

Termografia infravermelha para determinar a influência dos ambientes na produção de alface

Infrared thermography to determine the influence of environments on lettuce production

Daniele Ferreira de Melo ¹, Dermeval Araújo Furtado ², Adriana Maria dos Santos ³,
 Jordânio Inácio Marques ⁴, Ronaldo do Nascimento ⁵, Raimundo Calixto Martins Rodrigues ⁶

¹Doutoranda em Construções Rurais e Ambiente, Universidade Federal de Campina Grande, danimelo.ufcg@hotmail.com. ²Professor titular da Universidade Federal de Campina Grande, araujodermeval@gmail.com. ³Mestre em Construções Rurais e Ambiente, Universidade Federal de Campina Grande, ttstadiana@gmail.com. ⁴Professor Adjunto da Universidade Federal do Maranhão, jordanioinacio@hotmail.com. ⁵Professor titular da Universidade Federal de Campina Grande, ronaldon453@gmail.com. ⁶ Professor da Universidade Estadual do Maranhão, calixto_80@hotmail.com.

NOTA

Recebido: 26/07/2021
 Aprovado: 03/12/2021

Palavras-chave:

Ambiência vegetal
 Estufa agrícola
 Parâmetros meteorológicos
 Cultivo de hortaliça
 Agrometeorologia

RESUMO

Na produção de hortaliças um dos fatores importantes em sua produção é o ambiente de cultivo, que influencia na produtividade, entre as variedades e épocas de cultivo. O objetivo do trabalho foi avaliar a produção, temperatura foliar e temperatura do solo de duas variedades de alface (verde lisa e roxa crespa) em função das variáveis ambientais em dois ambientes (campo e estufa). O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial 2 x 2 (2 variedades e 2 ambientes), com seis repetições. Onde a partir das imagens termográficas foi registrada similaridade quanto à temperatura do solo entre os ambientes, não interferindo no desempenho das raízes das variedades cultivadas. A temperatura foliar foi superior para variedade crespa roxa. Constatou-se, portanto, que a estufa proporcionou melhores condições ao desenvolvimento das variedades da alface, observando-se, nos dois ambientes, melhor desempenho da alface da variedade verde lisa.

ABSTRACT

In the production of vegetables, one of the important factors in their production is the cultivation environment, which influences productivity, including varieties and growing seasons. The objective of this work was to evaluate the production, leaf temperature and soil temperature of two lettuce varieties (smooth green and crisp purple) as a function of environmental variables in two environments (field and greenhouse). The design used was completely randomized in a 2 x 2 factorial scheme (2 varieties and 2 environments), with six replications. Where, from the thermographic images, similarity was registered regarding the soil temperature between the environments, not interfering with the performance of the roots of the cultivated varieties, whereas the leaf temperature was higher for the purple curly variety. It was found that a greenhouse provided the best conditions for the development of the lettuce varieties, observing, in both environments, the best performance of the smooth green variety lettuce.

Key words:

Vegetable ambiente
 Agricultural greenhouse
 Meteorological parameters
 Vegetable cultivation
 Agrometeorology.

INTRODUÇÃO

A alface (*Lactuca sativa* L.) é uma hortaliça folhosa, amplamente produzida e consumida pela população brasileira (ECHER et al., 2016), ocupando a segunda posição dentre as hortaliças produzidas no país (IBGE, 2017). É cultivada a campo ou em ambientes protegidos, a exemplo das estufas, ambiente mais favorável ao cultivo de plantas, pois melhora o controle dos fatores ambientais, o que pode elevar sua produção

e produtividade (COBAPLA, 2017; SILVA et al., 2019; MELO, 2018; AIRES et al., 2020).

Em virtude da sensibilidade da alface às condições ambientais adversas, como temperatura, umidade relativa do ar e a luminosidade, que são associados à radiação, esses elementos influenciam de forma direta a produção e qualidade da alface (SILVA et al., 2019), interferindo na transpiração, afetando, por consequência, a fotossíntese, fenômeno responsável pela produção de energia para os vegetais (VIANA, 2012; SILVA et al., 2019).

A termografia é uma ferramenta útil na análise da produção vegetal de culturas, como da alface (CAVALCANTI et al., 2019), principalmente na técnica do diagnóstico bidimensional, não necessitando ter contato direto com o material analisado para mensurar e mapear a quantidade de energia superficial, denominada de energia térmica (GIORLEO; MEOLA, 2002).

Através da radiação fotossintética ocorre o desenvolvimento das culturas e, o incremento vegetal só ocorre em sua normalidade quando a quantidade da radiação recebida for superior ao limite trófico. Na maioria das hortaliças, como a alface, esse limite é de aproximadamente $8,4 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ (BECKMANN et al., 2006), porém, o aumento do fluxo da radiação pode ocasionar o fechamento estomático, induzindo a ocorrência da redução da transpiração, podendo ser prejudicial ao desenvolvimento da cultura (ANDRIOLO, 1999; PAIVA et al., 2005; SILVA et al., 2019).

A temperatura foliar é um indicador do grau de déficit hídrico dos vegetais, devido à transpiração que ocorre através da abertura estomática, sendo este mecanismo envolvido na regulação de temperatura da folha, devido a redução da dissipação do calor latente, sinalizando que a capacidade de refrigeração das plantas diminui via transpiração (TAIZ; ZEIGER, 2004; KUMAR; PORTIS JÚNIOR, 2009). A temperatura do solo muito elevada pode causar estresse à planta, dificultando a aeração do solo e o desenvolvimento das raízes, provocando, conseqüentemente, menor absorção de nutrientes pelas plantas (CORTEZ et al., 2015; RIBAS et al., 2015).

Neste contexto, objetivou-se com este trabalho avaliar a produção, temperatura foliar e temperatura do solo de duas cultivares de alface em função das variáveis ambientes de dois ambientes (campo e estufa).

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área experimental da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), localizada no Centro-Leste da Paraíba, Brasil ($7^{\circ}13'11''\text{S}$; $35^{\circ}53'31''\text{W}$ e 547 m de altitude). Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é classificado como tropical de estações úmidas e secas (AS'), com características climáticas quentes e úmidas, temperatura máxima anual de $28,6 \text{ }^{\circ}\text{C}$, mínima de $19,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ e precipitação média anual de 765 mm (INMET, 2019).

O delineamento experimental quanto a obtenção dos dados produtivos foi inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial 2×2 (dois ambientes x duas variedades) com seis repetições, totalizando 24 tratamentos.

O experimento foi conduzido no período de agosto a outubro de 2018, em dois ambientes, o primeiro em uma estufa tipo arco, sentido leste-oeste, com 32 metros de comprimento, 20 de largura (área de 640 m^2), altura de pé direito de 3,5 m, não climatizada, com estrutura em ferro galvanizado, laterais revestidas com tela de sombreamento, 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 . O segundo ambiente foi o campo aberto, em local próximo a estufa, não havendo nenhuma interferência física nas proximidades.

Utilizou-se duas variedades de alface (*Lactuca sativa* L.), a verde lisa (Regina) e a crespa roxa (Mimosa vermelha), sendo as mudas adquiridas do Hortifrut Sempre Verde, no município de Lagoa Seca, PB, com aproximadamente 8 folhas definitivas (30 dias após a semeadura). O transplante das mudas foi realizado de maneira direta nos dois ambientes previamente preparados, e os dados de desempenho foram analisados aos 21 dias após o transplante.

O sistema de cultivo nos ambientes foi em canteiros com contenção de alvenaria e dimensões de $4,0 \text{ m} \times 1,5 \text{ m} \times 0,3 \text{ m}$ (comprimento, largura e altura, respectivamente), totalizando volume de $1,8 \text{ m}^3$ de solo, disposto no sentido norte-sul. Para auxiliar na retenção da água, a base e laterais dos canteiros foram cobertas com lona plástica agrícola preta, visando manter a disponibilidade da água para cultura e minimizar as perdas por percolação, que em regiões semiáridas são bastante elevadas.

O solo utilizado para o preenchimento dos canteiros foi classificado como franco-arenoso (EMBRAPA, 2006) e, para sua caracterização química, as amostras foram secas ao ar, trituradas para quebra de torrões, homogeneizadas e enviadas ao Laboratório de Irrigação e Salinidade da UFCG. A análise dos atributos químicos do solo mostrou: pH em água - 5,90, matéria orgânica - 1,41%, fósforo assimilável - 0,65 mg / 100 g, potássio - 0,26 meq / 100 g 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, cálcio carbonato na análise qualitativa - ausente, carbono orgânico - 0,82 meq / 100 g de solo, nitrogênio - 0,08 meq / 100 g de solo, condutividade elétrica - 0,2 mmhos / cm.

A adubação do solo foi realizada conforme metodologia de Cavalcanti (2008), em que para o plantio de alface utiliza-se 30, 120 e 60 kg ha^{-1} , de nitrogênio (N), fósforo (P_2O_5) e potássio (K_2O), respectivamente, sendo distribuída a lanço sobre a superfície dos canteiros e incorporada à profundidade de 15 cm. Para a adubação de cobertura realizou-se a fertilização nitrogenada 15 dias após o plantio com 40 kg ha^{-1} (CAVALCANTI, 2008).

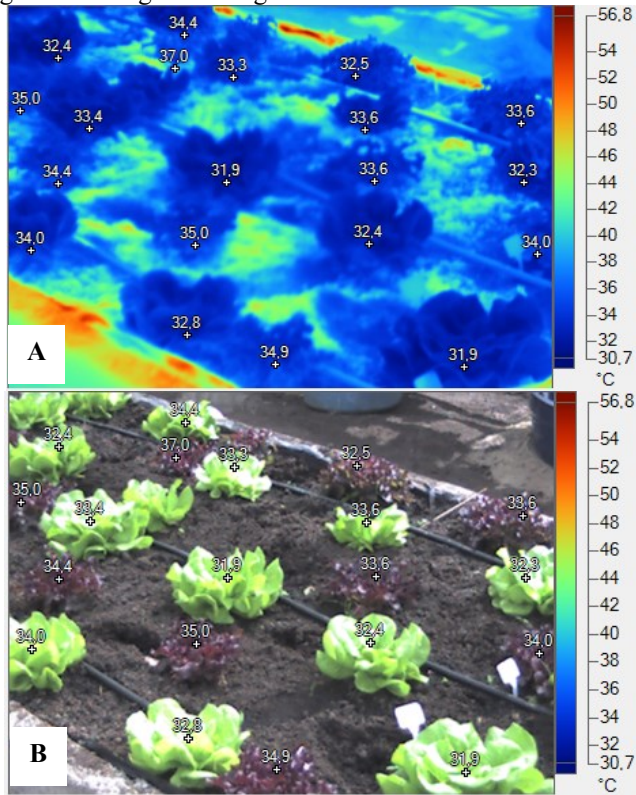
Para a obtenção das variáveis meteorológicas: temperatura, umidade relativa do ar e velocidade do vento utilizou-se no, ambiente a campo, os dados disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, e no ambiente protegido os dados foram coletados através de uma mini estação meteorológica HOBO U-30, que possui o sistema Global para Comunicações Móveis (GSM) com precisão de + 0,25% do FSR de 50 mV para FSV.

As imagens termográficas da área foliar e do solo foram capturadas com uma câmera termográfica, modelo Fluke® Ti50FT, ao longo das primeiras três semanas após o transplante, dois dias por semana, às 10:00, 12:00 e 14:00 h. Essas imagens foram realizadas em dias com temperatura do ar acima de $20 \text{ }^{\circ}\text{C}$, por se tratar de uma temperatura considerada estressante para a alface, seguindo metodologia semelhante em todas as avaliações.

As imagens foram analisadas por meio do software Smartview®, que permite editar as imagens e analisar as temperaturas em qualquer parte capturada em diferentes faixas de variação. Além disso, também é possível avaliar o comportamento térmico ao longo de todo o comprimento das

folhas, por meio de imagens termográficas 3D-IRTM (Figura 1).

Figura 1. A. Imagem termográfica totalmente infravermelho; e Figura 1B. imagem termográfica totalmente visível.



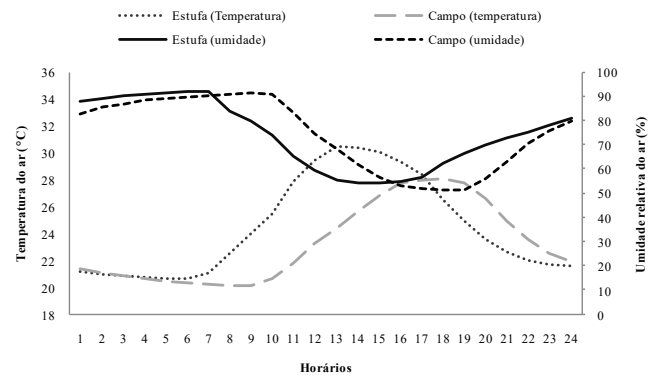
A análise estatística dos dados foi executada através do software estatístico R versão 3.4.1. A normalidade dos resíduos e homogeneidade das variâncias foram testadas usando o teste de Shapiro-Wilk e Bartlett, respectivamente. Para avaliar os efeitos dos diferentes ambientes e variedades de alface, sobre a temperatura foliar, temperatura do solo e produção das plantas, foi utilizada a análise de variância (ANAVA) e teste F. Para a comparação das médias foi utilizado o teste t de Student para amostras independentes, com uma probabilidade de erro de 5% ($p < 0,05$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Constatou-se diferença significativa entre os ambientes nas variáveis meteorológicas analisadas. A temperatura média do ar (Figura 2) nos horários mais quentes do dia nos dois ambientes ficou acima da faixa recomendada para a cultura da alface, que deve estar compreendida entre 7 a 25 °C (MALDONADE et al., 2014), sendo a média diária mais elevada no interior da estufa (29,10±2,82) em relação ao ambiente aberto (24,24±2,35). Na estufa, os valores médios ficaram 4,10 °C acima da temperatura ótima para o cultivo da alface, embora algumas cultivares possam suportar geadas leves e outras temperaturas do ar mais elevadas, a depender da carga genética. Alfices cultivadas sob altas temperaturas podem ter florescimento precoce e alongamento do caule, o que afeta a

formação da cabeça da planta, e, conseqüentemente, a qualidade do produto (CAVALCANTI et al., 2019).

Figura 2. Médias da temperatura e umidade relativa do ar referente a estufa e ao campo na produção de alface durante o dia, na cidade de Campina Grande, Paraíba



A média da umidade relativa do ar (UR) na estufa e no campo apresentou curva senoidal inversamente proporcional à temperatura e, foram de 54,19±8,60 e 67,93±8,60%, respectivamente, com uma redução de 13,74% na UR na estufa, salientando que o melhor desenvolvimento da alface ocorre com UR entre 60 a 80% (MARTINEZ, 2006). Portanto, observa-se que o ambiente a campo propiciou condições ideais ao seu desenvolvimento (Figura 2) e, na estufa ficou com média ligeiramente abaixo da ideal.

A velocidade do vento na estufa foi de $0,88 \pm 0,45 \text{ m s}^{-1}$ e no campo de $4,42 \pm 0,72 \text{ m s}^{-1}$, essa redução ocorrida na estufa pode ser justificado pela proteção da cobertura e das laterais, o que funcionou como uma barreira à ventilação.

Este resultado das variáveis ambientais no interior da estufa pode ser explicado pela influência da película plástica que ocasiona o efeito estufa, elevando a temperatura do ar, reduzindo a umidade relativa do ar e impedindo a movimentação das massas de ar no seu interior, fatos também constatados por Ojeda et al. (2012).

A radiação no interior da estufa foi de $441,48 \pm 82,15 \text{ w m}^{-2}$ e a campo de $547,46 \pm 169,50 \text{ w m}^{-2}$, com redução de 19,35% da radiação solar incidente no interior da estufa. Martins et al. (1999) citam que essa redução pode variar entre 5 e 35% e com isso, a disponibilidade da radiação solar no interior do ambiente protegido é diminuída devido à reflexão e à absorção pelo material de cobertura do teto e das paredes da estufa (BECKMANN et al., 2006). Elevadas radiações solares em regiões de clima quente podem promover elevação na temperatura do solo, podendo causar estresse à planta, acelerando a evapotranspiração e o metabolismo das plantas, dificultando a absorção dos nutrientes e afetando negativamente o desenvolvimento das raízes (CORTEZ et al., 2015).

Observou-se diferença significativa no desempenho produtivo entre as variedades de alface, sendo que a cultivar de folha lisa verde apresentou maiores valores de massa fresca de folhas, caule e raízes (Tabela 1), com incrementos de 37,02, 43,72 e 50,91%, respectivamente. Isso pode ter ocorrido devido a diferenças genéticas entre as variedades e seus níveis de adaptação às condições climáticas da região (FAVARATO et

al., 2017). A massa fresca média observada na variedade verde de folha lisa está dentro da faixa de produção esperada, o que também foi observado por Diamante et al. (2013), que citam uma produção média de 163,94 g planta⁻¹.

Tabela 1. Massa fresca foliar (MFF), massa fresca do caule (MFC) e massa fresca da raiz (MFR) de alface verde lisa e crespa roxa aos 21 dias após o transplantio em função dos fatores cultivar e ambiente (estufa e campo).

	MFF (g)	MFC (g)	MFR (g)
Fator Variedade			
Verde lisa	121,96 ± 39,06 a	10,36 ± 4,49 a	25,61 ± 9,16 a
Crespa roxa	76,80 ± 26,11 b	5,83 ± 2,16 b	12,57 ± 7,78 b
Fator Ambiente			
Estufa	115,86 ± 45,09 a	9,25 ± 4,49 a	19,52 ± 9,16 a
Campo	82,91 ± 24,63 b	6,93 ± 2,16 a	18,66 ± 7,78 a

Letras diferentes entre as linhas diferem entre si pelo teste t de Student a 5% de probabilidade.

Entre os ambientes, apenas a média da massa fresca foliar apresentou diferença significativa, sendo mais elevada na estufa, não ocorrendo interação entre os fatores para nenhuma das variáveis analisadas. Mesmo a estufa favorecendo valores de temperatura e umidade relativa do ar acima dos recomendáveis para as cultivares (SILVA et al., 2019; MELO, 2018; AIRES et al., 2020), as plantas tiveram maior desempenho produtivo neste ambiente, com valor médio de massa foliar fresca 28,43% superior a das plantas cultivadas em campo. Este maior desempenho deve-se, possivelmente, à redução dos efeitos extremos da radiação, principalmente da fotorrespiração, o que proporcionou melhores condições

ambientais, aumentando assim, a produtividade e qualidade das folhas da alface (MACIEL et al., 2007).

Uma cultura ao ser mantida dentro de uma variação ótima de luminosidade tem, dentre outros fatores favoráveis, a fotossíntese e a quantidade de carboidratos utilizados para o crescimento e desenvolvimento da planta elevados (KERBAUY, 2004), o que pode justificar a maior produção de biomassa no interior da estufa, por ocorrer menor radiação solar incidente de forma direta, fato certificado por Blat et al. (2011), Silva (2015) e Brzezinski (2017).

Os valores médios de temperatura da superfície foliar (TSF) diferiram significativamente apenas entre as variedades (Tabela 2), com temperaturas mais elevadas para a cultivar roxa de folha crespa, o que se justifica pela sua cor, pois absorve mais radiação solar em comparação à variedade verde de folhas lisas e, isso pode ter contribuído para a redução da massa fresca de folhas, caules e raízes (Tabela 1), pois a temperatura superficial mais elevada pode aumentar a taxa de evaporação, causando o fechamento estomático, dificultando a fotossíntese e reduzindo o desempenho da cultura (ANDRIOLO, 1999; PAIVA et al. 2005).

Quanto ao fator ambiente, os valores da TSF foram similares, sendo que o ambiente protegido apresentou média diária de temperatura do ar mais elevada, com menor umidade relativa do ar, e o ambiente a campo recebeu maior quantidade de radiação solar, mas com elevada ventilação, que contribui para a troca de calor por convecção entre as folhas e o ambiente, baixando a TSF no campo (Tabela 2), mas não o suficiente para que a produção média da massa fresca foliar fosse semelhante ao do ambiente protegido (Tabela 1).

Tabela 2. Temperatura da superfície foliar (TSF), temperatura da superfície do solo (TS), gradiente térmico entre a TSF e temperatura ambiente (GT_{FA}), gradiente térmico entre TS e TSF (GT_{SF}) e o gradiente térmico entre a TS e a TA (GT_{SA}) em cultivos de alface verde lisa e crespa roxa em função do fator cultivar e ambiente (estufa e campo).

	TSF	TS	GT _{FA}	GT _{SF}	GT _{SA}
Fator Variedade					
Verde lisa	31,64 ± 1,98b	-	5,34 ± 2,98b	4,68 ± 3,48a	-
Crespa roxa	32,43 ± 1,76a	-	5,98 ± 4,07a	3,98 ± 3,14b	-
Fator Ambiente					
Estufa	32,22 ± 1,71a	36,39 ± 3,06a	3,71 ± 2,98b	4,59 ± 3,22a	7,20 ± 4,86b
Campo	31,85 ± 2,08a	35,49 ± 3,09a	7,61 ± 3,77a	4,07 ± 3,43a	11,25 ± 4,64a

Letras diferentes entre as linhas diferem entre si pelo teste t de Student a 5% de probabilidade.

As temperaturas médias da superfície do solo não apresentaram diferença significativa entre os ambientes (Tabela 2) e, esta similaridade ocorreu devido a constância da umidade do solo, a partir do sistema de irrigação automatizado instalado nos ambientes, que era acionado sempre que a umidade do solo estava abaixo do exigido pela cultura, mantendo-os em igualdade condições, contribuindo para os processos fotossintéticos das plantas e consequentemente, para uma maior produção.

Cavalcanti et al. (2019) citam que menores valores na temperatura do substrato da cultura da alface, proporcionou maior desenvolvimento das plantas. Um solo muito aquecido pode reduzir sua aeração e provocar estresse no sistema radicular das culturas, comprometendo a absorção de água, nutrientes e, consequentemente, sua produção (RIBAS et al.,

2015). Os dois ambientes apresentaram temperaturas médias da superfície do solo semelhantes, como também não houve diferença significativa na massa fresca da raiz entre os ambientes, mas diferindo entre as variedades, fato que pode ser justificado por suas particularidades genéticas.

O gradiente térmico entre a temperatura da superfície foliar e a temperatura ambiente (GT_{FA}), foi mais elevado na variedade crespa roxa, devido maior temperatura da superfície foliar, o que pode dificultar as trocas térmicas entre a planta e o ambiente. Entre os ambientes, o gradiente mais elevado foi detectado no interior da estufa, que, por apresentar maior valor de temperatura do ar e menores valores de umidade relativa do ar, velocidade do ar e incidência de radiação solar, consequentemente, resultou em um gradiente mais elevado, facilitando as trocas térmicas entre o ambiente e as plantas.

Constatou-se que o gradiente térmico entre a temperatura da superfície do solo e a temperatura da superfície foliar (GT_{SF}), apresentou diferença significativa apenas para o fator variedade, resultando em gradientes mais elevados para a cultivar verde lisa (Tabela 2), o que está relacionado com o fato da temperatura da superfície foliar da cultivar verde lisa ser inferior à da crespa roxa.

Verificou-se que houve diferença significativa quanto ao gradiente térmico entre a temperatura do solo e a temperatura do ar (GT_{SA}) para o fator ambiente, sendo os valores mais elevados constatados a campo. Este maior gradiente provavelmente facilitou a ocorrência da evaporação da água para a atmosfera, ocorrência da perda de calor latente, tornando-a menos disponível para a planta, o que pode ter contribuído para uma menor produção da alface neste ambiente (Tabela 2).

CONCLUSÃO

A utilização das imagens térmicas não demonstrou ser uma ferramenta eficiente quanto à determinação de uma maior produtividade da alface.

REFERÊNCIAS

- AIRES, E. S.; ARAGÃO, C. A.; GOMES, I. L. S.; SOUZA, G. N.; ANDRADE, I. G. V.; OLIVEIRA, A. B. N.; BEZERRA, W. C.; YURI, J. E. Growth and production of crisphead lettuce cultivars in protected cultivation and high temperatures. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias (Agrária)*, 15(1), 2020. [10.5039/agraria.v15i1a6288](https://doi.org/10.5039/agraria.v15i1a6288)
- ANDRIOLO, J. L. Fisiologia das culturas protegidas. Santa Maria: Ed. UFSM, 1999, 142p.
- BECKMANN, M. Z.; DUARTE, G. R. B.; PAULA, V. A.; MENDEZ, M. E. G.; PEIL, R. M. N. Radiação solar em ambiente protegido cultivado com tomateiro nas estações verão-outono do Rio Grande do Sul. *Ciência Rural*, 36(1): 86-92, 2006.
- BLAT, S. F.; SANCHEZ, S. V.; ARAÚJO, J. A. C.; BOLONHEZI, D. Desempenho de cultivares de alface crespa em dois ambientes de cultivo em sistema hidropônico. *Horticultura Brasileira*, 29:135-138, 2011. [10.1590/S0102-05362011000100024](https://doi.org/10.1590/S0102-05362011000100024)
- BRZEZINSKI, C. R.; ABATI, J.; GELLER, A.; WERNER, F.; ZUCARELI, C. Produção de cultivares de alface americana sob dois sistemas de cultivo. *Revista Ceres*, 64(1): 083-089, 2017. [10.1590/0034-737X201764010012](https://doi.org/10.1590/0034-737X201764010012)
- CAVALCANTI, F. J. 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.
- CAVALCANTI, S. D.; PANDORFI, H.; GUISELINI, C.; MENEZES, D.; NETO, L. A. D. A. Infrared thermography for determining tray temperature in lettuce production. *Engenharia Agrícola*, 39(1): 41-47, 2019. [10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v39n1p41-47/2019](https://doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v39n1p41-47/2019)
- COBAPLA, Comitê Brasileiro de Desenvolvimento e Aplicação de Plásticos na Agricultura. Relatório de atividades, 2017. Disponível em: <<http://cobapla.com.br/index.php/perfil-brasileiro-de-empresarios-rurais-em-cultivos-intensivos-plasticultura/>>. Acessado em: 09 fev 2021.
- CORTEZ, J. W.; NAGAHAMA, H. J.; OLSZEWSKI, N.; PATROCINIO FILHO, A. P.; SOUZA, E. B. Umidade e temperatura de argissolo amarelo em sistemas de preparo e estádios de desenvolvimento do milho. *Engenharia Agrícola*, 35(4): 699-710, 2015. [10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v35n4p699-710/2015](https://doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v35n4p699-710/2015)
- DIAMANTE, M. S.; JÚNIOR, S. S.; INAGAKI, A. M.; SILVA, M. B.; DALLACORT, R. Produção e resistência ao pendoamento de alfaces tipo lisa cultivadas sob diferentes ambientes. *Revista Ciência Agronômica*, 44(1): 133-140, 2013. [10.1590/S1806-66902013000100017](https://doi.org/10.1590/S1806-66902013000100017)
- ECHER, R.; LOVATTO, P. B.; TRECHA, C. O.; SCHIEDECK, G. Alface à mesa: implicações socioeconômicas e ambientais da semente ao prato. *Revista Thema*, 13(3):17-29, 2016. [10.15536/thema.13.2016.17-29.361](https://doi.org/10.15536/thema.13.2016.17-29.361)
- 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.
- FAVARATO, L. F.; GUARÇONI, R. C.; SIQUEIRA, A. P. Produção de alface de primavera/verão sob diferentes sistemas de cultivo. *Revista Científica Intellecto*, 2(1): 16-28, 2017.
- GIORLEO, G.; MEOLA, C. Comparison between pulsed and modulated thermography in glass-epoxy laminates NDT & E International, 35(5): 287-292, 2002. [10.1016/S0963-8695\(01\)00062-7](https://doi.org/10.1016/S0963-8695(01)00062-7)
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Agropecuário 2017. Disponível em: <<https://censos.ibge.gov.br/agro/2017/>>. Acesso em: 10 junho de 2021.
- INMET, Instituto Nacional de Meteorologia. Normais climatológicas do Brasil 1961-1990. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/>>. Acessado em: 02 de fev 2021.
- KERBAUY, G. B. Fisiologia vegetal. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004.
- KUMAR, A. L. I. C.; PORTIS JÚNIOR, A. R. Arabidopsis thaliana expressing a thermostable chimeric Rubisco activase exhibits enhanced growth and higher rates of photosynthesis at moderately high temperatures. *Photosynthesis Research*, 100:143-153, 2009.

MACIEL, S. P. A.; ZANELLA, F.; LIMA, A. L. S. Efeito do sombreamento sobre a produção de alface em hidropônica. *Revista Ciência & Consciência*, 2(1), 2007.

MALDONADE, I. R.; MATTOS, L. M.; MORETTI, C. L. *Manual de Boas Práticas na Produção de Alface*. Brasília, Embrapa Hortaliças, 1 ed., 2014, 44p.

MARTINEZ, H. E. P. *Manual prático de hidroponia*. Viçosa: Aprenda Fácil, 2006, 271p.

MARTINS, S. R.; FERNANDES, H. S.; ASSIS, F. D.; MENDEZ, M. E. G. Caracterização climática e manejo de ambientes protegidos: a experiência brasileira. *Informe Agropecuário* 20(200/201): 15-23, 1999.

MELO, D. F. Desempenho da alface cultivada em ambiente protegido e à campo. Dissertação, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2018, 48p.

OJEDA, A. D.; LIGARRETO, G. A.; MARTÍNEZ, O. Effects of environmental factors on the morphometric characteristics of cultivated lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Agronomía Colombiana* 30(3): 351-358, 2012.

PAIVA, A. S.; FERNANDES, E. J.; RODRIGUES, T. J. D.; JOSÉ, E. P.; TURCO, J. E. P. Condutância estomática em folhas de feijoeiro submetido a diferentes regimes de irrigação. *Engenharia na Agricultura*, 25(1):161-169, 2005.

RIBAS, G. G.; STRECK, N. A.; SILVA, S. D.; ROCHA, T. S. M.; LANGNER, J. A. Temperatura do solo afetada pela irrigação e por diferentes coberturas. *Revista Engenharia Agrícola*, 35(5): 817-828, 2015. [10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v35n5p817-828/2015](https://doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v35n5p817-828/2015)

SILVA, E. M. N. C. P.; FERREIRA, R. L. F.; RIBEIRO, A. M. A. D. S.; ARAÚJO NETO, S. E. D.; KUSDRA, J. F. Desempenho agrônomico de alface orgânica influenciado pelo sombreamento, época de plantio e preparo do solo no Acre. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 50(6): 468-474, 2015. [10.1590/S0100-204X2015000600005](https://doi.org/10.1590/S0100-204X2015000600005)

SILVA, F. A.; QUEIROGA, R. C. F.; PEREIRA, F. H. F.; SANTOS, E. N.; SILVA, Z. L.; SILVA, H. L. O.; SOUSA, F. F.; ASSIS, L. E. Crescimento e acúmulo de fitomassa em alface com cobertura de solo e sombreamento com agrotêxtil. *Brazilian Journal of Development*, Curitiba, 5(8): 11506-11520, 2019. [10.34117/bjdv5n8-025](https://doi.org/10.34117/bjdv5n8-025)

TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia vegetal*. 3. Ed. Porto Alegre: Artmed, 2004, 719p.

VIANA, E. P. T. Desempenho de cultivares de alface em diferentes condições ambientais. Dissertação, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2012, 70p.