

# AVALIAÇÃO PRELIMINAR DE UM AMBIENTE PROTEGIDO PARA IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE RESFRIAMENTO EVAPORATIVO

ANA KARINA DOS SANTOS OLIVEIRA<sup>1</sup>, RAFAEL JOSÉ GOMES<sup>2</sup>, MAGDA ALINE DA SILVA<sup>3</sup>, CRISTIANE GUISELINI<sup>4</sup>, HÉLITON PANDORFI<sup>4</sup>, ELVIRA MARIA REGIS PEDROSA<sup>4</sup>

1 Graduanda em Engenharia Agrícola e Ambiental, Depto. De Tecnologia Rural, UFRPE /Recife – PE akmsol22@hotmail.com

2 Engenheiro Agrícola e Ambiental, Mestrando em Engenharia Agrícola, Depto. de Tecnologia Rural, UFRPE /Recife – PE

3 Graduanda em Agronomia, Depto. Agronomia, UFRPE/Recife – PE

4 Engenheiro Agrônomo, Prof. Dr., Depto. de Tecnologia Rural, UFRPE/Recife - PE

Apresentado no XVII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia 18 a 21 de Julho de 2011 – SESC Centro de Turismo de Guarapari – ES.

**RESUMO:** Objetivou-se com esse trabalho uma avaliação preliminar do microclima de um ambiente protegido, quanto à temperatura e umidade do ar, para a implantação de um sistema de resfriamento para redução da temperatura interna, proporcionando condições ideais para o cultivo de mudas de cana-de-açúcar. O experimento foi conduzido no Departamento de Agronomia da UFRPE, no Recife-PE, em ambiente protegido com 3,50 m de largura, 9,60 m de comprimento, 2,50 m de pé direito e 3,25 m de altura e com cobertura plástica de polietileno de baixa densidade (PEBD). Foi monitorada a variação diária da Temperatura do ar (Tar) e Umidade relativa do ar (UR%), dentro do ambiente protegido e no ambiente externo, por um período de 92 dias. Os resultados mostraram que no ambiente protegido a Tar foi maior que no ambiente externo, com uma diferença média de 4,68°C. O sistema de resfriamento evaporativo pode ser aplicado em todo o período de monitoramento, apresentando uma diminuição significativa em média de 4,54°C na Tar, reduzindo também as Tar máximas que ficaram acima do limite máximo recomendável para a cultura.

**PALAVRAS CHAVES:** microclima, cultivo protegido, nebulização

**ABSTRACT:** The aim of this work was to make a preliminary evaluation of a greenhouse's microclimate, about the temperature and air humidity, in order to deploy a cooling system to decrease internal temperature, providing favorable conditions for the cultivation of sugarcane seedlings. The experiment was carried out at the Agronomy Department of UFRPE, in Recife-PE, in a greenhouse with 3,50 m wide, 9,60 m long, 2,50 m ceiling and 3,25 m height, having a plastic cover made of low density polyethylene (LDPE). It was monitored the diary variation of Temperature and Air Humidity, inside and outside the greenhouse, for 92 days. The results show that inside the greenhouse the Tar was higher than outside, with a mean difference of 4,68°C. The evaporative cooling system can be applied throughout the monitoring period, presenting a significant reduction in mean of 4,54°C at the Tar, also reducing the maximum Tar that were higher than the maximum limit recommended to the crop.

**KEYWORDS:** microclimate, protected cultivation, nebulization

**INTRODUÇÃO:** Apesar das vantagens apresentadas pelo cultivo em ambiente protegido, essas instalações podem ser insatisfatórias do ponto de vista térmico, frequentemente evidenciadas no verão (GUISELINI et al., 2010 e SANTOS et al., 2002). Essas temperaturas dificilmente são amenizadas com a ventilação natural e, podem extrapolar a faixa de temperatura adequada ao crescimento e desenvolvimento da cultura (TOIDA et al., 2006). A Tar é um dos fatores mais importantes na produção da cana-de-açúcar, com o ótimo para seu

desenvolvimento entre 20°C e 30°C (MARIN et al., 2009) e seu crescimento é nulo com temperaturas inferiores a 16°C e superiores a 38°C. O resfriamento em ambiente protegido pode ser promovido por diferentes tipos de processos, tais como ventilação natural, ventilação forçada, resfriamento evaporativo do ar e refrigeração mecânica (CHURCH et al., 1981). Os autores ainda destacam que o uso de resfriamento evaporativo do ar é o método de resfriamento, o mais extensivamente usado, têm sido desenvolvidos e aperfeiçoados com a finalidade de prover às plantas, principalmente no verão, condições microclimáticas adequadas ao seu crescimento (ABDEL-GHANDY; KOZAI, 2006). Além disso, de acordo com KATSOULAS et al. (2001), o sistema de resfriamento evaporativo do ar exerce influência direta sobre as plantas, moderando a taxa de transpiração.

Diante do exposto, objetivou-se com esse trabalho uma avaliação preliminar do microclima de um ambiente protegido, quanto à temperatura e umidade do ar, para a implantação de um sistema de resfriamento evaporativo para redução da temperatura interna, proporcionando condições ideais para o cultivo de mudas de cana-de-açúcar.

**MATERIAL E MÉTODOS:** O monitoramento foi realizado na área experimental do Departamento de Agronomia da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), no Recife-PE, com latitude de 8°10'52'' S e longitude de 34°54'47'' W, no período de julho de 2010 a outubro de 2010, totalizando 92 dias.

O experimento foi conduzido em ambiente protegido, possuindo 3,50 m de largura, 9,60 m de comprimento, 2,50 m de pé direito e 3,25 m de altura e com cobertura em capela. As paredes foram confeccionadas com telas e possuíam uma mureta 1,10 m em alvenaria. A cobertura do ambiente é em filme agrícola de polietileno. Para o monitoramento do microclima no ambiente protegido foram realizados registros contínuos de Tar e UR% utilizando um sensor de Tar e umidade, para o ambiente externo foi obtido dados por meio de uma estação meteorológica automática, localizada próxima a área do experimento (200 m).

Para o cálculo da quantidade necessária de água a ser adicionada no ambiente protegido com a finalidade de reduzir a Tar interna, foi conhecida a temperatura de bulbo úmido diário (Tu) por meio da relação entre a Tar média de bulbo seco (Ts) e a UR%. Em seguida foi aplicada uma equação para conhecimento da pressão de saturação de bulbo úmido (Eq. 1).

$$\text{---} \quad (1)$$

Onde,

$e_{su}$  = pressão de saturação do bulbo úmido (KPa)

Tu = Temperatura de bulbo úmido

A umidade absoluta (UA) foi obtida por meio de uma equação para a situação inicial utilizando a pressão atual (ea) para cada dia (Eq. 2). A fim de se obter a quantidade de água a ser adicionada no ambiente protegido para que a parcela de ar atingisse a saturação, foi considerado  $ea = e_{su}$  para a segunda situação, obtendo assim a UA<sub>2</sub> para a situação de saturação (Eq. 3).

$$UA_1 = 2168 \left[ \frac{e_a}{273 + T_{ar}} \right] \quad (2)$$

Onde,

UA<sub>1</sub> = Umidade Absoluta (gm<sup>-3</sup>)

ea = pressão atual (KPa)

Tar = Temperatura do ar (°C)

$$UA_2 = 2168 \left[ \frac{e_{su}}{273 + T_{bu}} \right] \quad (3)$$

Onde,

$UA_2$  = Umidade absoluta para a saturação ( $\text{gm}^{-3}$ )

$e_{su}$  = pressão de saturação (KPa)

$T_{bu}$  = Temperatura de bulbo úmido ( $^{\circ}\text{C}$ )

Pela diferença das umidades absolutas encontradas para cada dia, obteve-se a quantidade necessária de água ( $\Delta UA$ ) a ser adicionada na parcela de ar do ambiente protegido, conforme a equação 4. Em seguida foi calculada a quantidade total de água nebulizada ( $Q_{an}$ ) fazendo-se uma relação com o volume de ar interno do ambiente protegido ( $V_{ap}=96,6 \text{ m}^3$ ), conforme equação 5.

$$\Delta UA = UA_2 - UA_1 \quad (4)$$

Onde,

$\Delta UA$  = Quantidade de água necessária para atingir a saturação ( $\text{gm}^{-3}$ )

$UA_1$  = Umidade absoluta ( $\text{gm}^{-3}$ )

$UA_2$  = Umidade absoluta para a saturação ( $\text{gm}^{-3}$ )

$$Q_{an} = \Delta UA * V_{ap} \quad (5)$$

Onde,

$Q_{an}$  = Volume de água nebulizada ( $\text{m}^3$ )

$\Delta UA$  = Quantidade de água necessária para atingir a saturação ( $\text{gm}^{-3}$ )

$V_{ap}$  = Volume total do ambiente protegido ( $\text{m}^3$ )

Para os dados de Tar, obtidos no ambiente protegido e externamente, determinou-se a relação entre as variáveis por meio da regressão gerada entre os valores de Tar interno e externo. Além disso, foram avaliadas as variações diárias de Tar e UR%, ao longo de todo o monitoramento. Comparou-se a variação da Tar no interior do ambiente protegido para serem comparados aos limites de Tar recomendáveis para a cultura da cana-de-açúcar, assim como foi estimados a quantidade de água necessária diariamente para a redução da Tar interna.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Ao longo de todo o monitoramento observou-se que a Tar média interna ( $28,21 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ) foi superior em média de  $4,68 \text{ }^{\circ}\text{C}$  a Tar média externa ( $23,53 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ) (Figura 1), que concorda também com os resultados apresentados por GUISELINI E SENTELHAS (2004).

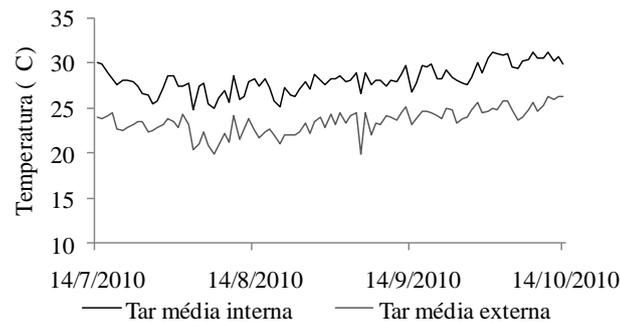


Figura 1. Variação diária da Tar média (°C) no ambiente protegido e no ambiente externo no período de 14/07/2010 a 14/10/2010. Recife, PE, 2011.

A Figura 2 apresenta a relação entre a Tar no ambiente interno e externo para todo o período de monitoramento, observar-se que o coeficiente de determinação ( $R^2 = 0,793$ ) é elevado, mostrando assim uma boa correlação linear entre as variáveis analisadas.

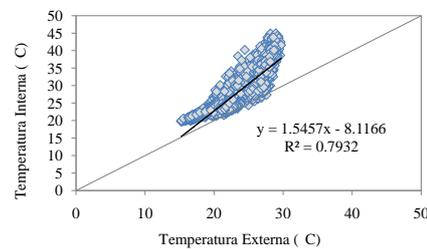


Figura 2. Relação entre a Tar média no ambiente protegido e no ambiente externo, na escala de 15 minutos. Recife, PE, 2011.

Observa-se na Figura 3 a variação da UR% média monitorada diariamente nos ambientes estudados, onde a UR% média do período foi de 69,16% no ambiente protegido mostrando-se menor que no ambiente externo (75,72%), com uma diferença de 6,56%.

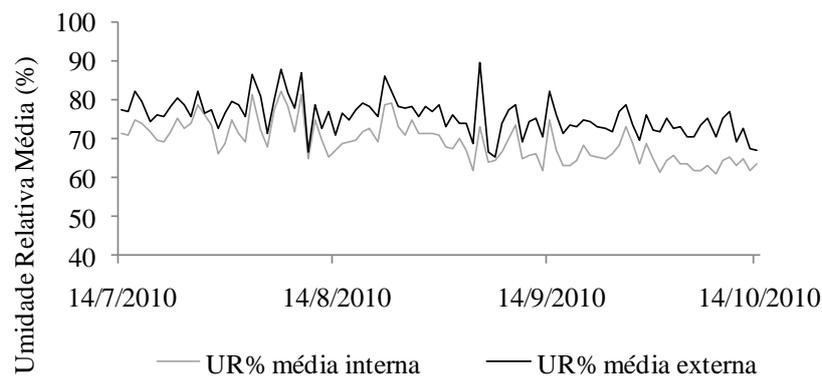


Figura 3. Variação diária da UR% média no ambiente protegido e no ambiente externo no período de 14/07/2010 a 14/10/2010. Recife, PE, 2011.

Nota-se que para todo o período monitorado pode ser instalado um sistema de resfriamento evaporativo, visto que é possível a aplicação de água na parcela de ar do ambiente protegido durante todo o período avaliado. A Figura 4 mostra os valores de injeção de água para a redução da Tar interna. Observa-se que para dias com Tar médias maiores requer maiores quantidades de água.

Levando-se em consideração a Tar máxima o sistema deveria ser acionado em todo o período estudado, ocasionando a redução da Tar máxima e adequando-a ao limite ótimo superior da cultura. Contudo se for considerada a Tar média o sistema deveria se acionado somente a partir do dia 27/09/2010 até o final do experimento. Nesse sentido o sistema seria acionado somente quando a Tar1 estiver acima do limite ótimo fazendo com que a mesma fosse reduzida até o valor da ordem de Tar2 calculada.

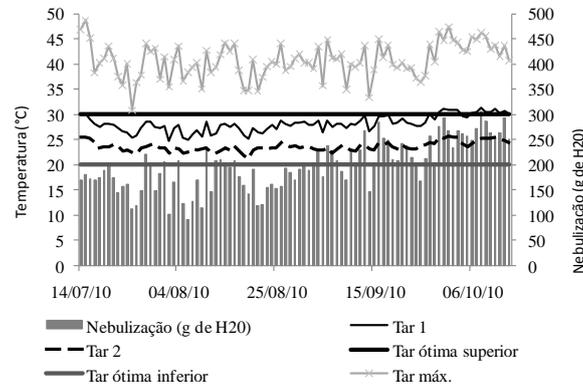


Figura 4. Variação diária da Tar Média antes (Temp. Média 1) e após a nebulização (Tar2 °C).

**CONCLUSÕES:** Conclui-se que no ambiente protegido a Tar foi maior que no ambiente externo, apresentando uma diferença média na ordem de 4,68 °C. A UR% foi menor no ambiente externo. O sistema de resfriamento evaporativo pode ser recomendado para o ambiente protegido em questão, proporcionando condições ideais para o cultivo de mudas de cana-de-açúcar podem reduzir a Tar em media 4,54 °C.

#### REFERÊNCIAS:

- ABDEL-GHANDY, A. M.; KOZAI, T. Cooling efficiency of fogging systems for greenhouse. **Biosystems Engineering**, Oxford, v. 94, n. 1, p. 97-109, 2006.
- CHURCH, G. A.; WATERS, W. F.; LAZIN, M. B. **Application of ground water to greenhouse cooling systems**. Chicago: American Society of Agricultural Engineers, 1981. p.15-18.
- GUISELINI, C.; SENTELHAS, P.C.; PANDORFI, H.; HOLCMAN, E. Manejo da cobertura de ambientes protegidos: Radiação solar e seus efeitos na produção da gérbera. *Revista Bras. Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.14, n.6, p.645–652, 2010.
- GUISELINI, C.; SENTELHAS, P.C.; Uso de malhas de sombreamento em ambiente protegido: Efeito da temperatura e na umidade do ar. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v.12, n. 1, p. 9-17, 2004.
- KATSOULAS, N.; BAILLE, A.; KITTAS, C. Effect of misting on transpiration and conductances of a greenhouse rose canopy. **Agricultural and Forest Meteorology**, Oxford, v. 106, p. 233-247, 2001.
- MARIN, F.R.; PELLEGRINO, G.Q.; ASSAD, E.D.; PINTO, H.S.; ZULLO JUNIOR, J. Cana-de-açúcar. In: MONTEIRO, J.E.B.A. (Ed.). *Agrometeorologia dos cultivos: O fator meteorológico na produção agrícola*. Brasília: INMET, 2009. p. 111-130.
- SANTOS, R. F.; VILAS BOAS M. A.; KLAR, A. E. Alterações em variáveis agrometeorológicas pelo uso de estufa plástica. **Irriga**, Botucatu, v. 7, n.2, p. 130-141, 2002.
- TOIDA, H. et al. Enhancing fog evaporation rate using an upward air stream to improve greenhouse cooling performance. **Biosystems Engineering**, Oxford, v. 93, n. 2, p. 205-211, 2006.