento conduzido a campo, em Viçosa, MG, no período de 18/01/2002 a 03/04/2002, em cultivo sob três tipos de malhas, duas termorrefletoras (Aluminet® 30%-O e Aluminet® 40%-O) e de uma difusora de luz (ChromatiNet Difusor® 30%), além do controle a céu aberto.

De modo geral, os resultados evidenciam que os efeitos da temperatura e luminosidade elevadas podem ser minimizados de forma significativa quando se utilizam malhas termorrefletoras e difusoras de luz. O uso dessas malhas visando atenuar a densidade de fluxo da radiação solar incidente sobre a alface, com os objetivos de aumentar o crescimento e melhorar a qualidade das folhas, no período do ano em que radiação e temperatura do ar alcançam valores elevados, mostrou-se promissor. Os resultados de crescimento indicaram que a cultivar Regina produziu maior número de folhas por planta, maior área foliar e área foliar específica e demonstrou ser menos exigente em luz que a 'Verônica'.

O cultivo de ambas as cultivares, sob os três tipos de malhas, proporcionou folhas menos espessas (maior área foliar específica), apropriadas para mercados e consumidores mais exigentes. Na colheita comercial a céu aberto, a cultivar Verônica produziu mais massa fresca de cabeça que a 'Regina', e ambas as cultivares apresentaram menores produções sob

Aluminet® 30%-O. No cultivo sob malhas, observaram-se menor amplitude térmica diária e menor consumo de água. Nessas condições, observou-se também que houve antecipação na estabilização da massa fresca de folhas em relação ao cultivo sob céu aberto. Conseqüentemente, as plantas cultivadas sob as malhas poderiam ter sido colhidas pelo menos uma semana antes em relação ao controle, sem comprometer a produtividade e a qualidade do produto. Dentre as malhas, Aluminet® 40%-O e ChromatiNet Difusor® 30% seriam as mais indicadas para a produção dessas cultivares de alface, no verão, por associar elevada área foliar específica e produção de massa fresca de cabeça.

Durante o período de execução do experimento ocorreram, com frequência, dias chuvosos e nublados. A atenuação da radiação proporcionada pelas malhas nos dias nublados submeteu as plantas a níveis de radiação muito inferiores às necessidades ótimas das espécies C<sub>3</sub>, como a alface, fato que provavelmente limitou o crescimento das plantas e, certamente, pode ter reduzido os efeitos benéficos esperados dessas malhas.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASIAN VEGETABLE RESEARCH AND DEVELOPMENT CENTER – AVRDC. **Vegetable production training manual**. Shanhua, Taiwan: Taiwan Asian Vegetable Research and Development Center, 1990. 447 p.

BECKER, A.F. **Consumo de água e coeficiente de cultura, de duas cultivares de alface (*Lactuca sativa* L.) cultivada em Santa Maria**. Santa Maria, RS: UFSM, 1990. 51 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

BERNARDES, M. S. Fotossíntese no dossel das plantas cultivadas. In: CASTRO, P. R. C.; FERREIRA, S. O.; YAMADA, T. (Eds.). **Ecofisiologia da produção agrícola**. Piracicaba, SP: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1987. p. 13-45.

BURIOL, G.A.; STRECK, N.A.; GIMENES, E.S.; SCHNEIDER, F.M. Alterações micrometeorológicas causada por túneis baixos de tela preta cultivados com alface. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 24, n.1, p.1-6, 1994.

BURKEY, K. O.; WELLS, R. Responses of soybean photosynthesis and chloroplast membrane function to canopy development and mutual shading. **Plant Physiology**, v. 97, p. 245-252, 1991.

CABALLERO, A. Eficiência fotosintética y producción. In: CORDOBA, C.V. (Coord.). **Productividad vegetal factores ambientales y manipulación humana**. Madrid: UCP, 1980. 243 p.

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

CARVALHO, L.M. **Disponibilidade de água, irradiância e homeopatia no crescimento e teor de partenólídeo em artemísia.** Viçosa, MG: UFV, Impr. Univ., 2001. 139 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

CASSERES, E. **Producción de hortalizas.** Lima, Peru: Instituto Interamericano de Ciências Agrícolas de La OEA, 1966. 127 p.

CUTTER, E.G. **Anatomia vegetal:** experimentos e interpretação – 2ª parte: Órgãos. São Paulo: Livraria Roca Ltda., 1987. 336 p.

DEVLIN, P.F.; ROBSON, P.R.H.; PATEL, S.R.; GOOSEY, L.; SHARROCK, R.A.; WHITELAM, G.C. Phytochrome D acts in shade avoidance syndrome in *Arabidopsis* by controlling elongation growth and flowering time. **Plant Physiology**, v. 119, p. 909-915, 1999.

DICKSON, R. E. Assimilate distribution and storage. In: RAGHAVENDRA, A. S. (Ed.). **Physiology of trees.** New York: John Wiley & Sons, 1991. p. 51-86.

DUARTE, R.L.R.; SETUBAL, J.W.; ANDRADE JUNIOR, A.S.; SOBRINHO, C.A.; SILVA, P.H.S.; RIBEIRO, V.Q. **Introdução e avaliação de cultivares de alface (*Lactuca sativa* L.) nos períodos seco e chuvoso em Teresina-PI.** Teresina: UEPAE, 1991. 8 p.

FAO. **Índices de produção, cultivos primários.** Disponível em: <<http://www.fao.org.htm>>. Acesso em: 04 mar. 2004.

FARIA JUNIOR, M.J.A.; SOUZA, R. A.R.; HORA, R.C. Cultivo de alface em ambiente protegido, sob diferentes níveis de sombreamento, em duas épocas de plantio. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 18, p. 232-233, jul. 2000. Suplemento.

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

FERNANDEZ-RODRIGUES, E.J. et al. Effects of aluminized shading screens vs whitewash on tomato photochemical efficiency under a non heated greenhouse. **Actas Horticultura**, n. 534, p. 279-284, 2001.

FILGUEIRA, F.A.F. **Manual de olericultura:** cultura e comercialização de hortaliças. São Paulo: Agronômica Ceres, 1982. 357 p.

GIMENES, E.S.; STRECK, N.A.; BURIOL, G.A.; GARCIA, D.C.; ANDRIOLO, J.L. Efeito da atenuação da densidade de fluxo da radiação solar incidente no crescimento da alface. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 24, n. 2, p. 241-246, 1994.

GOTO, R. A cultura de alface. In: GOTO, R.; TIVELLI, S.W. (Orgs.). **Produção de hortaliças em ambiente protegido:** condições subtropicais. São Paulo: UNESPE, 1998. p. 137-159.

JONES, M.B. Plant microclimate. In: HALL, D.O. (Ed.). **Photosynthesis and production in a changing environment**. London: Chapman & Hall, 1993. p. 464.

KAGAWA, T.; WADA, M. Chloroplast-avoidance response induced by high-fluence blue light in prothallial cells of the fern *Adiantum capillus-vereris* as analysed by microbeam irradiation. **Plant Physiology**, v. 199, p. 917-923, 1999.

KASPERBAUER, M. J. Light and plant development. In: WIKINSON, R. E. (Ed.). **Plant-environment interactions**. New York: Marcel Dekker, 1994. 599 p.

KOUCHI, H.; TADAKATSU, Y.; AKAO, S. Compartmental analysis of the partitioning of photo-assimilated carbon in nodulated soybean plants during the light period. **J. Exp. Bot.**, v. 37, p. 994-1005, 1986.

KUDREV, T. G. **Água: vida das plantas**. Trad. Jose Glicério de Resende. São Paulo: Ícone, 1994. 178 p.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos, SP: RiMa, 2000. 531 p.

LEITE, C.A. Efeito de alumínio em estufa de Pinus y Eucalyptus. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE CULTIVO PROTEGIDO, 1., 2000, Holambra. **Anais...** Holambra: Polysack, 2000. Disponível em: <<http://www.polysack.com.htm>>. Acesso em: 22 out. 2003.

LOPES, N.F.; OLIVA, M.A.; FREITAS, J.G.; MELGES, E.; BELTRÃO, N.E.M. Análise de crescimento e conversão da energia solar em feijoeiro submetido a três níveis de densidade do fluxo radiante. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 29, n. 166, p. 586-606, 1982.

LOZADA, B.; ANGELOCCI, L. R. Determinação da temperatura-base e de graus-dia na estimativa da duração do subperíodo de desenvolvimento do milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 10., 1997, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba, SP: Sociedade Brasileira de Meteorologia, 1997. p. 9-11.

MAKISHIMA, N. **Cultivo de hortaliças**. Brasília: CNPH, 1992. 26 p.

MAROTO, J.V. **Horticultura herbacea especial**. 3. ed. Madrid: Mundi-Prensa, 1992. 568 p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2. ed. New York: Academic Press, 1995. 889 p.

MARTINS, S.R.; FERNANDES, H.S.; ASSIS, F.N.; MENDEZ, M.E.G. Caracterização climática e manejo de ambientes protegidos: a experiência brasileira. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 20, n. 200/201, p. 15-23, set/dez. 1999.

MARY, W. **Teste de produção de alface (*Lactuca sativa* L.) em clima tropical sob estrutura de P.V.C. (Policreto de vinila) tipo túnel alto.** Rio de Janeiro, RJ: UFRRJ, 1998. 89 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio Janeiro.

MELGES, H. **Crescimento, conversão da energia solar e nodulação de soja e (*Glycine Max* (L.) Merrill) sob quatro níveis de radiação solar, em Viçosa – MG.** Viçosa, MG: UFV, Impr. Univ., 1983. 89 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

MERLO, L.; FERRETTI, M.; PASSERA, C.; GHISI, R. Effect of decreased irradiance on M and C metabolism in leaves and roots of maize. **Physiology Plant.**, v. 19, p. 72-80, 1994.

MONDIM, M. **Influencia de espaçamentos, métodos de plantio e de sementes nuas e peletizadas na produção de duas cultivares de alface.** Lavras, MG: UFLA, 1988. 59 f. Dissertação (Mestrado).

MORELLI, G.; RUBERTI, I. Shade avoidance responses. Driving auxin along lateral routes. **Plant Physiology**, v. 122, p. 621-626, 2000.

MOTTA, F.S. **Meteorologia agrícola.** 6. ed. São Paulo: Nobel, 1983 p. 181-182.

MURCHIE, E. H.; HORTON, P. Acclimation of photosynthesis to irradiance and spectral quality in British plant species: chlorophyll content, photosynthetic capacity and habitat preference. **Plant, cell and environment**, v. 20, p. 438-448, 1997.

OMETTO, J.C. **Bioclimatologia vegetal.** São Paulo: Agronômica Ceres, 1981. 249 p.

ORTOLANI, A.A.; CAMARGO, M.B.P. **Influência dos fatores climáticos na produção;** ecofisiologia da produção agrícola. Piracicaba, SP: Potafos, 1987. 249 p.

OTTO, R.F.; GIMENEZ, C.; CASTILLA, N. Modificações microclimáticas sob proteção de polipropileno cultivado com espécies hortícolas em Córdoba, Espanha. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 18, n. 3, p. 204-211, nov. 2000.

OTTO, R.F.; REGHIN, M. Y.; SÁ, G.D. Utilização do 'não tecido' de polipropileno como proteção da cultura de alface durante o inverno de Ponta Grossa - PR. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 19, n. 1, p. 49-52, mar. 2001.

PANDURO, A.M.R. **Análise do comportamento da alface, *Lactuca sativa* L., sob diferentes condições de iluminamento.** Piracicaba, SP: ESALQ, 1986. 129 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Luiz de Queiroz, Piracicaba.

PELUZIO, J.M. **Crescimento e partição de assimilados em tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill.) após a poda apical.** Viçosa, MG: UFV, Impr. Univ., 1991. 49 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

PHILLIPS, I.D.J. Apical dominance. **Ann. Rev. Plant Physiology**, v. 26, p. 341-367, 1975.

POLYSACK INDÚSTRIA LTDA. **Hortaliças e hidroponia.** Disponível em: <<http://www.polysack.com.htm>>. Acesso em: 22 out. 2003.

QUEIROGA, R.C.F.; BEZERRA NETO, F.; NEGREIROS, M.Z.; OLIVEIRA, A.P.; AZEVEDO, C.M.S.B. Produção de alface em função de cultivares e tipos de tela de sombreamento nas condições de Mossoró. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 19, n. 3, p. 324-328, nov. 2001.

RAMOS, J.E.L. **Sombreamento e tipos de recipientes na formação de mudas e produção em alface.** Mossoró, RN: ESAM, 1995. 53 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agronomia de Mossoró, Mossoró.

REISSER JÚNIOR, C. **Evapotranspiração em alface (*Lactuca sativa* L.) em estufa plástica e ambiente natural.** Santa Maria, RS: UFSM, 1991. 78 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ, V.H. (Eds.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª Aproximação.** Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. 359 p. il.

ROSA, J.; PEIL, R. M.; MENDEZ, M.E.; MARTINS, S.R.; MAUCH, C.R. Comportamento de cultivares de alface, em estufa plástica no verão outono. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 14, n. 1, p. 113, maio 1996.

RYDER, E.J. **Lettuce, endive and chicory.** New York: Cab International, 1999. 208 p.

RYLE, G.J.A. Effects of light intensity on reproduction in S48 timothy (*Phleum pratense* L.). **Nature**, v. 19, p. 196-197, 1961.

SEGÓVIA, 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.

SILVA, A.C.F.; REBELO, J.A.; MULLER, J.J.V. Produção de sementes de alface em pequena escala. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 8, n. 1, p. 41-44, mar. 1995.

SILVA, A.C.F.; VIZZOTTO, V.J. Avaliação de cultivares de alface no verão para o litoral Catarinense. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 1, p. 23-27, mar. 1994.

SILVA, E.C. da; LEAL, N.R. **Manejo de estufas**. Campos dos Goytacazes, RJ: UENF, 1997. 17 p. (Boletim técnico, 2).

SILVA, V.F.; BEZERRA NETO, F.; NEGREIROS, M.Z.; PEDROSA, J.F. Comportamento de cultivares de alface em diferentes espaçamentos sob temperatura e luminosidade elevadas. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 18 n. 3, p. 183-187, nov. 2000.

SING, M.; OGREM, W.L.; WIDHOLM, J.M. Photosynthetic characteristics of several C<sub>3</sub> and C<sub>4</sub> plant species grown under different light intensities. **Crop Science**, v. 14, n. 4, p. 563-566, 1974.

SMITH, H.; WHITELAM, G.C. The shade avoidance syndrome: multiple responses mediated by multiple phytochromes. **Plant, Cell and Environment**, v. 20, p. 840-844, 1997.

STRECK, N.A.; BURIOL, G.A.; ANDRIOLO, J.L. Crescimento da alface em túneis baixos com filme de polietileno perfurado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 24, n. 2, p. 235-240, 1994.

SZPINIAK, M. Malhas termorefletoras aluminizadas. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE CULTIVO PROTEGIDO, 1., 2000, Holambra. **Anais...** Holambra: Polysack, 2000. Disponível em: <<http://www.polysack.com.htm>>. Acesso em: 22 out. 2003.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Plant defenses: surface protection and secondary metabolites. In: —. **Plant physiology**. 2. ed. Sunderland: Sinauer Associates Inc., 1998. p. 350-353.

TANAKA, A.; FUJITA, K.; KIKUCHI, K. Nutrio – physiological studies on the tomato plant, I. Outline of growth and nutrient plant. **Soil. Sci. Plant. Nut.**, v. 20, p. 57-68, 1974.

TEI, F.; SCAIFE, A.; AIKMAN, D.P. Growth of lettuce, onion and red beet. 1. Growth analysis, light interception, and radiation use efficiency. **Annals of Botany**, v. 78, p. 633-643, 1996.

WAYCOTT, W. Photoperiodic response of genetically diverse lettuce accessions. **Journal of American Society for Horticultural Science**, Mount, v. 120, n. 3, p. 460-467, may 1995.

WHATLEY, J.M.; WHATLEY, F.R. **A luz e a vida das plantas** (traduzido por Gil Martins Felipe). São Paulo: EPU-USP, 1982. 100 p.

WIEN, H.C. Lettuce. In: —. **The physiology of vegetable crops**. New York: Cab International, 1997. p. 479-509.

WINTER, E.J. **A água, o solo e a planta**. 2. ed. Trad Klaus Reichardt, Paulo L. Libardi. São Paulo: Nobel, 1988. 170 p.

YOKOYAMA, S.; MULLER, J.J.V.; SILVA, A.C.F. da. EMPASC 357- Litoral: cultivar de alface para o verão. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 3, n. 4, p. 11-12, dez. 1990.

## APÉNDICE



## APÊNDICE A

Tabela 1A – Resumo da análise de variância dos dados do número de folhas/planta (NFP), área foliar (AF), massa fresca de folhas (MFF), massa seca de folhas (MSF), área foliar específica (AFE), comprimento de caule (CC), diâmetro de caule (DC), volume de caule (VC), massa fresca de caule (MFC), massa seca de caule (MSC), massa fresca de raiz (MFR), volume de raiz (VR), massa seca de raiz (MSR), razão parte aérea/raiz (massa fresca) (RPAF) e razão parte aérea/raiz (massa seca) (RPAS), em função da época (E), em dias após o transplante das cultivares (C) Regina e Verônica, nos quatro ambientes (A), na época de verão. Viçosa, MG

FV	GL	Quadrados Médios							
		NFP	AF	MFF	MSF	AFE	CC	DC	VC
<b>A</b>	3	23,10 <sup>NS</sup>	1.035.868,0**	2.324,95**	6,56**	156.158,30**	256,80**	25,46**	1.271,41**
<b>Resíduo (a)</b>	12	13,55	225.467,9	434,72	0,95	2.985,39	4,10	3,07	66,63
<b>C</b>	1	9.167,36**	18.458.230,0**	5.110,68**	0,01 <sup>NS</sup>	988.907,60**	256,82**	522,16**	376,09**
<b>C x A</b>	3	18,08*	447.646,6*	1.496,55 <sup>NS</sup>	2,53**	7.608,24 <sup>NS</sup>	12,81 <sup>NS</sup>	19,30**	384,99**
<b>Resíduo (b)</b>	12	6,13	150.462,4	650,51	0,51	6.275,28	5,11	2,72	42,94
<b>E</b>	6	5.929,20**	143.586.100,0**	466.845,10**	420,05**	385.351,10**	2.677,14**	3.295,36**	26.879,67**
<b>E x A</b>	18	8,50 <sup>NS</sup>	359.067,0**	1.581,73**	3,63**	13.423,96**	78,71**	11,62**	363,61**
<b>E x C</b>	6	356,75**	1.590.675,0**	1.641,70**	0,78 <sup>NS</sup>	7.077,95 <sup>NS</sup>	161,02**	52,05**	75,62 <sup>NS</sup>
<b>E x C x A</b>	18	8,33 <sup>NS</sup>	245.684,2 <sup>NS</sup>	672,25 <sup>NS</sup>	1,38**	7.713,62*	5,38 <sup>NS</sup>	3,05 <sup>NS</sup>	146,71**
<b>Resíduo (c)</b>	144	6,53	154.795,6	521,27	0,61	3766,15	3,55	2,94	48,03
<b>CV (%) parcela</b>		16,33	22,51	15,91	22,28	12,04	25,22	10,16	37,11
<b>CV (%) subparcela</b>		10,98	18,39	19,46	16,28	17,46	28,17	9,56	29,79
<b>CV (%) subsubparcela</b>		11,34	18,65	17,42	17,90	15,53	23,48	9,94	31,51

Continua...

Quadro 1A – Cont.

79

FV	GL	Quadrados Médios						
		MFC	MSC	MFR	VR	MSR	RPAF	RPAS
<b>A</b>	3	1.413,47**	2,13**	19,91**	18,72**	0,10**	99,86*	71,12**
<b>Resíduo (a)</b>	12	50,77	0,09	1,73	1,94	0,02	27,99	11,22
<b>C</b>	1	548,41**	2,14**	45,39**	62,16**	0,42**	2.234,94**	174,78**
<b>C x A</b>	3	248,45**	0,39**	5,64 <sup>NS</sup>	7,17 <sup>NS</sup>	0,05*	128,32**	5,99 <sup>NS</sup>
<b>Resíduo (b)</b>	12	48,22	0,09	2,85	3,17	0,01	22,14	4,80
<b>E</b>	6	26.599,51**	56,74**	1.018,36**	23,45**	9,54**	8.482,23**	925,72**
<b>E x A</b>	18	432,79**	0,86**	8,43**	10,17**	0,06**	168,19**	18,32**
<b>E x C</b>	6	76,62 <sup>NS</sup>	0,25 <sup>NS</sup>	13,75**	12,52**	0,11**	69,49*	11,67*
<b>E x C x A</b>	18	94,94*	0,19 <sup>NS</sup>	2,56 <sup>NS</sup>	2,71 <sup>NS</sup>	0,03*	38,99 <sup>NS</sup>	10,75**
<b>Resíduo (c)</b>	144	51,57	0,14	1,84	1,93	0,02	27,51	4,82
<b>CV (%) parcela</b>		32,78	30,02	27,02	2,38	31,52	17,68	25,53
<b>CV (%) subparcela</b>		31,95	30,24	34,74	3,04	26,98	15,72	16,70
<b>CV (%) subsubparcela</b>		33,04	37,12	27,90	2,37	28,66	17,53	16,73

\*, \*\* e ns indicam significâncias a 5 e 1% e não-significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.