

INFLUÊNCIA DA RADIAÇÃO SOLAR E DO FLUXO DE AR SOBRE MEDIDAS DE SENSORES EM CASA DE VEGETAÇÃO

LEONARDO APARECIDO MANTOVANI ROZALINO¹, THAIS QUEIROZ
ZORZETO CESAR², FELIPE ANTONIO MOURA MIRANDA³

¹ Graduando em Engenharia Agrícola, FEAGRI / UNICAMP, leonardorosalino_@hotmail.com

² Doutora em Engenharia Agrícola, FEAGRI / UNICAMP, (19) 3521-1030, thaisqzc@unicamp.br

³ Doutor em Engenharia Elétrica, IFSP, miranda@ifsp.edu.br

Apresentado no
XLVIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2019
17 a 19 de setembro de 2019 - Campinas - SP, Brasil

RESUMO: A necessidade do controle dos fatores ambientais envolvidos na produção em ambientes protegidos é fundamental tanto para o sucesso quanto para a sustentabilidade de sua operação, tornando fundamental a correta mensuração de grandezas ambientais como temperatura e umidade relativa do ar. Analisaram-se os efeitos causados nas leituras de sensores de temperatura do ar, por diferentes velocidades de ar aspirado e por proteção da radiação solar em casa de vegetação. A fim de verificar a existência de pelo menos um tratamento com diferença estatística significativa, foram utilizados a ANOVA e o teste não paramétrico de *Kruskal-Wallis*, em conjunto respectivamente com os testes de médias, de *Tukey* ao nível de 5% e do *Dunn's Test*. Em magnitude, a temperatura do ar medida com sensores desprotegidos da incidência da radiação solar e não aspirados apresenta valores superiores aos coletados com sensores protegidos e aspirados. Não há distinção entre os valores de temperatura do ar coletados com sensores protegidos e aspirados com velocidades do ar de 1,8 m.s⁻¹ e 3,0 m.s⁻¹.

PALAVRAS-CHAVE: radiação solar, sensor, temperatura do ar

INFLUENCE OF SOLAR RADIATION AND AIR FLOW ON SENSOR MEASUREMENTS A IN A GREENHOUSE

ABSTRACT: The need to control the environmental factors involved in production in protected environments is fundamental both to the success and sustainability of its operation, making it essential to correctly measure environmental quantities such as temperature and relative humidity. We analyzed the effects caused in the temperature sensor readings of air, by different air velocities aspirated and by protection of solar radiation in greenhouse. In order to verify the existence of at least one treatment with significant statistical difference, the ANOVA and the Kruskal-Wallis non-parametric test were used, together with the Tukey test at the 5% level and the Dunn's Test. The results showed that there was no influence of the protection together of the aspiration of air on the sensors for measurements of temperature and relative humidity of the air.

KEYWORDS: air temperature, sensor, solar radiation.

INTRODUÇÃO: A agricultura de precisão e a agricultura em ambiente protegido demandam medições e controle dos fatores como temperatura e umidade relativa do ar e intensidade da

radiação solar, que influenciam diretamente na produção, com qualidade e de forma integrada. Sensores específicos coletam informações apropriadas e as enviam remotamente para uma central, onde as armazenam em uma base de dados que pode ser utilizada para caracterização das variabilidades espaciais do ambiente (FERENTINOS et al., 2015), e para atuação no sistema como, por exemplo, o acionamento de um sistema de resfriamento se determinada temperatura é atingida dentro de uma casa de vegetação. O conhecimento sobre o funcionamento e a melhor forma de utilização desses sensores está ligado ao uso racional de recursos, como energia e água, dentro de um sistema produtivo, pois medidas errôneas podem gerar ações desnecessárias, aumentando os impactos ambiental e financeiro da atividade. A exposição direta de sensores à radiação solar em casa de vegetação pode impactar negativamente na acurácia das medições. Os fatores que têm relação direta com os efeitos negativos nas medições são analisados por KATSOULAS et al. (2015), podendo-se destacar o aumento do desvio-padrão e do RMSE (*Root Mean Square Error*) para temperatura e umidade relativa do ar com o aumento dos níveis de radiação. Outro fator influente nas medições, tanto com sensores do tipo termopar, psicrômetros ou outros tipos, é o fluxo de ar (RIBEIRO DA CUNHA et al., 2014), sendo recomendados valores distintos para a velocidade do ar, desde 3 m.s⁻¹ por ALBRIGHT (1990) e 1,8 m.s⁻¹ pela ASHRAE STANDARD 41.6 (1994). Apesar disso, normalmente, os sensores são utilizados sem qualquer proteção à exposição da radiação solar e sem padronização da aspiração de ar. Dessa forma, o objetivo principal deste trabalho foi analisar os efeitos causados nas leituras de sensores de temperatura e umidade relativa do ar, por diferentes velocidades de ar aspirado e por proteção da radiação solar em casa de vegetação.

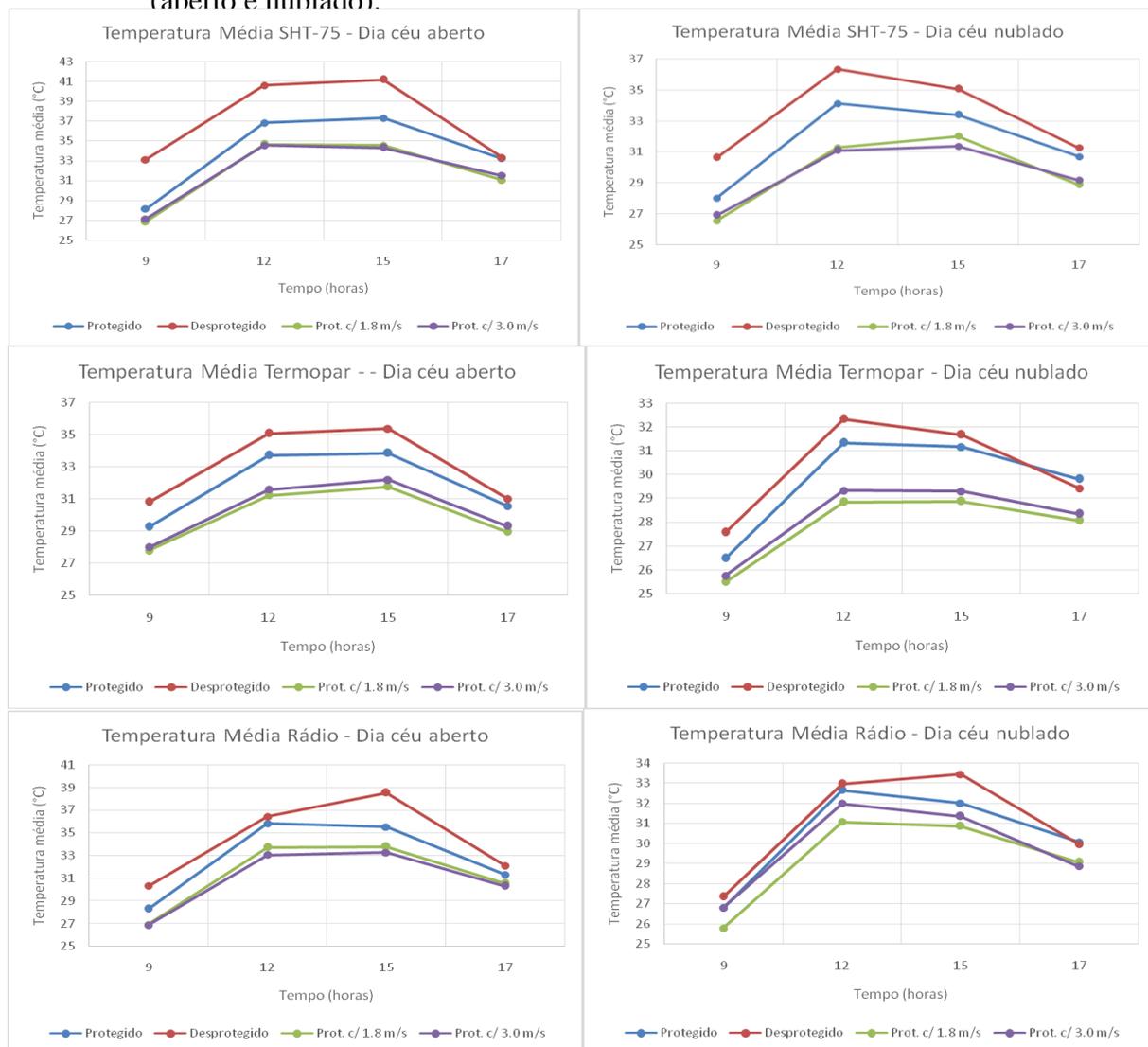
MATERIAL E MÉTODOS: O experimento foi conduzido em casa de vegetação, na Faculdade de Engenharia Agrícola, da Universidade Estadual de Campinas (22,8°S 47,1°O). O ambiente é coberto por polietileno de baixa densidade (difusor, 150 µm), revestido nas faces laterais por tela antiafídeo. Os sensores utilizados para medições de temperatura do ar foram: rádio SHT-75 (Sensirion®), o qual teve seus dados coletados de forma remota, através de ondas eletromagnéticas enviadas de um transmissor conectado a ele até a estação-base; RHT-WM (Novus®), o qual utiliza um SHT-75 como elemento sensor e transmite os dados via cabo, e termopar do tipo T (cobre-constantan). No centro do ambiente, um psicrômetro de bulbo seco, de leitura manual, e um sensor de radiação fotossinteticamente ativa caracterizavam o atributo. Para a investigação dos efeitos da exposição à radiação solar e da velocidade do ar nos sensores, foram utilizadas quatro configurações: dentro de um tubo de PVC com o exterior coberto com uma lâmina de alumínio e um micro ventilador em uma das extremidades, aspirando ar através do sensor, sob duas velocidades a (1) 1,8 m.s⁻¹ e (2) 3 m.s⁻¹; (3) apenas protegido da radiação dentro do tubo de PVC revestido e sem aspiração de ar; e (4) totalmente exposto à radiação e sem aspiração de ar. Os valores de temperatura do ar foram medidos nos horários 9 h, 12 h, 15 h e 17 h. Para cada configuração foram realizadas três repetições, cada uma com um sensor diferente, distribuídas aleatoriamente dentro do ambiente. Quatro abordagens foram utilizadas para determinar se houve influência da radiação e da velocidade do ar sobre os sensores: i) análise de variância ANOVA (ANJOS, 2010) ao nível de 5% de probabilidade, ii) teste *Tukey* ao nível de 5% para o teste das médias, iii) teste de *Kruskal-Wallis* a 5% e iv) *Dunn's Test* para comparação entre as médias.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: A partir da análise de variância ANOVA para os dados de temperatura em dias de sol às 9h, foi verificada a existência de pelo menos um tratamento estatisticamente diferente ao nível de 5% de probabilidade. Utilizando o teste não paramétrico de *Kruskal-Wallis*, devido a não homogeneidade de variância e não distribuição normal dos resíduos dos dados, foi verificada a existência de pelo menos um tratamento

significativamente diferente ao nível de 5% tanto para temperatura quanto para umidade relativa do ar às 12h e às 15h e para a umidade relativa às 9h e às 17h, sendo a comparação entre os tratamentos feita pelo *Dunn's Test*.

Observa-se que, em geral, as maiores diferenças de temperatura do ar foram obtidas com sensores desprotegidos às 12 e às 15h (Figura 1). A exposição direta de sensores à radiação solar em casa de vegetação pode impactar negativamente na acurácia das medições. KATSOULAS et al. (2015) destacaram o aumento do desvio-padrão e do RMSE (*Root Mean Square Error*) para temperatura e umidade relativa do ar com o aumento dos níveis de radiação. RIBEIRO DA CUNHA et al. (2014) observam que outro fator influente nas medições é o fluxo de ar que passa pelos sensores aspirados. ALBRIGHT (1990) recomenda velocidade de 3 m.s^{-1} , e ASHRAE STANDARD 41.6 (1994), de $1,8 \text{ m.s}^{-1}$. No entanto, não foram encontradas diferenças estatísticas significativas entre os valores coletados nesses tratamentos, apenas observa-se que esses valores mantêm-se aquém, em magnitude, dos obtidos pelos sensores desprotegidos e protegidos sem ventilação.

FIGURA 1. Temperatura do ar coletada em casa-de-vegetação com diferentes sensores (SHT75, termopar e rádio), níveis de proteção (desprotegido, protegido sem ventilação, protegido com $1,8 \text{ m.s}^{-1}$, protegido com $3,0 \text{ m.s}^{-1}$) e condições do céu (aberto e nublado).



CONCLUSÕES: Em magnitude, a temperatura do ar medida com sensores desprotegidos da incidência da radiação solar e não aspirados apresenta valores superiores aos coletados com sensores protegidos e aspirados. Não há distinção entre os valores de temperatura do ar coletados com sensores protegidos e aspirados com velocidades do ar de $1,8 \text{ m.s}^{-1}$ e $3,0 \text{ m.s}^{-1}$.

REFERÊNCIAS:

- ALBRIGHT, L. D. Environment control for animals and plants. American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, Mich, 1990.
- ANJOS, A. 2010. Capítulo 7: Análise de Variância. Disponível em: <<http://www.est.ufpr.br/ce003/material/cap7.pdf>>
- ASHRAE STANDARD 41.6 – 1994. Methods for measurement of moist air properties, ASHRAE, Atlanta. Disponível em: <http://www.ashrae.org/publications/>. Acesso em: 01 out. 2011.
- CUNHA, A.R.; ALBERTO VOLPE, C. Medidas automatizadas de psicrômetro de termopar aspirado versus não aspirado. Revista Brasileira de Meteorologia, v.29, n.2, 271-280, 2014.
- FERENTINOS, K.P. & KATSOULAS, NIKOLAOS & TZOUNIS, ANTONIS & KITTAS, C & BARTZANAS, THOMAS. (2015). A climate control methodology based on wireless sensor networks in greenhouses. Acta Horticulturae. 1107. 75-82. 10.17660/ActaHortic.2015.1107.9.
- KATSOULAS, N., FERENTINOS, K. P., TZOUNIS, A., BARTZANAS, T., & KITTAS, C. (2015). Operation reliability of wireless sensor networks in greenhouse conditions. Acta Horticulturae, in press. (Proceedings of the ISHS International Symposium on New Technologies and Management for Greenhouses, GreenSys 2015, 19-23 July, Évora, Portugal).