



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE**  
**CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS**  
**UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**



**DESEMPENHO DA ALFACE CULTIVADA EM AMBIENTE PROTEGIDO E À  
CAMPO**

**DANIELE FERREIRA DE MELO**

**CAMPINA GRANDE – PB**  
**FEVEREIRO DE 2018**

**DANIELE FERREIRA DE MELO**

**DESEMPENHO DA ALFACE CULTIVADA EM AMBIENTE PROTEGIDO E À  
CAMPO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Campina Grande como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola.

**ÁREA DE CONCENTRAÇÃO:**

**CONSTRUÇÕES RURAIS E AMBIÊNCIA**

**ORIENTADOR:**

**Prof. Dr. DERMEVAL ARAÚJO FURTADO – UFCG/CTRN/UAEA**

**CAMPINA GRANDE – PB**

**FEVEREIRO – 2018**

M528d Melo, Daniele Ferreira de.

Desempenho da alface cultivada em ambiente protegido e à campo / Daniele Ferreira de Melo. – Campina Grande, 2018.  
48 f.: il. color.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2018.

"Orientação: Prof. Dr. Demerval Araújo Furtado".  
Referências.

1. Agrometeorologia. 2. Produção vegetal. 3. Ambiência vegetal. I. Furtado, Demerval Araújo. II. Título.

CDU 631:551.51(043)



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE**  
**CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS**  
**UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**



**PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA DISSERTAÇÃO**

**DANIELE FERREIRA DE MELO**

**“DESEMPENHO DA ALFACE CULTIVADA EM AMBIENTE PROTEGIDO E À  
CAMPO”**

**APROVADA: 28 de fevereiro de 2018**

**BANCA EXAMINADORA**

**Dr. Dermeval Araújo Furtado**  
Orientador - UAEA/UFCEG

**Dr. Ronaldo do Nascimento**  
Examinador – UAEA/UFCEG

**Dr. Rafael Costa Silva**  
Examinador – UAEA/CTRN/UFCEG

**Dr. José Pinheiro Lopes Neto**  
Examinador – UAEA/UFCEG

A minha mãe Maria, a minha mana  
Bia... em especial a minha pequena  
Maria por toda inspiração e aos poucos,  
porém verdadeiros, familiares e amigos  
que estiveram ao meu lado nesta  
caminhada.

Dedico esta obra.

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus, pela vida, saúde e sabedoria divina.

À minha família agradeço e vos dedico.

À Universidade Federal de Campina Grande, em particular à Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola, pela oportunidade de realização do curso de graduação e mestrado.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal do Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos e apoio financeiro ao projeto de pesquisa.

Ao Professor Dermeval Araújo Furtado pela orientação, confiança em mim depositada e incansável dedicação em todos os momentos.

Ao Professor Ronaldo do Nascimento e o Professor Luciano Marcelo Fallé Saboya, pelo auxílio, atenção e valiosas sugestões durante a realização da dissertação.

A todos os professores que participaram de forma direta ou indireta da minha formação acadêmica. Aos alunos e AMIGOS que estiveram ao meu lado na execução do projeto, a eles Bruno Gaudêncio, Tainara Silva, Sabrina Cordeiro, Rafaela Felix, Jean Pereira, Jailton Garcia, Mariana Oliveira, Ediclécia Borges, Márcia Cristina, Patrício Leite, Jordânio Inácio, Alexandre, Thiago Galvão, e a Joab Leite também aos funcionários Sr. Edil e Lito, pela inestimável ajuda durante o período experimental.

A todos os amigos e colegas do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, pelo companheirismo, e aos funcionários do Laboratório de Construções Rurais e Ambiente - LACRA, Laboratório de Engenharia de Irrigação e Drenagem e de Irrigação e Salinidade - LEID, pela agradável convivência.

A todos os funcionários da Coordenação de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da UFCG, pela atenção dispensada e pela disponibilidade em ajudar.

Enfim, o meu reconhecimento e gratidão a todos aqueles que de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

## **DESEMPENHO DA ALFACE CULTIVADA EM AMBIENTE PROTEGIDO E À CAMPO**

**RESUMO:** Objetivou-se com este trabalho avaliar o desempenho de duas cultivares da alface cultivadas em diferentes ambientes, em área experimental, na Universidade Federal de Campina Grande, no município de Campina Grande-PB. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e seis repetições, perfazendo assim vinte e quatro unidades experimentais. Para avaliação do desempenho das cultivares foram analisadas as variáveis de crescimento, produção e fisiologia das cultivares, aos 21 dias após o transplântio, e variáveis agrometeorológicas, estas monitoradas diariamente. Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F ( $p < 0,05$ ) e os que obtiveram diferença significância, realizou-se teste de comparação de médias, através do teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade. De acordo com as variáveis em estudo a cultivar Regina apresenta melhor desempenho que a Mimosa vermelha e em relação ao ambiente, a estufa foi a que proporcionou melhores condições de desenvolvimento as cultivares quando comparado a produção das mesma em campo.

**Palavras-chave:** agrometeorologia, produção vegetal, ambiência vegetal.

## **PERFORMANCE OF LETTUCECULTIVATED IN PROTECTED ENVIRONMENT AND CAMPO**

**ABSTRACT:** The objective of this work was to evaluate the performance of two cultivars of lettuce cultivated in different environments, in experimental area, at the Federal University of Campina Grande, Campina Grande-PB. The experimental design was completely randomized, with four treatments and six replications, thus making twenty four experimental units. To evaluate the performance of the cultivars, the variables of growth, production and physiology of the cultivars were analyzed at 21 days after transplanting and agrometeorological variables were monitored daily. The data were submitted to analysis of variance by the F test ( $p < 0.05$ ) and those that obtained a significance difference, a test of comparison of averages was performed through the Tukey test at the 5% probability level. According to the variables in the study, the cultivar Regina presented better performance than the red Mimosa and in relation to the environment, the greenhouse was the one that provided the best development conditions for the cultivars when compared to the production of the same in the field.

**Keywords:** agrometeorology, plant production, plant environment



## Lista de Figuras

<b>Figura 1:</b> Produção da alface em canteiro. ....	22
<b>Figura 2:</b> Médias da temperatura do ar referente aos ambientes de estudo, durante os horários do dia. ....	29
<b>Figura 3:</b> Médias da umidade do ar referente aos ambientes de estudos, durante os horários do dia. ....	29
<b>Figura 4:</b> Velocidade média do ar entre referente aos ambientes de estudo, durante os horários do dia. ....	30
<b>Figura 5:</b> Área foliar aos 21 DAT das cultivares em função dos ambientes. ....	33
<b>Figura 6:</b> Diâmetro de caule aos 21 DAT das cultivares em função dos ambientes. ....	33
<b>Figura 7:</b> Área foliar aos 21 DAT dos ambientes em função das cultivares. ....	34
<b>Figura 8:</b> Diâmetro de caule aos 21 DAT dos ambientes em função das cultivares. ....	34
<b>Figura 10:</b> Taxa de crescimento absoluto (TCA) entre 0-7 DAT de massa fresca (MFF) em função da interação entre ambiente x cultivar. ....	37
<b>Figura 11:</b> Taxa de crescimento absoluto (TCA) entre 0-7 DAT de massa fresca foliar (MFF) em função da interação entre cultivar x ambiente. ....	37
<b>Figura 12:</b> Temperatura da câmara foliar aos 21 DAT em função da interação ambiente x cultivar. ....	41
<b>Figura 13:</b> Temperatura da câmara foliar aos 21DAT em função da interação cultivar x ambiente. ....	41

## Lista de Tabelas

<b>Tabela 1:</b> Análise de variância referente às variáveis números de folhas (NF), área foliar (AF), comprimento de caule (CC) e diâmetro do caule (DC) aos 21 dias após transplântio (DAT). .....	31
<b>Tabela 2:</b> Valores médios das variáveis, número de folha (NF), área foliar (AF) e diâmetro caulinar (DC), entre o fator cultivar. ....	32
<b>Tabela 3:</b> Análise de variância referente às variáveis, taxa de crescimento absoluto quanto a massa seca foliar (TCAMSF) e referente a massa fresca foliar (TCAMFF), aos 0-7 e 14-21 dias após transplântio (DAT). ....	35
<b>Tabela 4:</b> Valores médios da Taxa de crescimento absoluto (TCA) da massa seca fresca (MSF) e massa fresca foliar (MFF) entre 0-7 DAT em função do fator cultivar. ....	36
<b>Tabela 5:</b> Valores médios da Taxa de crescimento absoluto (TCA) da massa seca fresca (MSF) e massa fresca foliar (MFF) entre 0-7 DAT em função do fator ambiente. ....	36
<b>Tabela 6:</b> Análise de variância referente às variáveis, massa fresca foliar (MFF), massa fresca da raiz (MFR) e massa fresca do caule (MFC), aos 21 dias após transplântio (DAT). ....	37
<b>Tabela 7:</b> Valores médios da massa fresca foliar (MFF), massa fresca do caule (MFC) e massa fresca raiz (MFR) aos 21 DAT em função do fator cultivar. ....	38
<b>Tabela 8:</b> Análise de variância referente às variáveis, clorofila total, fotossíntese líquida (A), transpiração (E), condutância estomática (gs) e a temperatura da câmara foliar (Tch) aos 21 dias após transplântio (DAT). ....	39
<b>Tabela 9:</b> Clorofila total (Clor. Total), condutância estomática (gs) e a temperatura da câmara foliar (Tch) aos 21 DAT em função do fator ambiente. ....	40

## Sumário

1.	Introdução.....	12
2.	Revisão de Literatura.....	12
2.1	Cultura da alface .....	12
2.2	Sistema de cultivo convencional.....	14
2.3	Ambientes de cultivo .....	15
2.3.1	À campo.....	15
2.3.2	Ambiente protegido .....	15
2.4	Água no solo .....	16
2.4.1	Automação de Sistemas de Irrigação.....	16
2.5	Variáveis agrometeorológicos .....	18
2.6	Crescimento da alface .....	19
2.6.1	Número de Folhas.....	19
2.6.2	Área Foliar.....	20
2.6.3	Massa fresca e seca.....	20
2.7	Variáveis fisiológicas.....	20
3.	Material e métodos .....	21
3.1	Localização do experimento .....	21
3.2	Ambiente de cultivo.....	21
3.3	Descrição dos tratamentos .....	22
3.4	Sistema de cultivo.....	22
3.5	Solo .....	22
3.6	Adubação e plantio .....	23
3.7	Tratos culturais .....	23
3.8	Determinação da lâmina e controle da irrigação.....	23
3.9	Cultivares da alface.....	24
3.10	Variáveis analisadas .....	24

3.10.1	Variáveis meteorológicas .....	25
3.10.2	Crescimento .....	25
3.10.3	Variáveis fisiológicas .....	27
3.11	Análise estatística.....	28
4.	Resultados e discussão .....	28
4.1	Ambiência.....	28
4.2	Desenvolvimento da alface.....	31
4.2.1	Crescimento da alface.....	31
4.2.2	Taxas de crescimentos .....	34
4.3	Variáveis Fisiológicas.....	39
5.	Conclusões.....	42
6.	Referências .....	43

## **1. Introdução**

A alface (*Lactuca Sativa L.*) é uma hortaliça folhosa amplamente consumida pela população mundial, sendo que o Brasil teve aproximadamente 39 mil hectares de área plantada no ano de 2017, ocupando a segunda posição entre as hortaliças produzidas, e em razão da demanda, associada à alta perecibilidade do produto e a grande extensão do Brasil, o cultivo da alface deve ser realizado em todas as regiões, para que se possam ofertar produtos de qualidade (Garcia Filho, 2017).

Segundo Estefanel et al. (1978), a alface é uma hortaliça sensível a temperaturas do ar acima de 20°C e elevada intensidade da radiação solar. O cultivo em regiões áridas e semiáridas do nordeste brasileiro, limitam a produção da alface, tendo em vista que as condições meteorológicas abrangem alta radiação solar, baixa nebulosidade, altas temperaturas, baixas taxas de umidade relativa do ar e baixo índice pluviométrico, distribuídos irregularmente no tempo e no espaço, e limitados a um período muito curto do ano (Andrade-Lima 1981).

A radiação solar é considerada uma das principais variáveis meteorológicas e de maneira indireta influência em outros parâmetros como a temperatura, pressão atmosférica, vento, precipitação, umidade relativa do ar. Essa radiação além de atuar como fonte primária de energia para a maioria dos processos terrestres, em especial a fotossíntese, fenômeno responsável pela produção de energia para os vegetais (Hipps et al., 1983; Jones e Kiniry, 1986; Viana, 2012).

Técnicas agrícolas vêm sendo implantadas para minimizar os efeitos ocasionados pelas condições climáticas adversas, visando aumento da produção e elevado o índices de produtividade (Viana, 2012).

Nesse contexto a presente pesquisa tem como objetivo avaliar a produção de duas cultivares da alface, regina e a mimosa vermelha, cultivadas em sistema de cultivo convencional à campo e em ambiente protegido, com o propósito de avaliar a influência do clima em sua produção.

## **2. Revisão de Literatura**

### **2.1 Cultura da alface**

A alface (*Lactuca Sativa L.*) é uma planta herbácea, com coloração em vários tons de verde e roxa, conforme sua variedade possui caule pequeno, através do qual as

folhas se prendem, com sistema radicular ramificado e superficial, explorando os primeiros 0,25 m do solo (Filgueira, 2003).

A hortaliça pertence à família das *Asteráceas*, originária de espécies silvestres, é encontrada em regiões de clima temperado do sul da Europa e oeste da Ásia (Filgueira, 2007), foi introduzido no Brasil pelos portugueses no ano de 1647 (Ryder e Witaker, 1976). Segundo Ohse (2001) a alface é uma espécie de hortaliça de grande importância na alimentação e na saúde humana, por ser fonte de vitaminas, sais minerais e apresentar baixo valor energético.

No Brasil, entre as diversas variedades da alface, as mais conhecidas e consumidas são as crespas verdes e as lisas verdes, que foram melhoradas para o cultivo no verão ou adaptadas para regiões tropicais (Henz et al., 2009). A variedade lisa possui folhas lisas e soltas, relativamente delicadas e não há formação de cabeça compacta, sendo as principais cultivares denominadas por Babá, Babá de Verão, Monalisa AG 819, Regina, Regina 71, Regina 440, Regina 579, Regina de Verão e Vitória de Verão (Henz et al., 2009).

A cultivar Regina apresenta características específicas como à coloração verde clara, ciclo que varia entre 70 a 80 dias, está também responde bem a condições de estresse térmico (Henz et al., 2009).

As alfaces da variedade crespa apresentam como características gerais folhas grandes e crespas, textura macia e consistente, sem formação de cabeça, podendo ter coloração verde ou roxa. As principais cultivares crespas verdes é nomeado por Black Seeded Simpson, Brisa, Elba, Grand Rapids, Grand Rapids Nacional, Grand Rapids TBR, Grande Rápida, Hortência, Itapuã 401, Marianne, Marisa AG 216, Mimosa (Salad Bowl), Salad Bowl, Simpson, Vanessa, Verônica e Vera (AF-470). As cultivares crespas roxas mais conhecidas são: Maravilha Quatro Estações, Mimosa Vermelha, Quatro Estações, Rossimo, Salad Bowl Roxa, Veneza Roxa e Vermelha Ruby (Henz et al., 2009).

A cultivar Mimosa Vermelha possui formato arredondado com boa uniformidade, coloração vermelha intensa e brilhante, planta vigorosa, folhas largas, boa tolerância a Tip Burn, com ciclo de aproximadamente 70 dias e resistente a doença de míldio da alface (Henz et al., 2009).

Para o cultivo da alface, a temperatura considerada ótima irá variar de acordo com o estágio de desenvolvimento da cultura, na germinação a temperatura ideal é de 20 °C (Koefender et al., 2009) para o seu desenvolvimento vegetativo, e segundo

Sganzerla (1997) a temperatura ideal deverá variar entre 14 à 18 °C durante o dia, e 15 à 20 °C a noite, devendo estas temperaturas estarem combinados com umidade relativa do ar entre 60 e 70 % em média. Umidade relativa do ar muito elevada pode favorecer a ocorrência de doenças, principalmente quando produzida em ambiente protegido (Cermeño, 1990, citado por Radin et al., 2004).

Quando a transpiração é maior que a absorção hídrica da planta, ocorre o fechamento dos estômatos, com o propósito de reduzir as perdas de água, esse fenômeno reduz a entrada de CO<sub>2</sub> e a taxa fotossintética das plantas (Andriolo, 1999).

## **2.2 Sistema de cultivo convencional**

O cultivo da alface pode ser realizado no sistema convencional, canteiro ou hidropônico, diferenciando entre si nos aspectos relacionados ao manejo da cultura e também ao manuseio pós-colheita (Rocha et al., 2008). No sistema de cultivo convencional, técnicas de cultivo mais sustentáveis vem sendo desenvolvidas em busca de uma produção de alimentos mais saudáveis (Kamiyama et al., 2011).

Segundo Higashi (2002) e Gliessman (2000) um dos principais problemas associados a este sistema de cultivo em canteiros é a utilização de agrotóxico, promovendo assim diversos problemas ambientais como a contaminações de lençóis freáticos, diminuição da fertilidade do solo, alterações genéticas em plantas e animais.

No sistema convencional, a adubação mineral não contribui na melhoria do solo e nem tão pouco substituem a reposição da matéria orgânica perdida durante o cultivo, porém fornecem nutrientes, que são imediatamente disponíveis para as plantas, promovendo rápido crescimento e proporcionando grandes produtividades (Hernández et al., 2016). Podendo ser em canteiros sem o sistema de contenção ou com contenção, podendo ser com o próprio solo do local ou com material construtivo e/ou alternativo, ambos possuem manejo similar, no entanto, o canteiro sem contenção exige um menor investimento para construção, mas necessitam de uma frequência de manutenção, em especial no período chuvoso, já que pode ocorrer desmoronamento do solo com consequente perda de insumos, fato que é minimizado com a utilização da contenção com alvenaria e/ou material alternativo (Jorge et al., 2012).

## **2.3 Ambientes de cultivo**

### **2.3.1 À campo**

Um fator de grande influência na produção de hortaliças é o clima, em especial quando são cultivadas em campo. A precipitação, as altas temperaturas e o vento afetam o rendimento produtivo das culturas, pois não é possível controlar as variáveis climáticas a que as plantas estão expostas (Purquerio e Tivelli, 2006).

A exposição à radiação direta ocasiona o aumento da taxa de transpiração das plantas, podendo ser mais eficiente à realização da fotossíntese, quando comparados com o cultivo protegido, porém quando em excesso o mesmo prejudica o desempenho produtivo da mesma (Felippe, 1986).

### **2.3.2 Ambiente protegido**

O cultivo em ambiente protegido ou estufas, construídos com estruturas em madeira ou metálicas. O tipo de material (plástico ou tela) utilizado na construção altera os níveis de radiação no seu interior, característica que influencia diretamente no crescimento e desenvolvimento da planta. Um fator de suma importância na produção agrícola em ambiente protegido é o posicionamento da estrutura no terreno, tendo em vista que a orientação da construção está diretamente relacionada com a quantidade de radiação que irá incidir no interior da mesma (Teruel, 2010; Clemente et al., 2011; Silva et al., 2014).

O cultivo protegido originalmente era feito em ambiente revestido com vidro, devido às suas excelentes propriedades físicas, no entanto, atualmente, o polietileno de baixa densidade é o material mais utilizado para a cobertura, por possui propriedades de transparência e serem flexíveis, facilitando seu manuseio, e mais econômicos quando comparados ao vidro (Purquerio e Tivelli, 2006).

Atualmente são comercializados pelas indústrias de plástico diferentes materiais capazes de filtrar comprimentos de onda específicos da radiação que permitem o controle da temperatura interna da estufa, plásticos biodegradáveis, antiestáticos (permitem que os plásticos fiquem limpos por mais tempo), aditivados contra radiação ultravioleta (UV), difusor de luz, como também com ação inibidora do desenvolvimento de fungos (Silva et al., 2014).

Em estufa agrícola com cobertura plástica, a fração da radiação solar difusa é maior que em campo, devido ao efeito de difusão da radiação provocado pela própria



cobertura, desta forma, atinge as planta com maior eficiência, desde que não haja deposição de poeira sobre a cobertura. Do oposto, a cobertura tende a reduzir a luminosidade no interior da estrutura e, assim, reduz a disponibilidade de radiação para as plantas. O cultivo em ambiente protegido tem como função básica, portanto, aliar a obtenção de um produto de melhor qualidade associado a um melhor custo de produção, viés de maior interesse para o produtor (Silva et al., 2007; Silva et al., 2012).

O cultivo em ambiente protegido possibilita a obtenção de condições de micro clima adequadas de produção, com redução dos efeitos negativos das variações de temperatura, umidade relativa do ar e radiação (Duarte et al., 2010).

## **2.4 Água no solo**

O conhecimento da dinâmica da água no solo junto ao conhecimento da disponibilidade de água no solo nos permite desenvolver um manejo de irrigação, tendo em vista que esta é quantificada em função da demanda de água da planta e da atmosfera e pela intensidade de fluxo de água do solo para as raízes (Reichardt e Timm, 2004).

O conteúdo da água no solo é um dos principais parâmetros utilizados no manejo da irrigação, sendo muito empregado na avaliação e no monitoramento dos sistemas hidrológicos. Para determinar o conteúdo de água no solo existem inúmeros métodos, (Ore Wraith, 2002), que fornece diretamente os valores do conteúdo de água no solo, e os indiretos, que tomam como base medidas da moderação de nêutrons, da resistência do solo à passagem de uma corrente elétrica, por meio da constante dielétrica do solo ou da tensão da água no solo por meio de tensiômetros (Teixeira e Coelho, 2005).

A racionalização do uso da água é um método de controle da água do solo que tem como objetivo principal reduzir os desperdícios, e está diretamente relacionado ao manejo adequado da irrigação (Batista, 2012).

### **2.4.1 Automação de Sistemas de Irrigação**

A automação no sistema de irrigação, segundo Queiroz (2007), é umas das ferramentas possíveis de se usar para tentar minimizar perdas de água. Estes sistemas são baseados na tecnologia SMS (Sensores de Umidade do Solo), que apresentam potencial para fornecer água às plantas, por meio da manutenção do conteúdo de água

do solo num intervalo desejado, considerado ótimo ou adequado para o crescimento da planta (Muñoz-Carpenae Duques, 2005).

Os sistemas de irrigação automatizados apresentam vantagens em relação aos sistemas tradicionais, pois o acionamento manual geralmente é realizado de forma irregular e sem controle, aplicando lâminas excessivas, além do custo de se dispor de operadores para essa função (Médici, 1997; Macedo et al., 2010).

Em estudo realizado por Rosenfeld et al. (2000) com sistema ecológico autônomo observaram que trata-se de uma alternativa para o fornecimento de água às plantas, operando com baixas pressões e mínima necessidade de energia. No entanto, para definir o momento e o volume de água a ser aplicado, o sistema funciona várias vezes ao longo do dia, em função da necessidade hídrica da cultura, em curtos espaços de tempo, repondo o volume de água necessário de acordo com a necessidade hídrica da cultura.

Alguns sistemas indiretos de estimativa da lâmina que deverá ser aplicada no solo podem utilizar temporizadores (Timers) por meio dos quais o acionamento pode ser eficaz na automação da irrigação (Alencar et al., 2007).

Sensores capacitivos desenvolvidos para monitorar o conteúdo de água do solo formam avaliados por Cruz et al. (2010), onde apesar de apresentarem resposta à variação do conteúdo de água do solo, os autores concluíram que o sensor apresenta baixo tempo de resposta, oscilando com o efeito causado pela temperatura ambiente.

Quanto ao manejo da irrigação Silva et al. (2001), baseado em tensiometria de mercúrio, instalado em canteiros no interior da casa de vegetação, citam que o sistema mostrou-se eficiente no manejo de água, tanto para solo arenoso como argiloso, por meio do qual concluíram que o sistema pode ser utilizado para manejo de sistemas de irrigação localizados, que tem como característica própria do sistema o controle da umidade do solo.

O inconveniente do sistema de automação de irrigação com sensores eletrônicos ou mesmo tensiômetros equipados com transdutores eletrônicos de pressão é que normalmente apresentam custo elevado, por envolverem sistemas eletrônicos de controle complicados, de difícil manejo e manutenção (Klein, 2001).

No entanto, em estudo realizado por Oliveira (2012), que desenvolveu um dispositivo denominado “acionador simplificado para irrigação”, que apresenta baixo custo e vem se mostrando eficiente na irrigação, possuindo, desta forma, potencial para uso na agricultura.

Estudos realizados em substrato orgânico e comercial observando a eficiência do “acionador simplificado para irrigação” na automação da irrigação (Medici et al., 2010) verificaram a possibilidade de regulagem da tensão dentro da faixa de -1 a -8 kPa, obtida com a variação do desnível do pressostato entre 0,3 e 0,9 m.

## **2.5 Variáveis agrometeorológicas**

O clima é um fator de suma importância para diversas atividades humanas, e o entendimento de sua dinâmica proporciona um melhor planejamento no que diz respeito ao uso dos dados a cerca dos recursos naturais, sobretudo em atividades agrícolas (Lopes et al., 2012).

Para Souza et al. (2010) dentre as informações climáticas mais importantes para a caracterização do ambiente, destaca-se a temperatura do ar e umidade relativa do ar, velocidade do vento, radiação solar e precipitação.

Marques (2008) cita que a radiação é a transferência de energia térmica entre dois objetos através de ondas eletromagnéticas, por meio da qual as moléculas não necessariamente precisam ter contato para transferir energia térmica. A radiação solar é o processo de irradiação térmica oriunda do calor transmitido pelo sol, que é a principal fonte de energia (de calor e de luz) na forma de ondas eletromagnéticas (Romero, 2000).

A radiação solar funciona como a energia de partida para diversos processos físico-químicos e dinâmicos que ocorrem na superfície terrestre e na interação atmosfera-superfície. A sua variabilidade no espaço e no tempo ocasiona diferentes respostas no ambiente (Porfirio, 2012).

O espectro radiante do sol é dividido em três faixas distintas de comprimento de onda, representadas por radiação ultravioleta com comprimento de 0,3 à 0,4 nm, banda visível ou radiação fotossinteticamente ativa de 0,4 à 0,7 nm, e infravermelho próximo de 0,7 a 2,8 nm (Monteith e Unsworth, 1990).

A luminosidade é um fator necessário para que ocorra uma das fases da fotossíntese, fato que está diretamente relacionado ao desenvolvimento dos vegetais. Um ambiente com deficiência luminosa, pode promover o estiolamento de plantas, comprometendo a produção (Filgueira, 2003). Por este motivo, Maskishima (1993) ressalta a importância de cultivar hortaliças em lugares longe de árvores frondosas, muros altos ou de outros obstáculos que possam fazer sombreamento.

Segundo Lamberts (2014) a umidade relativa do ar é o vapor de água em relação com o máximo de vapor de água que o ar pode conter a uma dada temperatura. De acordo com Cunha (2013), a presença de vapor de água no ar tem origem principalmente na evaporação natural da água e na transpiração dos vegetais.

Para Lamberts et al. (2005) a diferença de temperatura entre dois pontos no ambiente provoca a movimentação do ar, fenômeno chamado de convecção natural, onde a parte mais quente torna-se mais leve e sobe, enquanto a mais fria desce, proporcionando uma sensação de resfriamento do ambiente.

Segundo Romero (2000), o relevo do solo é um dos fatores que mais interfere na formação do movimento do ar, exercendo um papel importante uma vez que desvia, altera, ou canaliza este movimento. O movimento do ar, assim como qualquer outro corpo em movimento, tem inércia, visto que em movimento tende a continuar na mesma direção até ser desviado por algum obstáculo.

## **2.6 Crescimento da alface**

Esse processo é entendido como o aumento do tamanho dos organismos, pode ser determinado mediante medidas diretas de altura, diâmetro do caule, número de folhas, área foliar e massa seca/fresca e indireta como taxa de assimilação líquida, taxa decréscimo relativo da planta dentre outros (Barraza et al., 2004). As medidas diretas retratam o acréscimo absoluto da planta e as indiretas mostram sua eficiência em acumular matéria seca como produto de seus processos metabólicos (Geraud et al., 1995).

### **2.6.1 Número de Folhas**

A contagem do número das folhas fornece informações sobre a fenologia (Peixoto, 2004), sendo característica própria de cada de cada cultivar (Oliveira et al., 2004).

Queiroga (2001) avaliando o crescimento das cultivares da alface constatou que ocorreu efeito significativo entre elas, em que a cultivar Regina destacou-se das demais. Corroborando o resultado concorda em parte com o obtido por Porto (1999), diferenças observadas para tal característica é devido, fato esse que provavelmente pode estar relacionado a genética de cada cultivar, em que a cultivar Regina destacou-se das cultivares Great Lakes e Tainá quanto ao número de folhas por planta.

### **2.6.2 Área Foliar**

Conforme Lucena et al. (2011), a área foliar poderá ser obtido através indireto. Para Goto et al.(2001) o incremento significativo da área foliar ocorreu semana antes da época da colheita onde estudando três variedades de alface em ambiente protegido e a campo, a área foliar específica foi maior em ambos os ambientes.

### **2.6.3 Massa fresca e seca**

A massa fresca da planta apresenta grande sensibilidade às variações climáticas, em especial a temperatura relativa do ar, podendo sofrer alterações que vai desde a colheita da planta até o local de pesagem (Reis e Muller, 1978).

Goto et al. (2001), avaliou três variedades de alface em ambiente protegido e a campo, observaram que as variedades de alface cultivadas em condições de campo apresentaram maior acúmulo de matéria fresca. Todavia, em ambiente protegido, estas atingiram o ponto de colheita mais precocemente, sendo uma grande vantagem para o produtor, resultando em um maior retorno financeiro além de minimizar os riscos.

## **2.7 Variáveis fisiológicas**

Variáveis fisiológicas como as clorofilas e trocas gasosas, dentre outros é de suma importância, ao crescimento e desenvolvimento das plantas a depender da intensidade, qualidade e duração da radiação solar (Beckmann et al., 2006). A luminosidade influencia na produção das culturas devido ao processo de fotossíntese. O aumento da irradiância pode elevar a produção de fotoassimilados e sua disponibilidade para o crescimento da planta e produção de frutos (Andriolo, 2000).

A energia luminosa transformada em energia química pelas plantas em que a radiação fotossinteticamente ativa é a banda espectral da radiação solar absorvida pelas plantas e utilizada na fotossíntese, ocorrendo à agitação das moléculas de clorofila iniciando-se, assim, o fluxo de energia necessário à liberação de oxigênio molecular e captura de dióxido de carbono da atmosfera, utilizado para sintetizar carboidratos (Puiatti et al., 2010; Taiz; Zeiger, 2004; Hopkins, 2000).

Nos processos de morfogênese das plantas, segundo Pereira et al. (2002), tanto a radiação fotossinteticamente ativa – RFA, quanto o infravermelho próximo – IVP, participam desse processo. Entretanto, a absorção da radiação solar na faixa do IVP ocorre em menor intensidade e tem menor velocidade de reação (Oliveira, 2010).

Segundo Cardoso et al. (2010), a radiação fotossinteticamente ativa incidente no cultivo em ambiente protegido corresponde a que ultrapassou a cobertura do ambiente protegido medida logo acima das plantas, entre a cobertura e o vegetal. Em estufa agrícola, as características da estrutura influenciam nas variáveis meteorológicas tais com temperatura, umidade entre outros que, por consequência, afetam os estádios fenológicas da cultura. Dentre esses elementos, a densidade de fluxo de fótons fotossintéticos é modificada significativamente em condições de ambiente protegido, devido aos processos de absorção, transmissão e reflexão da radiação solar gerada pela estufa (Reis et al., 2012; Radin et al., 2003).

O aumento do fluxo de radiação acima do ótimo pode ser prejudicial à cultura. Este aumento pode acarretar na elevação da transpiração pelas folhas e na saturação das folhas superiores, além de ocasionar o possível fechamento estomático. Para que ocorra o crescimento e desenvolvimento normal das culturas a quantidade de radiação fotossintética recebida deverá ser superior ao limite trófico das plantas (Beckemann et al., 2006).

### **3. Material e métodos**

#### **3.1 Localização do experimento**

O experimento foi desenvolvido entre agosto à outubro de 2017, em área experimental da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), localizado na zona centro oriental do estado da Paraíba, no Planalto da Borborema (7°13'11''S; 35°53'31''O e 547 m de altitude), região do semiárido de acordo com Köppen (1948) o clima da região é classificado como tropical de estações úmida e seca (AS'), com características climáticas, quente e úmido com temperatura máxima anual de 28,6°C e mínimo de 19,5°C e pluviosidade média anual de 765 mm.

#### **3.2 Ambiente de cultivo**

O experimento foi conduzido em dois ambientes distintos, sendo um ambiente protegido, em estufa tipo arco, não climatizada, disposta no sentido leste-oeste, com estrutura em ferro galvanizado, laterais revestidas com tela de sombreamento com índice de proteção de 80% de fio de polietileno e cobertura com filme plástico de polietileno de baixa densidade (PEND), com espessura de 150 µm, com 32 metros de comprimento e 20 de largura, área de 640 m<sup>2</sup> e altura de pé direito de 3,5 m. O

experimento também foi conduzido á campo em área próxima à estufa, sem sofrer nenhuma interferência construtiva.

### 3.3 Descrição dos tratamentos

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC), com seis repetições, em que cada repetição foi representada por uma linha do sistema de cultivo e para amostragem da repetição o mesmo foi composto por duas plantas, sendo os tratamentos arranjados em esquema fatorial (2 x 2) (Figura 1). Os fatores estudados foram ambientes e cultivares, sendo os ambientes a estufa e o campo e as cultivares a Regina e Mimososa Vermelha.



**Figura 1:** Produção da alface em canteiro.

Em cada ambiente de cultivo havia 72 plantas de cada cultivar, sendo que para cada repetição foram transplantadas 12 plântulas, e aos 7 e aos 21 dias após o transplântio(DAT) foram feitos as avaliações.

### 3.4 Sistema de cultivo

O sistema de cultivo utilizado nos ambientes foi em canteiro, com contenção de alvenaria com dimensões de 4,0 m x 1,5 m x 0,3 m, com um volume total de 1,8 m<sup>3</sup> de solo, disposto no sentido norte-sul. Para auxiliar na retenção da água a base e laterais dos canteiros foram cobertas com lona plástica, visando manter a disponibilidade da água para cultura e minimizar as perdas por percolação.

### 3.5 Solo

O solo utilizado no preenchimento dos canteiros foi classificado como franco arenoso (Embrapa 2006), coletado no município de Lagoa Seca – PB. Para a realização

da caracterização química após a coleta, as amostras de solo foram secas ao ar, destorroadas, homogeneizadas e encaminhadas para o laboratório de irrigação e salinidade – LIS.

A análise dos atributos químicos do solo utilizado no preenchimento dos canteiros foram pH em água 5,90, matéria orgânica 1,41 %, Fósforo assimilável 0,65 mg/100g, Potássio 0,26 meq/100g de solo, Cálcio 2,08 meq/100 g de solo, Magnésio 1,47 meq/100 g de solo, Sódio 0,08 meq/100 g de solo, Enxofre 3,86 meq/100 g de solo, Hidrogênio 4,96 meq/100 g de solo, Alumínio 0,1 meq/100 g de solo, Ausente de Carbono de cálcio qualitativo, Carbono Orgânico 0,82 meq/100 g de solo, Nitrogênio 0,08 meq/100 g de solo, Condutividade Elétrica 0,2 mmhos/cm.

### **3.6 Adubação e plantio**

A adubação do solo foi realizada através de recomendações do Laboratório de Irrigação e Salinidade, conforme metodologia de Cavalcanti (2008), em que para o plantio as doses de Nitrogênio (N), Fósforo ( $P_2O_5$ ) e Potássio ( $K_2O$ ), respectivamente, foram de 30, 120 e 60 ( $kg\ ha^{-1}$ ), adubação está distribuída a lanço sobre a superfície dos canteiros e incorporados à profundidade de 15 cm, quanto à adubação de cobertura foi realizado a fertilização nitrogenada após 15 dias do plantio com  $40\ kg\ ha^{-1}$ , seguindo as mesmas orientações realizadas na adubação de plantio.

O transplântio das mudas foi realizado de maneira direta, onde foram retiradas as mudas dos perfis hidropônicos e transplantados em canteiro experimental já adubado previamente.

### **3.7 Tratos culturais**

Realizaram-se o controle manual de plantas daninhas. Aos três dias após o transplântio (DAT) das mudas, iniciou-se o experimento para fins de avaliação, sendo os três dias o intervalo de tempo utilizado como fase de adaptação da cultivar com o novo ambiente de cultivo.

### **3.8 Determinação da lâmina e controle da irrigação**

A irrigação foi realizada através de um acionador automático para irrigação, o “acionador simplificado para irrigação”. A água utilizada para suprimento das necessidades hídricas da cultura foi do sistema de abastecimento local (CAGEPA).



O acionador composto por uma cápsula cerâmica (ou vela de filtragem residencial de água) conectada por um tubo flexível a um pressostato de máquina de lavar roupa. O procedimento de montagem consiste na instalação da cápsula porosa no substrato de cultivo, a um desnível (h) do pressostato, e no preenchimento da tubulação com água.

Em decorrência da evaporação do cultivo, o conteúdo de água no substrato diminui, provocando a formação de uma tensão dentro da cápsula que se transmite pelo tubo flexível até o pressostato. Com esta tensão, o diafragma do pressostato aciona uma bomba que estabelece a passagem de corrente elétrica através de fios elétricos, permitindo o acionamento de uma bomba hidráulica e/ou a abertura de uma válvula solenóide, e dessa forma, a passagem de água da tubulação de derivação para a linha de emissores.

Após o acionamento do sistema a água é fornecida ao solo umedecendo o substrato, fornecendo a cápsula à informação que o solo já se encontra na umidade ideal, previamente estabelecida na qual foi adotada a capacidade de campo como ideal, fazendo com que a tensão na cápsula seja aliviada e se estabeleça uma pressão positiva no pressostato, o qual cortasse a corrente de alimentação do sistema de irrigação (bomba e/ou válvula solenóide) e cessar o fornecimento de água.

A variação deste desnível representa a possibilidade de ajuste no funcionamento do dispositivo, por meio do qual, para suprir as necessidades hídricas da cultura o desnível do presente estudo foi de 0,4 m.

### **3.9 Cultivares da alface**

As cultivares da alface (*Lactuca Sativa L.*) utilizadas foram a regina (verde lisa) e a mimosa vermelha (crespa roxa). As mudas foram adquiridas do Hortifrut Sempre Verde, localizado no município de Lagoa Seca – PB. Com aproximadamente 8 folhas definitivas (30 dias de cultivo), as mesmas foram transportadas para Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, onde foram transplantadas para os canteiros em ambos os ambientes de cultivo.

### **3.10 Variáveis analisadas**

Para caracterização dos ambientes estudados, as variáveis meteorológicas avaliadas foram temperatura do ar, umidade relativa do ar, velocidade do vento, além

das capturas de imagens termográficas em dias intercalados durante o processo produtivo.

As variáveis de crescimento, produção e fisiológicas foram analisadas aos 7 e aos 21 dias após o transplântio. As avaliações destrutivas foram realizadas no laboratório de fisiologia vegetal da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola da UFCG, localizada no Laboratório de Engenharia de Irrigação e Drenagem - LEID.

Uma percentagem representativa das mudas passou por uma coleta de dados de crescimento, produção e fisiológicos, no dia do transplântio, servindo como parâmetro de avaliação inicial.

### **3.10.1 Variáveis meteorológicas**

As variáveis meteorológicas foram coletadas durante todo período experimental, em intervalo de leitura a cada hora durante o dia inteiro. Para representar os dados do ambiente externo (a campo), foram utilizados dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), já no interior da estufa os parâmetros foi mensurada através de uma mini estação meteorológica.

A caracterização dos ambientes de cultivo, no que se refere à temperatura, foi capturada, uma vez por semana, imagens térmicas dos canteiros e entorno, com o auxílio de uma câmera especial modelo Fluke Ti50FT, nos horários de 10:00, 12:00 e 14:00h.

Posteriormente as imagens foram analisadas utilizando-se o software Smartview, que possibilita a edição das imagens e análise das temperaturas em qualquer parte da imagem captada dentro de diferentes faixas de variação além de avaliar o comportamento térmico do comprimento foliar das plantas, através das imagens termográficas 3D-IRTM. Através da extração dos dados pelo software Smartview, foi avaliado o efeito térmico da superfície do solo e da superfície foliar das diferentes cultivares da alface estudada.

### **3.10.2 Crescimento**

#### **3.10.2.1 Número de folhas (NF)**

O número de folhas foi determinado através do desfolhamento das plantas e contagem direta.

### 3.10.2.2 Comprimento do caule (CC) e Diâmetro do caule (DC)

Para determinação do comprimento e diâmetro do caule foi utilizado paquímetro digital com precisão de 0,05 mm.

### 3.10.2.3 Área foliar total (AFT)

A área foliar (AF), expressa em cm<sup>2</sup>, foi estimada pelo método proposto por Benincasa (2003), onde uma amostra com área conhecida de 9 e/ou 4 cm<sup>2</sup>, foi retirada da folha, e encaminhada para estufa afim de se obter a massa seca da amostra. Posteriormente a área foliar total de cada planta foi determinada pela razão entre o produto da área da amostra e a massa seca total das folhas, pela massa seca da amostra (Equação 1).

$$AFT = \frac{(\text{Área da amostra} * \text{massa da folha seca total})}{\text{Massa seca da amostra}} \quad (\text{Eq. 1})$$

### 3.10.2.4 Taxa de crescimento absoluto

A taxa de crescimento absoluto é a variação ou o incremento do crescimento em gramas por dia entre duas amostragens sucessivas ao longo do ciclo (Benincasa, 2003)

Essa taxa foi calculada pela equação:

$$TCA = \frac{P2 - P1}{t2 - t1} \left( \frac{g}{dia} \right) \quad (\text{Eq. 2})$$

Em que:

p = peso massa seca ou fresca (g); t = tempo em dias; 1 e 2 amostras sucessivas

### 3.10.2.5 Massa fresca/seca

Para determinação da massa da matéria fresca, foi realizada a separação das folhas, caules e raízes. A massa fresca das folhas (MFF), massa fresca do caule (MFC) e massa fresca da raiz (MFR) foram determinadas pelo método direto da pesagem em balança de precisão.

A massa seca das amostras foi determinada após perderem toda sua massa de água, mantendo seu peso constante. Para que isto ocorresse às amostras foi mantida em estufa a temperatura constante de 65 °C.

### 3.10.3 Variáveis fisiológicas

#### 3.10.3.1 Teor de clorofila

As determinações do teor de clorofila em laboratório, foi realizado através do procedimento da retirada de três discos foliares com diâmetro de 0,771 mm, por meio de um furador, entre a borda e a nervura central da folha, com o peso da amostra variando entre 50-200g. Os teores de clorofilas a, b, clorofilas totais e os carotenóides foram quantificados por meio da extração dos pigmentos das amostras retiradas das folhas frescas que, após pesadas, foram trituradas em placas de petri em ambiente com mínima luminosidade, e colocadas em recipientes contendo 6 mL de acetona a 80 %, mantendo-as ao abrigo da luz e sob refrigeração durante 72 horas, após esse período, coletou-se o sobrenadante em cada amostra.

Para a quantificação dos teores de clorofila a e b foi utilizado o equipamento espectrofotômetro da marca Spectrum SP-2000UV, nos comprimentos de onda a 470, 647 e 663 nanômetros. Os valores de absorvância foram convertidos em conteúdo de clorofila a, b, total. Os procedimentos seguiram a metodologia proposta por Arnon (1949), Lichtenthaler e Welburn (1983) e Hendry & Price (1993):

$$\text{Clorofilaa} = (12,7 \times A_{663} - 2,79 \times A_{647}) \quad (\text{Eq. 3})$$

$$\text{Clorofilab} = (22,9 \times A_{647} - 5,10 \times A_{663}) \quad (\text{Eq. 4})$$

$$\text{Clor.Total} = \text{Clor.a} + \text{Clor.b} \quad (\text{Eq. 5})$$

Os valores das equações foram expressos em  $\mu\text{g}$  de pigmento por mL de extrato. Posteriormente foram convertidos a  $\mu\text{g}$  de pigmento por g de matéria fresca foliar.

#### 3.10.3.2 Trocas gasosas

As trocas gasosas foram mensuradas através do equipamento IRGA (*Infra Red Gas Analyser*). Onde as avaliações foram realizadas em folha da região mediana do caule completamente expandidas e não sombreadas de cada repetição.

O equipamento forneceu leituras de fotossíntese líquida ou taxa de assimilação de  $\text{CO}_2$  (A) ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), transpiração (E) ( $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), condutância estomática (gs) ( $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) e temperatura na câmara foliar (Tch).

### **3.11 Análise estatística**

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F ( $p < 0,05$ ) e para os que obtiveram significância, foi realizado teste de comparação de médias, através do teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade através do programa computacional Sisvar (Ferreira, 2009).

## **4. Resultados e discussão**

### **4.1 Ambiência**

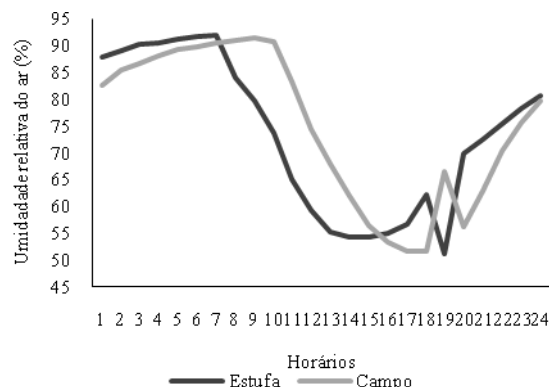
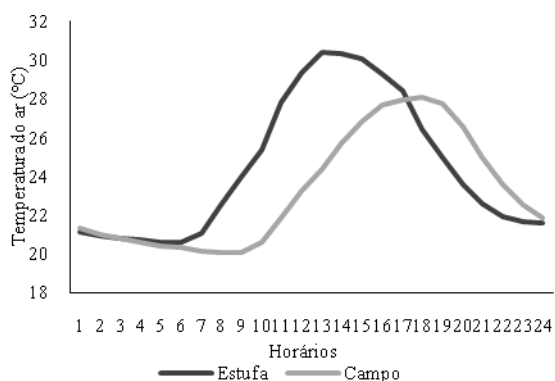
As temperaturas médias diárias após análise estatística foram maiores no interior da estufa que no campo, com médias diárias respectivamente de  $24,4 \pm 3,6^{\circ}\text{C}$  (b) e  $23,3 \pm 2,9^{\circ}\text{C}$  (a), diferindo estatisticamente entre os ambientes analisados. Resultados similares foram relatados por Santana et al. (2014), Ojeda et al. (2012) e Radin et al. (2004).

Onde a faixa de temperatura ótima segundo Sedyama et al. (2007) é entre 7 a  $24^{\circ}\text{C}$ , embora algumas cultivares possa resistir a geadas leves e outras temperaturas mais elevadas a depender de sua carga genética, o que nos permite afirmar que o ambiente campo resultou em temperaturas médias no limite máximo da temperatura ótima já no interior da estufa os valores registrados foram um pouco mais elevadas que a temperatura ótima para o cultivo da alface.

Ao avaliar os valores das médias térmicas diárias por hora, verificou-se que no intervalo entre as 23:00h à 6:00h, as médias térmicas registradas em ambos os ambientes não apresentaram diferença significativa, já no intervalo posterior até às 16:00h, foi registrado diferença significativa onde o ambiente estufa registrou temperaturas mais elevadas, com a média máxima diária de  $31,2^{\circ}\text{C}$ , fato inverso ocorreu no intervalo entre as 17:00 às 22:00h, período em que as temperatura média máxima diária registrada neste intervalo ocorreu em campo com  $28,6^{\circ}\text{C}$  foi (Figura 2).

Quanto à umidade relativa do ar foi constatado médias de  $73,9 \pm 14,5\%$  (a) e  $74,2 \pm 14,4\%$  (a) para o interior da estufa e o campo respectivamente, umidade mais elevada registradas no campo, porém não apresentaram diferença estatística significativa entre elas, o mesmo foi constatado por Santana et al. (2014), Ojeda et al. (2012) e Radin et al. (2004), quando comparam a umidade relativa do ar do interior da estufa com a do campo.

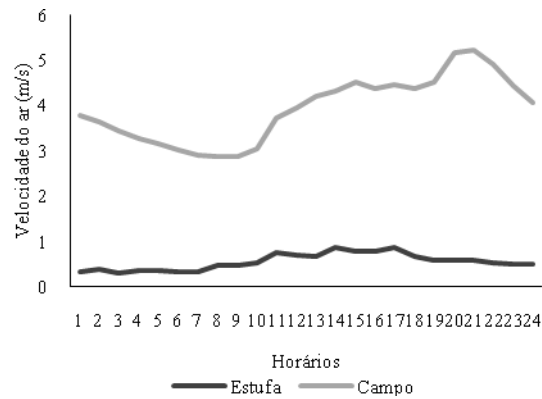
Há umidade ideal para o melhor desenvolvimento da alface segundo Cermeño (1990) e Martinez (2006) é entre 60 a 80%, logo se evidencia que em ambos os ambientes de estudo a alface foi submetida às condições ideais de cultivo.



**Figura 2:** Médias da temperatura do ar referente aos ambientes de estudo, durante os horários do dia. **Figura 3:** Médias da umidade do ar referente aos ambientes de estudos, durante os horários do dia.

Quanto os valores médios registrados durante o dia nos diferentes horários para a variável umidade relativa do ar, foi registrado comportamento inverso ao observado com as médias entre os horários diários para a variável temperatura do ar, em que para o intervalo das 7:00h às 14:00h as médias diferiram significativamente entre os ambientes com médias superiores registradas no campo e entre o intervalo as 17:00h às 23:00h a média superior registrada foi no ambiente estufa (Figura 3). Segundo Griffin et al. (2002) as médias registradas nos distintos ambientes são valores muito próximo ao ideal para que ocorra o ganho de fotossíntese líquida da cultura.

O ambiente a campo apresentou as maiores médias de velocidade do ar em relação à estufa, com valores de  $3,9 \pm 0,73$  (b)  $\text{m s}^{-1}$  e  $0,6 \pm 0,18$  (a)  $\text{m s}^{-1}$  respectivamente, diferindo significativamente entre os valores registrados nos ambientes, com média máxima de  $5,2 \text{ m s}^{-1}$  para o campo e  $1,4 \text{ m s}^{-1}$  no interior da estufa (Figura 4). A utilização de cobertura plástica altera o micro clima das estufas diferenciando do campo, estes resultados corroboram com o que foi estudado por Lopes e Stripari (1998), Andriolo (2000), Castilla (2005) e Santana et al. (2014) sobre o fluxo de energia entre a atmosfera e o solo que é alterado pela cobertura plástica influenciando na temperatura, umidade e velocidade do ar.



**Figura 4:** Velocidade média do ar entre referente aos ambientes de estudo, durante os horários do dia

Constatou-se que a umidade e a velocidade do ar apresentaram registros inversos ao da variável temperatura do ar entre os ambientes, com valores médios mais elevados no ambiente campo, o mesmo foi verificado por Ojeda et al. (2012).

Apesar dos elementos meteorológicos registrarem diferenças significativamente entre os ambientes, a temperatura da superfície do solo não deferiu estatisticamente, o que pode ser justificado a partir da umidade do solo em que se manteve em condições semelhantes para ambos os ambientes, através do sistema automatizado de irrigação.

Averiguou temperaturas médias da superfície do solo de 36,39 °C e de 35,49 °C para a superfície do solo no interior da estufa e no campo, respectivamente, temperaturas estas que não apresentou diferença estatística quanto aos resultados da massa fresca da raiz das cultivares cultivadas nos ambientes de estudo.

Quanto a variável temperatura da superfície foliar constatou-se a não diferença significativa entre a interação dos fatores ambiente e cultivares da alface, o que pode-se ser justificado a partir da adaptabilidade dentre as cultivares em estudo aos diferentes micro clima em questão.

Onde o fator cultivar apresentou diferença significativa, registrando valores médios da temperatura da superfície foliar para as cultivares regina e mimosa vermelha respectivamente de 31,64 °C (a) e 32,43 °C (b), o que pode ser justificado a partir da tonalidade da superfície foliar, em que possui uma maior absorção de calor na alface crespa roxa que a alface verde.

## 4.2 Desenvolvimento da alface

### 4.2.1 Crescimento da alface

No que se refere ao fator cultivar, o número de folhas, área foliar e diâmetro do caule apresentaram diferenças estatísticas a 5% de probabilidade, o comprimento do caule por sua vez não diferiu entre as cultivares. Para o fator ambiente a única variável que apresentou diferença estatística significativa ( $P < 0,05$ ) foi o número de folhas. Para a interação entre os fatores ambiente x cultivar ocorreu diferença estatística significativa a 1% de probabilidade para a área foliar e 5% de probabilidade para diâmetro do caule (Tabela 1).

**Tabela 1:** Análise de variância referente às variáveis números de folhas (NF), área foliar (AF), comprimento de caule (CC) e diâmetro do caule (DC) aos 21 dias após transplântio (DAT).

FV	GL	Quadrados médios			
		NF	AF	CC	DC
<b>Época (21 DAT)</b>					
<b>Cultivar</b>	1	1.980,17*	23.843.145,13*	1,7174 <sup>ns</sup>	0,32*
<b>Ambiente</b>	1	57,0417**	536.398,23 <sup>ns</sup>	1,1354 <sup>ns</sup>	0,07 <sup>ns</sup>
<b>Ambiente x Cultivar</b>	1	42,67 <sup>ns</sup>	6.708.706,02*	0,0011 <sup>ns</sup>	0,11**
<b>Erro</b>	15	11,2833	8714783,48	0,5108	0,02
<b>Total corrigido</b>	23	-	-	-	-
<b>CV (%)</b>		11,94	21,80 <sup>I</sup>	19,33	9,79

\*, \*\*, ns. Significativo a 1%, 5% e não significativo, respectivamente; CV %: coeficiente de variação. <sup>I</sup>Os dados originais foram transformados para  $\sqrt{x}$ .

Avaliando o fator cultivar, observa-se que o número de folhas da cultivar Regina foi superior ao da cultivar Mimososa vermelha, resultando em uma diferença média percentual de 48,83% entre elas. As variáveis de área foliar e diâmetro do caule foram maiores para cultivar Regina, com diferença média percentual entre as cultivares de 58,60 e 15,43%, respectivamente (Tabela 2), resultando em um maior desempenho para a cultivar Regina.



**Tabela 2:** Valores médios das variáveis, número de folha (NF), área foliar (AF) e diâmetro caulinar (DC), entre o fator cultivar.

<b>Fator Cultivar</b>	<b>NF</b>	<b>AF (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>DC (mm)</b>
Regina	37,21a	3401,85a	1,49a
Mimosa	19,04b	1408,40b	1,26b
Vermelha			

Radin et al. (2004) avaliando três cultivares de alface (Regina, Marisa e Verônica) cultivada em estufa e a campo, constataram que a cultivar Regina foi a que obteve o maior número de folhas em ambos os ambientes, atingindo 38 folhas, enquanto a Marisa e a Verônica 22 e 21 folhas, respectivamente, resultados semelhante foram obtidos no presente trabalho para a cultivar Regina. O mesmo estudo também relata que o ambiente da estufa influência na área foliar da alface, mas ressalta que o nível de resposta varia de acordo com a cultivar, destacando-se que a cultivar Regina obteve os maiores valores de área foliar, o mesmo foi observado no presente trabalho.

O desempenho observado em particular a cultivar Regina pode ser atribuído as particularidades genéticas da cultivar, já que esta cultivar apresenta características genéticas que a torna mais volumosa em número de folhas e área foliar, quando comparadas a cultivar mimosa vermelha (Henz et al., 2009; Favarato et al., 2017).

Brzezinski et al.(2017) avaliando o efeito dos ambientes de cultivo túnel baixo de polietileno e campo aberto no cultivo da alface, também constataram diferença estatística entre as cultivares de alface americana (Angelina, Rubette, Grandes Lagos 659 e Tainá), para a variável diâmetro do caule, corroborando com estudo atual.

Quanto ao fator ambiente de cultivo verificou-se diferença significativa a 5% de probabilidade para variável número de folhas, com maiores incrementos para a alface cultivada em estufa com média de 29,67 folhas por plantas, enquanto a campo o valor médio obtido foi 26,58 folhas por planta, com diferença média percentual de 10,41%.

Resultados semelhantes foram relatados por Segovia et al.(1997), Viana (2012), Radin et al. (2004), Blat et al. (2011) e Brzezinski (2017), em que a variável número de folhas, cultivada em estufa e a campo, apresentaram respostas semelhantes a da atual pesquisa. Radin et al. (2004) concluíram em estudo realizado no Rio Grande do Sul, que as alfases cultivadas em estufa apresentaram um número final de folhas superior as cultivadas a campo. Assim como Brzezinski et al. (2017) avaliando o efeito de

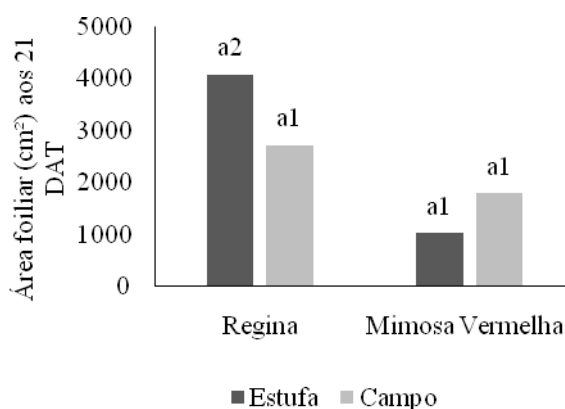
diferentes ambientes de cultivo (protegido e a campo), no município de União da Vitória-PR, constataram diferença significativa para o número comerciais de folhas da alface, sendo o ambiente protegido mais favorável ao cultivo, entretanto, não houve diferença significativa deste fator sobre o comprimento de caule.

Segundo Rebouças et al. (2015) essa diferença produtiva pode estar associada ao microclima existente no ambiente protegido, que modificou a temperatura, a umidade relativa do ar, a radiação solar e a velocidade do vento, influenciando no desenvolvimento e no crescimento da cultura, variação dos elementos meteorológicos constatado no presente trabalho.

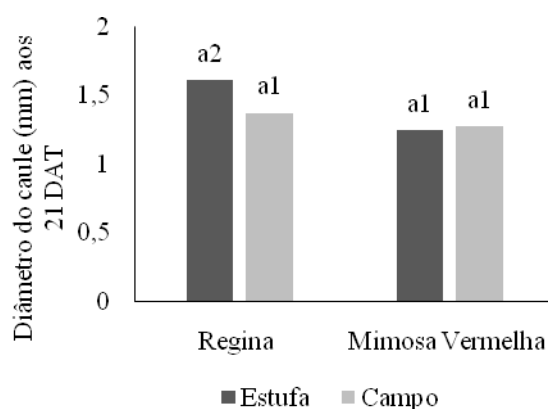
Quanto a estética das folhas mesmo com a variação da velocidade do vento durante o dia (Figura 4), verificou-se que mesmo no ambiente campo com seus picos de velocidade média do ar de  $5,2 \text{ m s}^{-1}$ , não constatou-se danificações nas folhosas cultivadas no mesmo.

Observou-se quanto à interação realizada entre os ambientes e as cultivares analisadas, que apenas a variável área foliar e diâmetro do caule, apresentaram diferença estatística significativa. O teste de comparação de médias para a área foliar demonstrou que houve influência significativa dos ambientes apenas para a cultivar Regina (Figura 5), com um produção média no interior estufa para a variável área foliar de  $4080 \text{ cm}^2$  e de  $2723 \text{ cm}^2$  para as cultivadas no ambiente campo. A cultivar Mimosa vermelha por sua vez, apresentou desempenho similar em ambos os ambientes não diferindo estatisticamente entre si.

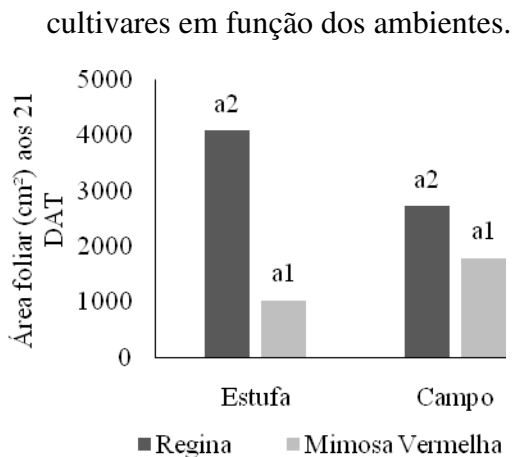
O diâmetro do caule seguiu o mesmo padrão de resposta, com efeito significativo dos ambientes observados apenas na cultivar Regina (Figura 6), resultando em uma diferença média percentual entre os ambientes de 14,90%.



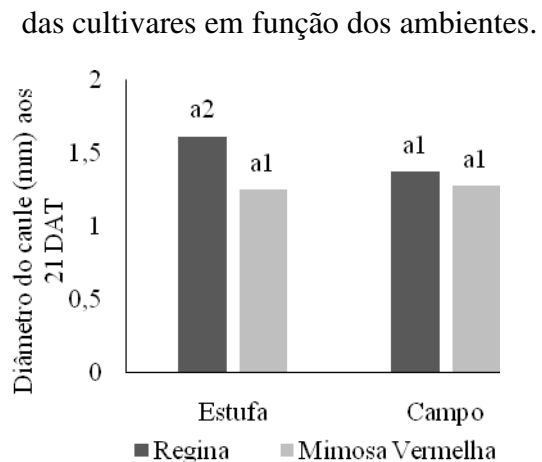
**Figura 5:** Área foliar aos 21 DAT das



**Figura 6:** Diâmetro de caule aos 21 DAT



**Figura 7:** Área foliar aos 21 DAT dos ambientes em função das cultivares.



**Figura 8:** Diâmetro de caule aos 21 DAT dos ambientes em função das cultivares.

O ambiente interferiu no incremento da área foliar das cultivares da alface, onde as cultivares produzidas na estufa apresentou médias de área foliar maiores, e o mesmo foi constatado por Radin et al. (2004), Blat et al. (2011), Viana (2012), e Brzezinski (2017)

A cultivar Regina apresentou incrementos significativos em relação a cultivar Mimosa Vermelha em ambos os ambientes de cultivo (Figuras 7 e 8), com maiores médias de área foliar e diâmetro do caule. Essas diferenças observadas são em decorrência, provavelmente, da carga genética de cada cultivar (Henz et al., 2009).

#### 4.2.2 Taxas de crescimentos

Nota-se quanto a variável taxa de crescimento entre os períodos estudados que o primeiro período correspondente aos intervalo de 0 a 7 dias após o transplântio (DAT) que quanto a massa seca e fresca, apresentaram diferença estatística significativa ( $p < 0,01$ ) para o fator cultivar, provavelmente por possuírem carga genética distintas, conforme citado por Henz et al.(2009).

O fator ambiente apresentou diferença estatística a 1% de probabilidade para a taxa de crescimento absoluto de massa fresca foliar e a 5% de probabilidade para a taxa de crescimento absoluto de massa seca foliar.

No que se refere à interação entre os fatores houve efeito significativo ( $p < 0,01$ ) apenas para a taxa de crescimento absoluto de massa fresca foliar, resultando em uma influência significativa do ambiente quanto a taxa de crescimento.

**Tabela 3:** Análise de variância referente às variáveis, taxa de crescimento absoluto quanto a massa seca foliar (TCAMSF) e referente a massa fresca foliar (TCAMFF), aos 0-7 e 14-21 dias após transplântio (DAT).

FV	GL	Quadrados médios	
		TCA <sub>MSF</sub>	TCA <sub>MFF</sub>
<b>Época 1 (0-7 DAT)</b>			
<b>Cultivar</b>	1	0,0160 <sup>*</sup>	8,54 <sup>*</sup>
<b>Ambiente</b>	1	0,0014 <sup>**</sup>	3,59 <sup>*</sup>
<b>Ambiente x Cultivar</b>	1	0,0001 <sup>ns</sup>	0,86 <sup>*</sup>
<b>Erro</b>	15	0,0005	1,78
<b>Total corrigido</b>	23	-	-
<b>CV (%)</b>		2,06 <sup>1</sup>	17,73
<b>Época 2 (14-21 DAT)</b>			
<b>Cultivar</b>	1	0,0002 <sup>ns</sup>	13,64 <sup>ns</sup>
<b>Ambiente</b>	1	0,0013 <sup>ns</sup>	28,28 <sup>ns</sup>
<b>Ambiente x Cultivar</b>	1	0,0030 <sup>ns</sup>	4,87 <sup>ns</sup>
<b>Erro</b>	15	0,0207	12,47
<b>Total corrigido</b>	23	-	-
<b>CV (%)</b>		14,37 <sup>2</sup>	21,22 <sup>2</sup>

\*, \*\*, ns. Significativo a 1%, 5% e não significativo, respectivamente; CV %: coeficiente de variação. <sup>1</sup>Os dados originais foram transformados para  $\sqrt{(Y + 0.5)}$ . <sup>2</sup>Os dados originais foram transformados para  $\sqrt{(Y + 1)}$ .

Quanto o intervalo entre 14 e 21 DAT não foi observado nenhuma diferença estatística entre os fatores estudados, o que pode ser justificado, possivelmente em virtude das cultivares terem desenvolvido mecanismo de adaptação para o ambiente em que estavam inseridas, possibilitando afirmar que o período inicial de produção é o mais influenciado pelo meio de cultivo.

O fator cultivar apresentou-se variação significativa, entre as variáveis taxa de crescimento absoluto de massa fresca foliar e taxa de crescimento absoluto de massa seca foliar, que se observou uma maior taxa para a cultivar Regina (Tabela 5), resultando em uma diferença percentual respectivamente da taxa de crescimento absoluto de matéria fresca e seca de 52,19 e 35,71%, entre elas.

**Tabela 4:** Valores médios da Taxa de crescimento absoluto (TCA) da massa seca fresca (MSF) e massa fresca foliar (MFF) entre 0-7 DAT em função do fator cultivar.

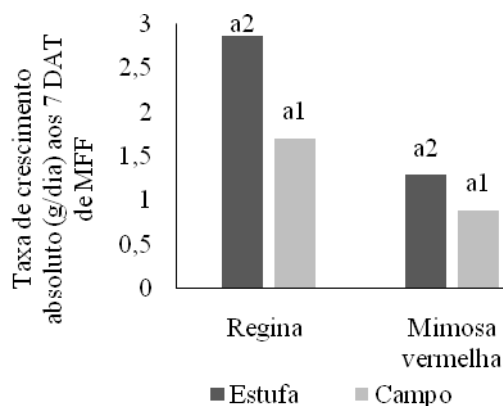
<b>Fator Cultivar</b>	<b>TCA_MFF aos 7 DAT (g/dia)</b>	<b>TCA_MSFF aos 7 DAT (g/dia)</b>
Regina	2,28	0,24
Mimosa Vermelha	1,09	0,18

O fator ambiente proporcionou resultados positivos em ambos as variáveis no interior da estufa apresentando características climáticas favoráveis ao desenvolvimento das respectivas taxas, resultando em uma diferença percentual para a taxa de crescimento absoluto em termo de massa fresca foliar de 37,20% e quanto a massa seca foliar de 21,73% (Tabela 6).

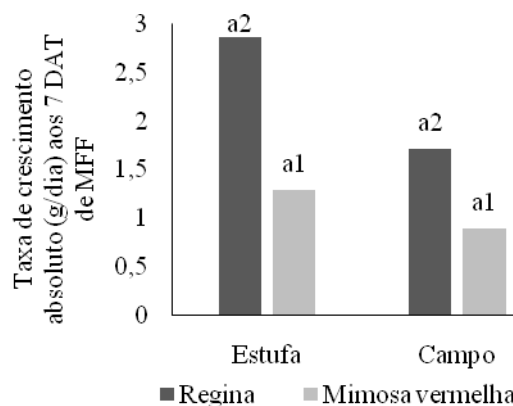
**Tabela 5:** Valores médios da Taxa de crescimento absoluto (TCA) da massa seca fresca (MSF) e massa fresca foliar (MFF) entre 0-7 DAT em função do fator ambiente.

<b>Fator Ambiente</b>	<b>TCA_MFF aos 7 DAT (g/dia)</b>	<b>TCA_MSFF aos 7 DAT (g/dia)</b>
Estufa	2,07	0,23
Campo	1,30	0,18

O resultado da interação realizada entre os ambientes e as cultivares analisadas apresentou diferença estatística significativa apenas para a variável taxa de crescimento absoluto de massa fresca foliar para o intervalo 0-7, demonstrando influência significativa dos ambientes entre as cultivares (Figura 10), em que no ambiente da estufa o valor médio da taxa de crescimento absoluto de massa fresca foliar da cultivar Regina foi de 2,86g dia<sup>-1</sup> e para a cultivar Mimosa vermelha foi de 1,70 g dia<sup>-1</sup>, já para o ambiente a campo a cultivar Regina e Mimosa vermelha apresentaram valores médios 1,28 e 0,89 g dia<sup>-1</sup>, respectivamente.



**Figura 9:** Taxa de crescimento absoluto (TCA) entre 0-7 DAT de massa fresca (MFF) em função da interação entre ambiente x cultivar



**Figura 10:** Taxa de crescimento absoluto (TCA) entre 0-7 DAT de massa fresca foliar (MFF) em função da interação entre cultivar x ambiente.

Diferindo as cultivares entre si em ambos ambientes, o que pode ser justificado, em decorrência das particularidades genética de cada cultivar, como a Regina é da variedade verde lisa, que apresenta características genéticas que a torna mais volumosa em número de folhas e área foliar (Henz et al., 2009) (Figura 11).

#### 4.2.2.1 Massa fresca

Analisando o fator cultivara os 21 dias após o transplântio, observa-se que a variável massa fresca foliar e massa fresca da raiz apresentaram variação estatística a 1% e amassa fresca do caule a 5% de probabilidade.

O fator ambiente resultou em uma diferença estatística a 1% de probabilidade apenas para massa fresca foliar, não ocorrendo interação entre os fatores para nenhuma das variáveis (Tabela 6).

**Tabela 6:** Análise de variância referente às variáveis, massa fresca foliar (MFF), massa fresca da raiz (MFR) e massa fresca do caule (MFC), aos 21 dias após transplântio (DAT).

FV	GL	Quadrados médios		
		MFF	MFR	MFC
Época 3 (21 DAT)				

<b>Cultivar</b>	1	12.237,46*	1.020,77*	32,43**
<b>Ambiente</b>	1	6.513,56*	4,42 <sup>ns</sup>	122,94 <sup>ns</sup>
<b>Ambiente x Cultivar</b>	1	2.678,49 <sup>ns</sup>	41,71 <sup>ns</sup>	30,15 <sup>ns</sup>
<b>Erro</b>	15	781,92	25,85	7,38
<b>Total corrigido</b>	23	-	-	-
<b>CV (%)</b>		14,13 <sup>1</sup>	12,54 <sup>1</sup>	14,35 <sup>2</sup>

\*, \*\*, ns. Significativo a 1%, 5% e não significativo, respectivamente; CV %: coeficiente de variação. <sup>1</sup>Os dados originais foram transformados para  $\sqrt{x}$ . <sup>2</sup>Os dados originais foram transformados para  $\sqrt{(Y + 0.5)}$ .

A cultivar Regina demonstrou um maior acúmulo de fitomassa em todas as variáveis (Tabela 7). Havendo um decréscimo de 37,02, 43,72 e 50,91% para as variáveis MFF, MFC e MFR respectivamente, para cultivar Mimosa Vermelha. Segundo Henz et al. (2009) e Favarato et al. (2017) diferenças desta natureza são devidas, provavelmente, à carga genética de cada cultivar.

**Tabela 7:** Valores médios da massa fresca foliar (MFF), massa fresca do caule (MFC) e massa fresca raiz (MFR) aos 21 DAT em função do fator cultivar.

<b>Fator Cultivar</b>	<b>MFF (g)</b>	<b>MFC (g)</b>	<b>MFR (g)</b>
Regina	121,96	10,36	25,61
Mimosa Vermelha	76,80	5,83	12,57

O cultivo em estufa apresentou características mais favoráveis ao desenvolvimento da variável massa fresca foliar, com peso médio de 115,86 g enquanto a produção de massa fresca em campo atingiu 82,91 g, com uma diferença percentual de 28,43% entre os ambientes. Resultados semelhantes foram observados por Blat et al. (2011) e Brzezinski (2017), quando avaliou a influência de diferentes ambientes no desenvolvimento de diferentes cultivares da alface cultivares de alface americana (Angelina, Rubette, Grandes Lagos 659 e Tainá).

Segundo Edmond et al. (1967), quando uma cultura está sendo conduzida dentro de uma variação ótima de luminosidade, com outros fatores favoráveis, a fotossíntese é elevada e a quantidade de carboidratos utilizados para o crescimento e desenvolvimento da planta é alta, o que pode justificar a maior produção de biomassa no interior da estufa.

### 4.3 Variáveis Fisiológicas

Observou-se que para o fator cultivar só ocorreu diferença estatística para a variável temperatura de câmara foliar a 1% de probabilidade. Já no que se refere ao fator ambiente isoladamente observa-se que não ocorreu variação estatística para a variável fotossíntese líquida e transpiração, no entanto, a variável clorofila total, condutância estomática e temperatura da câmara foliar apresentaram comportamento similar, diferindo estatisticamente a 1% de probabilidade (Tabela 8). Ocorrendo interação entre os fatores apenas para temperatura da câmara foliar (Tch).

**Tabela 8:** Análise de variância referente às variáveis, clorofila total, fotossíntese líquida (A), transpiração (E), condutância estomática (gs) e a temperatura da câmara foliar (Tch) aos 21 dias após transplantio (DAT).

FV	GL	Quadrados médios				
		Clor. total	A	E	Gs	Tch
<b>Época 3 (21 DAT)</b>						
<b>Cultivar</b>	1	1.1074,23 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>	0,005 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>	1,18*
<b>Ambiente</b>	1	35.902,78*	0,02 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>	0,07*	7,60*
<b>Ambiente x Cultivar</b>	1	11.528,17 <sup>ns</sup>	0,004 <sup>ns</sup>	0,07 <sup>ns</sup>	0,0002 <sup>ns</sup>	0,85**
<b>Erro</b>	15	5,019,29	0,0045	0,06	0,009	0,12
<b>Total corrigido</b>	23	-	-	-	-	-
<b>CV (%)</b>		10,85	19,53	8,32	22,15	1,22

\*, \*\*, ns. Significativo a 1%, 5% e não significativo, respectivamente; CV %: coeficiente de variação.

No que se refere a cultivar, verificou-se uma temperatura média da câmara foliar de 28,23°C para cultivar Regina e 27,79°C para cultivar Mimosa Vermelha.

O teste de comparação de médias demonstrou que houve influência significativa dos ambientes para condutância estomática e clorofila total, com aumento significativo destas variáveis no cultivo em estufa. A temperatura da câmara foliar diminuiu significativamente no interior da estufa quando comparadas a campo, quando confrontamos com o valor da variável meteorológica obtida no interior da estufa e no ambiente campo pode-se observar que a temperatura da câmara foliar apresentou comportamento inverso ao da temperatura do ar (Tabela 9).



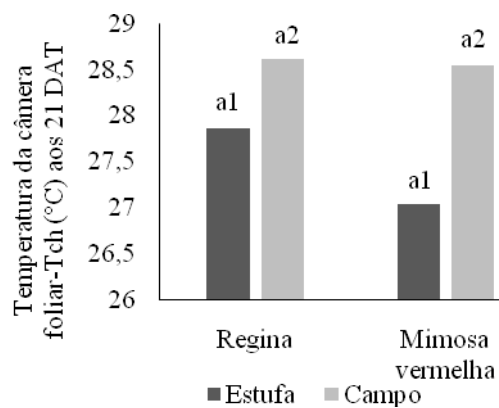
**Tabela 9:** Clorofila total (Clor. Total), condutância estomática (gs) e a temperatura da câmara foliar (Tch) aos 21 DAT em função do fator ambiente.

<b>Fator Ambiente</b>	<b>Clorofila totais (<math>\mu\text{g}</math> de pigmento/g de MF)</b>	<b>gs (<math>\text{mol}/\text{m}^2 \text{s}^{-1}</math>)</b>	<b>Tch (<math>^{\circ}\text{C}</math>)</b>
Estufa	691,39	0,49	27,45
Campo	614,04	0,38	28,58

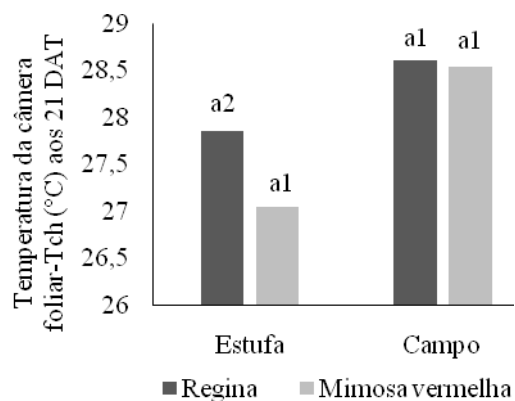
Observou-se um aumento significativo de clorofila nas plantas cultivadas no ambiente protegido, com uma diferença percentual de 11,18% em relação as plantas cultivadas em campo. Fato que pode ser justificado por Andriolo (2000), que afirma que a radiação direta, associada à alta temperatura, pode degradar os pigmentos de clorofila, reduzir a fotoassimilados e aumentar a respiração da planta, contribuindo para diminuição do crescimento e do acúmulo de fitomassa, fato observado no ambiente campo.

A condutância estomática também aumentou nas plantas em ambiente protegido, com uma média de  $0,49 \text{ mol}/\text{m}^2\text{s}^{-1}$  na estufa e  $0,38 \text{ mol}/\text{m}^2\text{s}^{-1}$  a campo, provavelmente a ocorrência de uma maior condutância estomática associado a maiores concentrações de clorofila produzida pelas plantas justifica as respostas de fitomassa obtidas para as cultivares produzidas no interior da estufa, pois segundo Edmond et al. (1967) esses fatores, em conjunto com outros, traduz-se em uma maior produção de biomassa. Guerra et al. (2017) e Santos et al. (2010), encontraram resultados de condutância estomática (gs) que corroboram com estudo atual, com maiores incrementos desta variável na alface cultivada sob sombreamento, o que pode ter auxiliado na menor temperatura da câmara foliar das cultivares produzidas no interior da estufa redução esta de 3,51% quando comparadas com as cultivadas em campo, por favorecer a ocorrência da evapotranspiração das plantas auxiliando com isto na perda de energia calorífica ocasionando a redução da temperatura da câmara foliar.

A interação realizada entre os fatores ambiente x cultivar mostrou diferença estatística significativa apenas para a temperatura da câmara foliar, demonstrando que houve influência significativa dos ambientes avaliados para ambas as cultivares (Figura 12).



**Figura 11:** Temperatura da câmara foliar aos 21 DAT em função da interação ambiente x cultivar.



**Figura 12:** Temperatura da câmara foliar aos 21DAT em função da interação cultivar x ambiente.

Avaliando a influência que cada ambiente proporcionou nas cultivares, observou-se que a Regina apresentou temperaturas significativamente maiores que a Mimosa Vermelha no interior da estufa, no entanto, à campo a temperatura da câmara foliar não diferiu estatisticamente entre as cultivares (Figura 13).

## **5. Conclusões**

- A cultivar Regina apresentou melhor desempenho que a alface Mimosa vermelha, de acordo com as respostas das variáveis analisadas em especial a área foliar;
- A cultivar Mimosa Vermelha obteve respostas semelhantes para ambos os ambientes de cultivo, em especial para as variáveis, massa fresca foliar e área foliar;
- Em relação ao ambiente, a estufa apresentou melhores condições ao desenvolvimento da cultivar Regina, quando comparado ao desenvolvimento da mesma cultivada à campo.

## 6. Referências

- ANDRADE-LIMA, D. (1981). The Caatinga dominium. *Revista Brasileira de Botânica*, 4: 149-153.
- ANDRIOLO, J. L. *Fisiologia das culturas protegidas*. Editora UFSM, 1999.
- ANDRIOLO, J.L. Fisiologia da produção de hortaliças em ambiente protegido. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.18, p.26-33, 2000. Suplemento.
- ARNON, D.I. Copperenzimes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidases in *Beta vulgaris*. *Plant Physiology*, v.24, p.1-15, 1949.
- BARRAZA, F. V.; FISCHER, G.; CARDONA, C. E. (2004). Estudio del proceso de crecimiento del cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en el Valle del Sinú medio. *Agronomía*, Colombia. p. 81-90.
- BATISTA, S. C. O. Estudo técnico e econômico de um dispositivo visando à automação de sistemas de irrigação a partir do monitoramento da umidade do solo. Seropédica, 2012. 44p. *Dissertação* (Agronomia (Ciências do Solo)), UFRRJ de Oliveira Batista.
- BECKMANN, M. Z.; DUARTE, G. R. B.; PAULA, V. A. D.; MENDEZ, M. E. G.; PEIL, R. M. N. (2006). Radiação solar em ambiente protegido cultivado com tomateiro nas estações verão-outono do Rio Grande do Sul. *Ciência Rural*, 86-92.
- BENINCASA, M. M. P. Análise do crescimento de plantas: noções básicas. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 42p.
- BLAT, S. F.; SANCHEZ, S.V.; ARAÚJO J.A.C.; BOLONHEZI D..(2011) Desempenho de cultivares de alface crespa em dois ambientes de cultivo em sistema hidropônico. *Hortic. Bras.* 29: 135-138.
- CARDOSO, L. S.; BERGAMASCHI, H.; COMIRAN, F.; CHAVARRIA, G.; MARODIN, G. A. B.; DALMAGO, G. A.; MANDELLI, F. (2010). Padrões de interceptação de radiação solar em vinhedos com e sem cobertura plástica. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, 32(1), 161-171.
- CAVALCANTI, F. J. de A. IPA – Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária. Recomendações de Adubação para o Estado de Pernambuco (2ª aproximação). 2.ed. Recife: Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária, 2008. 199p.
- CERMEÑO, Z.S. Estufas - Instalações e manejo. Lisboa. Litexa Editora, Ltda. 355 p. 1990
- CLEMENTE, F. M. V. T.; MENDONÇA, J. L. de; ALVARENGA, M. A. (2011). Árvore do conhecimento: tomate. *Agência Embrapa de Informação Tecnológica – AGEITEC*. Brasília.

- DUARTE, G. R. B.;SCHOFFEL, E. R.; GONZALEZ MENDEZ, M. E.; AIRES DE PAULA, V. (2010). Medida e estimativa da evapotranspiração do tomateiro cultivado sob adubação orgânica em ambiente protegido. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v.31, n.3, p. 563 - 574.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro). Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 2006. 306 p.
- FELIPPE, G. M. *Fotomorfogênese*. In: FERRI, M. G. (coord.). *Fisiologia Vegetal*. São Paulo: EPU; EDUSP, 1986. v.2, p.231-280.
- FERREIRA, D.F. *Sisvar: Um programa para análises e ensino de estatística*. *Revista Symposium*, v.6, p. 36-41. 2009.
- FILGUEIRA, F. A. R. *Novo Manual de Olericultura: Agrotecnologia Moderna na Produção e Comercialização de Hortaliças*. 2 ed. Viçosa: UFV, 2007.
- FILGUEIRA, F. A. R. *Novo Manual de Olericultura: Agrotecnologia Moderna na Produção e Comercialização de Hortaliças*. 2ª ed. Viçosa: UFV, 2003.
- Fisiologia Vegetal*. EPU/EDUSP, São Paulo. 1979. v.1, p. 331-350.
- GARCIA FILHO, E.; NAKATINO, J. K.; PINTO, M. J. A.; NEVES, M. F.; ASERTA, P. G.; KALAKI, R. B.; GEBASI, T.. (2017). *Mapeamento e Quantificação da Cadeia Produtiva das Hortaliças*. Brasília-DF. 79p. ISBN: 978. 85.87331.59-5.
- GLIESSMAN, S. R. (2000). *Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável*. Porto Alegre: Editora da Universidade - UFRGS.
- GOTO, R.; GUIMARÃES, V. F.; ECHER, M. M. (2001). Aspectos fisiológicos e nutricionais no crescimento e desenvolvimento de plantas hortícolas. In: FOLEGATTI, M. V. et al. *Fertirrigação - Flores, Frutas e Hortaliças*. Guaíba: Agropecuária, p.241-268.
- HENZ, G. P.; SUINAGA, F. A. (2009). Tipos de alface cultivados no Brasil. *Embrapa Hortaliças-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)*.
- HIPPS, L. E.; ASRAR, G.; KANEMASU, E. T. *Assesingtheintercepcionofphotosyntheticallyactiveradiation in whinterwheat*. *Agricultural Meteorology*, Amsterdan, v. 28, p. 253-259, 1983.
- HOPKINS, W. G. *Introduction to Plant Physiology*. 2 Ed. New York: John Wiley & Sons, Inc., 2000, 512p.
- JONES, C.; KINIRY, J. *Ceres-N Maize: asimulation model of maize growth and development*. Texas: A & M University Press, 1986.

- JORGE, M., JARD, W.; VAZ, A. (2012). Como implantar e conduzir uma horta de pequeno porte. *Embrapa Pantanal-Fôlder/Folheto/Cartilha (INFOTECA-E)*.
- KOEFENDER, J.; MENEZES, N. L.; BURIOL, G. A.; TRENTIN, R.; CASTILHOS, G. (2009). Influência da temperatura e da luz na germinação da semente de calêndula. *Hortic. Brasil*, 27(2).
- LICHTENTHALER, H. K.; WELBURN, A. R. Determination of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf extracts in different solvents. *Biochemical Society Transactions*, v.11, n. 3, p.591-592, 1983.
- LOPES, C. A.; REIS, A. (2011). Doenças do tomateiro cultivado em ambiente protegido. *Embrapa Hortaliças*. Brasília, Circular Técnica, n. 53, 2ª ed., 12 p..
- MAGALHÃES, A. C. N. Análise quantitativa do crescimento. In: FERRI, M.G.
- MARTINEZ, H. E. P. Manual prático de hidroponia. Viçosa: Aprenda Fácil, 2006. 271p.
- MEDICI, L.O.; ROCHA, H. S.; CARVALHO, D. F.; PIMENTEL, C.; AZEVEDO, R. A. (2010). Automatic controller to water plants. *Scientia Agricola*, (Piracicaba, Brazil.), v.67, n.6, p.727-730.
- MONTEITH, J.L, UNSWORTH, M. H. (1990). 2 Ed. Principles of Environmental Physics. London: Edward Arnold. 291 p.
- MUÑOZ-CARPENA, R.; DUKES, M.D. (2005). Automatic irrigation based on soil moisture for vegetable crops. *Rep. ABE356, Institute of Food and Agricultural Sciences*, Univ. of Florida, Gainesville.
- OLIVEIRA, A. C. B. de; SEDIYAMA, M. A. N.; PEDROSA, M. W.; GARCIA, N. C. P.; GARCIA, S. L. R. (2004). Divergência genética e descarte de variáveis em alface cultivada sob sistema hidropônico. *Acta Scientiarum:agronomy*, Maringá, v.26, n.2, p.211- 217, (2004).
- OLIVEIRA, F. C. Estimativa da radiação fotossinteticamente ativa para as bacias dos rios Doce, São Mateus e Jequitinhonha. (2010). *Dissertação* (Mestrado em Meteorologia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, 75 p., Viçosa, MG.
- OR, D.; WRAITH, J.M. (2002). Soil water content and water potential relationships. In: Warrick, A.W. (Ed.), *Soil Physics Companion*, vol. 1. CRC Press, Boca Raton, FL, USA, p. 49–84.
- PEIXOTO, C. P.; PEIXOTO, M. F. da S. P. *Dinâmica do crescimento vegetal (Princípios Básicos)*.Cruz das Almas. Nov. 2004.
- PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. (2002). *Agrometeorologia: Fundamentos e Aplicações Práticas*.Ed. Guaíba: Agropecuária, 478p.

- PORTO, V.C.N. Cultivares de alface em sistema solteiro e consorciado com cenoura sob temperatura e luminosidade elevadas. Mossoró: ESAM, (1999). 44 p.(*Dissertação*).
- PUIATTI, M. et al. Fisiologia do desenvolvimento do tomateiro. Vitória: Incaper, 2010; cap 4, p. 85-119.
- PURQUERIO, L. F. V.; TIVELLI, S. W..*Manejo do ambiente em cultivo protegido. Manual técnico de orientação: projeto hortalimento*. São Paulo: Codeagro, p. 15-29, 2006.
- QUEIROGA, R. C. F.; BEZERRA NETO, F.; NEGREIROS, M. Z.; OLIVEIRA, A. P.; AZEVEDO, C. M. S. B. (2001). 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. 192-196.
- QUEIROZ, T.M. (2007). Desenvolvimento de um sistema automático para irrigação de precisão em pivô central. *Tese de Doutorado*, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, 141p.
- RADIN, B. et al. Eficiência de uso da radiação fotossinteticamente ativa pela cultura do tomateiro em diferentes ambientes. *Pesq. Agropec. Bras.*, Brasília, v. 38, n. 9, p. 1017-1023, 2003.
- RADIN, B.; REISSER J. C.; MATZENAUER, R. Crescimento de cultivares de alface conduzidas em estufa e a campo. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.22, n.2, p.178-181, 2004.
- REICHARDT, K.; TIMM, L. C. Solo planta e atmosfera: conceitos, processos e aplicações. Barueri, SP. Ed. Manole, p.323-340, 2004.
- REIS, G. G.; MULLER, M. W. (1978) Análise de crescimento de plantas – Mensuração do crescimento. Belém, CPATU. 35p.
- REIS, L. S.; DE SOUZA, J. L.; DE AZEVEDO, C. A.; LYRA, G. B.; JUNIOR, R. A. F.; DE LIMA, V. L. (2012). Componentes da radiação solar em cultivo de tomate sob condições de ambiente protegido. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi*, 16(7).
- REIS, N. V. B. Construção de estufas para produção de hortaliças nas Regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste. (2005).Circular Técnica 38. *Embrapa hortaliças*. Brasília, DF.
- RYDER, E.J.; WHITAKER, T. N. Lettuce. In: *Evaluation of crop plants*. New York: LongmanGroup, 1976. p. 39-41.
- SALA, F. C.; COSTA, C. P. Retrospectiva e tendência da alfacicultura brasileira. *Horticultura Brasileira*, v.30, p.187-194, 2012.

- SANTOS, C. M.. (2010). Atividade fotossintética em alface (*Lactuca sativa* L.) submetidas a diferentes compostagens de resíduos agroindustriais. *Pesquisa Aplicada &Agrotecnologia*, v. 3, n. 3, p. 103-112.
- SEDIYAMA, M. A. N.; RIBEIRO, J. M. O.; PEDROSA, M. W. Alface. In: PAULA JÚNIOR, T. J. de.; VENZON, M. (Coord.). 101 culturas: manual de tecnologias agrícolas. Belo Horizonte: EPAMIG, p. 53-62, 2007.
- SGANZERLA, E. (1997). Nova agricultura, a fascinante arte de cultivar com os plásticos. Porto Alegre: Plasticultura Gaúcha. 297p.
- SILVA, B. A.; SILVA, A. R. da; PAGIUCA, L. G. Cultivo protegido: em busca de mais
- SILVA, D. J. H. et al. Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). In: 101 culturas: manual de tecnologias agrícolas. Belo Horizonte: EPAMIG, 2007. p. 735 – 750.
- SILVA, J. B. G., MARTINEZ, M. A., PIRES, C. S., DE SOUSA ANDRADE, I. P.; DA SILVA, G. T. (2012). Avaliação da condutividade elétrica e pH da solução do solo em uma área fertirrigada com água residuária de bovinocultura de leite. *Irriga*, 1(01), 250.
- SILVA, M. D. A.; SOARES, R. A. B.; LANDELL, M. G. D. A.; Campana, M. P. (2008). Agronomic performance of sugarcane families in response to water stress. *Bragantia*, 67(3), 655-661.
- SOUZA, P. A.; NEGREIROS, M. Z.; MENEZES, J. B.; et al. (2005). Características químicas de alface cultivada sob efeito residual da adubação com composto orgânico *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 23, n.3, p. 754-757.
- TAIZ, L., ZEIGER, E. Fisiologia Vegetal. 3 Ed. Editora Artmed, 2004, 719p.
- TEIXEIRA, A. S.; COELHO, S. L. (2005). Desenvolvimento e calibração de um tensiômetro eletrônico de leitura automática. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.25, n.2, p.367-376.
- TERUEL, B. J. Controle automatizado de casas de vegetação: variáveis climáticas e fertigaçã. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.14, n.3, p.237–245, 2010.
- tomate, *Lycopersicon esculentum* Miller, cv. Río Grande en la zona del río Limón del Estado Zulia, Venezuela. II. Índice de crecimiento relativo, razón de peso foliar y gamma. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*: 1995, 12; 15 – 23.
- VIANA, E. P. T.. (2012). DESEMPENHO DE CULTIVARES DE ALFACE EM DIFERENTES CONDIÇÕES AMBIENTAIS. *Dissertação*. UFCG. Campina Grande PB



ZHANG, L.; HU, Z.; FAN, J.; ZHOU, D.; TANG, F. (2014). A meta-analysis of the canopy light extinction coefficient in terrestrial ecosystems. *Frontiers of earth science*, 8(4), 599-609.