

ANÁLISE DA VARIABILIDADE DA TEMPERATURA DO AR EM CASA DE VEGETAÇÃO E AMBIENTE EXTERNO E AVALIAÇÃO DA TEMPERATURA SUPERFICIAL NOS SUBSTRATOS PARA PRODUÇÃO DE MUDAS

Romário de Sousa Almeida¹, Caio Henrique Moreira Siqueira², Alessandro Torres Campos³, Tadayuki Yanagi Junior³, Allan Alves Fernandes⁴, Maria Pereira de Araújo⁵

¹Doutorando no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Lavras - UFLA, Lavras, Brasil (romario_r.s.a@hotmail.com)

²Bacharelado em Engenharia Mecânica na Universidade Federal de Lavras - UFLA, Lavras, Brasil

³Professor Titular no Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Lavras - DEA/UFLA, Lavras, Brasil

⁴Professor Adjunto A da Universidade Federal do Pampa - Unipampa, Itaqui, Brasil

⁵Mestranda no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Lavras - UFLA, Lavras, Brasil

Resumo: O cultivo protegido tem sido amplamente difundido entre agricultores em todo o mundo, devido à alta produtividade e qualidade proporcionadas às culturas. A temperatura do ar e a temperatura superficial do substrato, influenciam diretamente diversos processos relacionados às plantas produzidas nesses ambientes. Portanto, objetivou-se com a pesquisa avaliar a variabilidade da temperatura do ar em condições de ambiente protegido e externo, além de verificar a temperatura superficial de substratos em sacos de polietileno de produção de mudas. Os dados de temperatura do ar foram obtidos por meio de sensor de leitura direta e de Estação Automática. A temperatura superficial dos substratos foi determinada com sensor de temperatura sem contato. Verificou-se que, a temperatura média do ar no ambiente protegido foi de 21,5°C e no ambiente externo de 18,8°C. Os maiores valores e variabilidade de temperatura superficial do substrato foram registrados às 12h. A temperatura do ar no interior da casa de vegetação se mostra superior a condição ambiental externa a instalação. A variabilidade constatada para temperatura superficial dos substratos pode resultar em heterogeneidade na qualidade das mudas produzidas.

Palavras-chave: Ambiente protegido; Ambiência vegetal; Climatologia; Produção vegetal.

INTRODUÇÃO

O cultivo protegido tem sido amplamente difundido entre agricultores em todo o mundo. A procura pelos produtores se deve aos resultados alcançados nos quesitos qualidade e produtividade dos cultivos (Paula et al., 2017).

Esses sistemas exercem um efeito positivo na produção, desenvolvimento e crescimento das plantas, além de reduzir o efeito da sazonalidade produtiva durante o ano (Romanini et al., 2010).

Além disso, a produção nesses ambientes é uma alternativa sustentável para atender à crescente demanda por alimentos, devido à alta produtividade proporcionada, desempenhando um papel importante nos sistemas de produção de alimentos (Zhou et al., 2021).

O cultivo de espécies vegetais é afetado pela variabilidade climática (Virgens Filho, 2013). As mudanças climáticas extremas em muitas regiões do mundo, especialmente em áreas tropicais e subtropicais, afetam diretamente a produtividade das culturas, com base nisso, novas tecnologias foram desenvolvidas para determinar o estado das plantas, variando desde as condições de umidade do solo, temperatura e níveis de radiação (Gómez et al., 2017).

Em se tratando de ambiente protegido, o controle das variáveis micrometeorológicas é realizado, principalmente, em função de sensores de radiação, temperatura e umidade relativa do ar (Araújo et al., 2016).

Essa prática possibilita aos agricultores que forneçam ao mercado seu produto durante todo o ano. Nesse

sentido, faz-se necessário o entendimento de fatores como a diferença entre a temperatura interna e a temperatura externa das instalações (Tittarelli, 2020).

Evidencia-se também, a temperatura do substrato, como sendo uma das propriedades que influenciam diretamente uma série de processos relacionados às plantas (Cavalcanti et al., 2019).

Ela é condicionada pelos elementos meteorológicos, sendo a diferença de temperatura do ar e do substrato a desencadeadora dos processos sensíveis de transferência de energia por condução, convecção e radiação (Carneiro et al., 2013).

Considerando a necessidade do manejo correto das variáveis micrometeorológicas durante o cultivo protegido de espécies vegetais, faz-se necessário o entendimento da variabilidade da temperatura do ar e da temperatura superficial dos substratos durante o processo de produção vegetal.

Assim, a pesquisa teve como objetivo avaliar a variabilidade da temperatura do ar em condições de ambiente protegido e externo, além de verificar a temperatura superficial de substratos em sacos de polietileno de produção de mudas.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida pelo Grupo de Pesquisa em Construções e Ambiente em Biosistemas (COMABI) da Universidade Federal de Lavras - UFLA, situada na cidade de Lavras, sul do Estado de Minas Gerais, com uma altitude média de 910 metros, latitude de 21°14'06"S e longitude de 45°00'00"W.

A classificação climática proposta por Köppen é do tipo Cwa, com inverno seco e chuvas predominantes no verão, com precipitação total média anual de 1.530 mm e temperatura média anual de 19,4°C (Brasil, 1992; Dantas et al., 2007).

O experimento foi instalado e conduzido em casa de vegetação, pertencente ao Departamento de Fitopatologia da UFLA. A estrutura é tipo arco geminada, com área total de 145,3 m², largura de 8,7 m, comprimento de 16,7 m, pé-direito de 3,0 m e altura total de 4,5 m, orientado no sentido Leste-Oeste, coberto por filme de polietileno de baixa densidade, com 150 µm de espessura e aditivo anti-uv. Os fechamentos transversais e longitudinais possuem tela sombrite (50%).

As unidades experimentais (sacos de polietileno) foram distribuídas sobre uma bancada com armação metálica, com altura de 1 m do nível do solo, comprimento de 3 m e largura de 1 m.

No interior do ambiente protegido, foi monitorada a temperatura do ar (°C) no período experimental de 03/08/2022 a 01/10/2022. A temperatura foi

determinada por meio de um sensor interno do dataloggers Onset modelo Hobbo, com faixa de medição de temperatura de -20°C a 70°C, precisão de ±0,35°C (0°C a 50°C), resolução de 0,03°C.

O instrumento foi pré-configurado para realizar leituras automaticamente a cada 10 minutos. A partir dos dados obtidos, foi calculada a média dessa variável para o ambiente casa de vegetação em função dos dias de avaliação experimental.

O equipamento foi instalado sobre a bancada com as unidades experimentais, especificamente no ponto central. Na Figura 1 são apresentados à casa de vegetação e o sensor localizado no ponto descrito.



Figura 1. Casa de vegetação (A) e sensor de temperatura do ar (°C) localizado sobre a bancada com as unidades experimentais (B).

Para o ambiente externo, as médias diárias de temperatura do ar referentes ao período experimental foram calculadas a partir dos dados obtidos da Estação Meteorológica Automática, posicionada próximo à casa de vegetação, vinculada à Universidade Federal de Lavras - UFLA

Para verificação da temperatura superficial dos substratos no período de avaliação, utilizou-se um termômetro sem contato I.R THERMOMETER - 50+530°C Alla France, com Resolução de 0,1°C e Precisão de ±2°C, em 125 de um total de 375 recipientes. As células foram selecionadas considerando a distância entre dois recipientes (Figura 2).

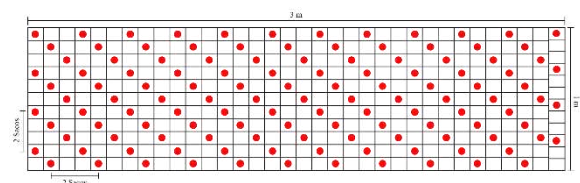


Figura 2. Representação esquemática das 125 células que compuseram a malha amostral.

Os recipientes continham mudas de maracujá amarelo (*Passiflora edulis* Sims), as quais foram produzidas em 5 tipos de substratos:

S₁: (70% terra de subsolo = TS + 30% esterco bovino = EB) (Sakiyama et al., 2015), em que, para cada m³ de substrato utiliza-se de 700 L de terra peneirada, 300 L de esterco de curral curtido e peneirado com adição de 3 a 5 kg de superfosfato simples e 0,5 a 1,0 kg de

cloreto de potássio e 1,0 a 2,0 kg de calcário dolomítico;

S₂: substrato comercial do tipo Carolina Soil, indicado para produção de mudas e adquirido junto ao comércio agrícola;

S₃ (100% TS): terra de subsolo “barranco”, previamente peneirada;

S₄: 70% TS + 30% de Cama do *Compost Barn* (CCB);

S₅: 50% TS + 50% CCB.

O composto orgânico utilizado nas formulações destes dois últimos substratos foi coletado de um sistema *Compost Barn* pertencente a Fazenda Progresso Olaria localizada na comunidade Cajuru do Cervo, município de Lavras - MG.

As leituras da temperatura superficial ocorreram das 9 às 18 horas, em um intervalo de 3 horas entre as medições (9, 12, 15 e 18 horas) (Figura 3).



Figura 3. Determinação da temperatura superficial (°C) dos substratos em 125 recipientes.

A variabilidade da temperatura na superfície dos substratos foi caracterizada com base na estatística descritiva com os valores de temperaturas médias, máximas e mínimas, coeficiente de variação, amplitude, desvio padrão, mediana e valores dos quartis.

Para avaliação da variação das medidas estatísticas de posição e de variabilidade, foi considerado o coeficiente de variação (CV) baixo ($CV \leq 12\%$), médio ($12 < CV \leq 60\%$) e alto ($CV > 60\%$), conforme classificação de Warrick e Nielsen (1980).

O *Software* utilizado para as avaliações foi o Minitab® versão 20.3.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As variações da temperatura na casa de vegetação e no ambiente externo durante o período de 03/08/2022 a 01/10/2022 são apresentados na Figura 4.

Verificou-se que, a temperatura média do ar no ambiente protegido foi de 21,5°C, sendo a máxima de 26,1°C registrada em 21/09/2022 e a mínima de 15,2°C observada em 10/08/2022.

Enquanto no Ambiente externo, a temperatura média do ar foi de 18,8°C, sendo a máxima de 23,5°C

também verificada em 21/09/2022 e a mínima de 12,6°C observada em 11/08/2022.

A temperatura no ambiente protegido foi maior que no ambiente externo, diferindo em média 2,7°C.

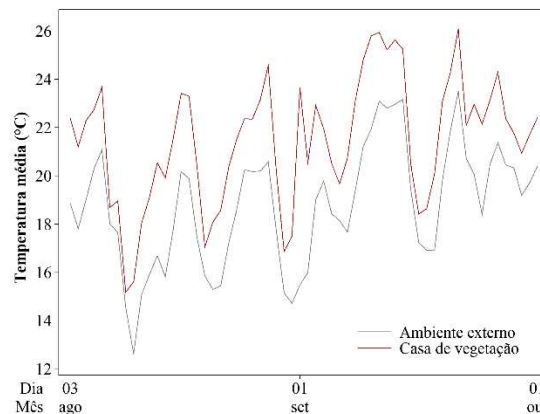


Figura 4. Variação da temperatura no interior da casa de vegetação e ambiente externo no município de Lavras - Minas Gerais.

A maior temperatura média observada no ambiente protegido em relação ao externo ocorreu devido ao balanço de energia no interior do ambiente protegido ser menor que no ambiente externo. Além disso, a cobertura exerce uma barreira física, retendo energia no ambiente interno.

Isso é explicado pelo efeito estufa, pois, a irradiação solar de elevada energia e baixo comprimento de onda, em especial a luz (43% da radiação solar), com comprimento de onda entre 390 a 700 nm, passa pelo plástico ou vidro, transforma-se em energia calorífica de nível energético menor e maior comprimento de onda, que não consegue passar pela cobertura da estrutura da casa de vegetação elevando a sua temperatura (Beltrão et al., 2002).

Esse fato também foi verificado por Cavalcanti et al. (2019). Enquanto, Costa et al. (2015) verificaram que a temperatura máxima no ambiente protegido é superior à obtida nas condições de campo na maioria dos dias do ano, diferindo em média de 4°C. Andrade Júnior et al. (2011) obtiveram temperaturas em média mais elevadas no ambiente protegido com valores de 1,9 a 2,3°C superiores.

Este fenômeno é decorrente da interação da radiação solar com o filme plástico que atenua a radiação incidente; no entanto, a cobertura e os fechamentos laterais contribuem para a retenção da massa de ar quente, dificultando as trocas por convecção (Guiselini et al., 2013).

Ressalta-se que é considerado normal que casas de vegetação atinjam altas temperaturas no seu interior, todavia, essa condição não pode permanecer durante um período muito longo, pois pode influenciar de

forma negativa o metabolismo vegetal e, em alguns casos, levar as plantas à morte (Oliveira et al., 2019).

A variabilidade da temperatura superficial dos substratos nos sacos de polietileno é ilustrada na Figura 5, enquanto, os dados da estatística descritiva são listados na Tabela 1.

Observa-se que os valores das médias são semelhantes aos das medianas, todavia, os dados apresentam comportamento negativamente assimétrico, evidenciado pela maior distância da mediana para o ponto mínimo (Figura 5; Tabela 1).

Os maiores valores de temperatura superficial do substrato foram registrados às 12h, horário que apresenta maiores quantitativos médios de radiação solar.

A menor amplitude foi obtida às 9h, influenciada pela reduzida dispersão dos valores com relação à média. Este fato pode ser confirmado pelo coeficiente de variação, classificado como de baixa variabilidade ($CV \leq 12\%$), indicando assim, que existe homogeneidade dos dados nesse horário.

Ressalta-as que, a maior variabilidade de temperatura superficial foi observada às 12h, com $CV = 28,3\%$ (Tabela 2) e classificado médio.

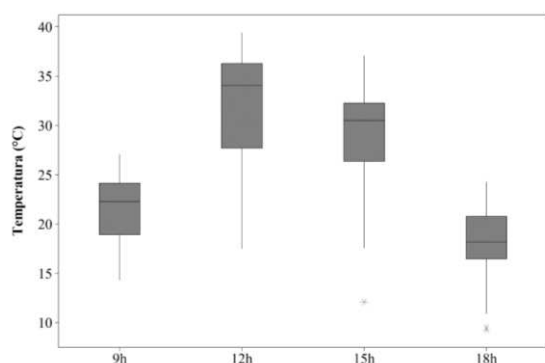


Figura 5. Boxplot da temperatura superficial (°C) dos substratos nos sacos de polietileno.

Tabela 1. Estatística descritiva da temperatura superficial (°C) dos substratos nos sacos de polietileno.

H	\bar{X}	DP	Mín	Q1	Med	Q3	Máx	A	CV (%)
9	21,7	3,2	14,3	18,9	22,3	24,2	27,1	12,8	9,9
12	32,1	5,3	17,5	27,7	34,0	36,3	39,4	21,9	28,3
15	29,2	4,8	12,1	26,4	30,5	32,3	37,1	25,0	22,7
18	18,3	3,6	9,3	16,5	18,2	20,8	24,3	15,0	13,2

H: horário, \bar{X} : média, DP: Desvio Padrão, Mín: mínimo, Q1: quartil 1, Med: mediana, Q3: quartil 3, Máx: máximo, A: Amplitude, CV: Coeficiente de variação.

Resultados semelhantes também foram obtidos por Costa et al. (2015) para temperatura do substrato em bandejas, com valores mais elevados também registrados às 12h.

Ressalta-se que condições de elevadas temperaturas nos substratos podem prejudicar o desenvolvimento dos vegetais. Casas et al. (2020) indicam que a temperatura do solo é um dos fatores mais importantes que afetam o crescimento das plantas.

Oliveira et al. (2016) acrescenta que, dentre as condições ambientais que afetam o processo germinativo, a temperatura é um dos fatores que têm influência de forma significativa.

Para algumas espécies, o desempenho germinativo das sementes é beneficiado por temperaturas constantes, enquanto para outras, o ideal é a variação de temperatura (Gomes et al., 2016).

CONCLUSÃO

A temperatura do ar no interior da casa de vegetação se mostra superior à condição ambiental externa à instalação.

A variabilidade constatada para temperatura superficial dos substratos nos sacos de polietileno em grande parte dos horários analisados, evidenciam maior desuniformidade de temperatura nos recipientes, o que pode resultar em heterogeneidade na qualidade das mudas produzidas.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de pesquisa.

A Universidade Federal de Lavras (UFLA) pelo suporte.

Aos integrantes do Laboratório de Construções, Ambiente e Sustentabilidade e do Grupo de Pesquisa em Construções e Ambiente em Biosistemas (COAMBI/UFLA).

REFERÊNCIAS

- ANDRADE JÚNIOR, A. S. D.; DAMASCENO, L. M.; DIAS, N. D. S.; GHEYI, H. R.; GUISELINI, C. Climate variations in greenhouse cultivated with gerbera and relationship with external conditions. *Engenharia Agrícola*, v. 31, p. 857-867, 2011.
- ARAÚJO, H. F.; LEAL, P. A. M.; ZORZETO, T. Q.; BETIN, P. S.; NUNES, E. F.; SERVILHA, G. F. P. Alterações micrometeorológicas em ambientes

- protegidos cultivados com minitomate orgânico. Irriga, v. 21, n. 2, p. 226-226, 2016.
- BELTRÃO, N. E. M.; FIDELES FILHO, J.; FIGUEIRÊDO, I. C. M. Uso adequado de casa-de-vegetação Uso adequado de casa-de-vegetação e de telados na experimentação agrícola. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.6, n.3, p.547-552, 2002.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Irrigação. Departamento Nacional de Meteorologia. Normais climatológicas (1961- 1990). Brasília: 1992. 84 p.
- CARNEIRO, R. G.; MOURA, M. A. L.; LYRA, R.; ANDRADE, A. M. D.; SANTOS, A. B.; MAIA, R. G. X. Fluxo de calor do solo e saldo de radiação dentro de uma área de Mata Atlântica em comparação com uma área de Cana-de-açúcar. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 6, n. 3, p. 555-565, 2013.
- CASAS, N. A. C.; CARDOSO, I. M.; TEIXEIRA, R. S. Temperatura e umidade do solo coberto com resíduos vegetais na produção de hortaliças agroecológicas. Cadernos de Agroecologia, v. 15, n. 1, p. 1-4, 2020.
- CAVALCANTI, S. D. L.; GOMES, N. F.; PANDORFI, H.; ALMEIDA, G. L. P.; ASSUNÇÃO MONTENEGRO, A. A. Variação espaço-temporal da temperatura do substrato em bandejas de produção de mudas. Revista de Agricultura Neotropical, v. 6, n. 1, p. 66-73, 2019.
- COSTA, J. O.; ALMEIDA, A. N.; COELHO, R. D.; FOLEGATTI, M. V.; JOSÉ, J. V. Modelos de estimativa de elementos micrometeorológicos em ambiente protegido. Water Resources and Irrigation Management-WRIM, v. 4, n. 1-3, p. 25-31, 2015.
- DANTAS, A. A. A.; CARVALHO, L. G.; FERREIRA, E. Classificação e tendência climática em Lavras, MG. Ciência e Agrotecnologia, Lavras, MG, v. 31, n. 6, p. 1862-1866, 2007.
- GOMES, J. P.; OLIVEIRA, L. M. D.; FERREIRA, P. I.; BATISTA, F. Substratos e temperaturas para teste de germinação em sementes de Myrtaceae. Ciência Florestal, v. 26, p. 285-293, 2016.
- GÓMEZ, J. E.; CASTAÑO, S.; MERCADO, T.; FERNANDEZ, A.; GARCIA, J. Sistema de internet de las cosas (IoT) para el monitoreo de cultivos protegidos. Ingeniería e Innovación, v. 5, n. 1, 2017.
- GUISELINI, C.; PANDORFI, H.; BARROS, A. C.; SILVA, L. F.; SILVA NETO, S. P. Acclimatization of sugarcane seedlings in a greenhouse under two types of shading screens/Aclimatização de mudas de cana-de-açúcar em ambiente protegido sob dois tipos de malhas de sombreamento. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 17, n. 8, p. 877-883, 2013.
- OLIVEIRA, F. N. D.; FRANÇA, F. D. D.; TORRES, S. B.; NOGUEIRA, N. W.; FREITAS, R. M. O. D. Temperaturas e substratos na germinação de sementes de pereiro-vermelho (*Simira Gardneriana* MR Barbosa & Peixoto). Revista Ciência Agronômica, v. 47, p. 658-666, 2016.
- OLIVEIRA, H. B. P.; SANTANA, L. M.; SANTOS, C. E. R.; MAZZINI-GUEDES, R. B. CASA DE VEGETAÇÃO DE BAIXO CUSTO. Revista Brasileira de Engenharia e Sustentabilidade, v. 7, p. 7-13, 2019.
- PAULA, R. D. C. M.; SILVA, A. G.; COSTA, E.; BINOTTI, F. F. S. Monitoramento de variáveis micrometeorológicas em diferentes ambientes protegidos no período de inverno. Revista de agricultura neotropical, v. 4, n. 5, p. 103-109, 2017.
- ROMANINI, C. E. B.; GARCIA, A. P.; ALVARADO, L. M.; CAPPELLI, N. L.; UMEZU, C. K.; Desenvolvimento e simulação de um sistema avançado de controle ambiental em cultivo protegido. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.14, n.11, p.1194-1201, 2010.
- SAKIYAMA, N.; MARTINEZ, H.; TOMAZ, M.; BORÉM, A. Café arábica do plantio a colheita. Viçosa, MG: Editora UFV, 316 p., 2015.
- TITTARELLI, F. Organic greenhouse production: towards an agroecological approach in the framework of the new European regulation—a review. Agronomy, v. 10, n. 1, p. 72, 2020.
- VIRGENS FILHO, J. S.; OLIVEIRA, R. B. I.; LEITE, M. L.; TSUKAHARA, R. Y. Desempenho dos modelos CLIGEN, LARS-WG e PGECLIMA_R na simulação de séries diárias de temperatura máxima do ar para localidades do estado do Paraná. Engenharia Agrícola, v. 33, n. 3, p. 538-547, 2013.
- WARRICK, A. W.; NIELSEN, D. R. Spatial variability of soil physical properties in the field. In: HILLEL, D. (Ed.), Applications of soil physics. Academic Press, New York, p. 319-344, 1980.
- ZHOU, D.; MEINKE, H.; WILSON, M.; MARCELIS, L. F.; HEUVELINK, E. Towards delivering on the sustainable development goals in greenhouse production systems. Resources,

Conservation and Recycling, v. 169, p. 105379,
2021.