

Temperatura e Umidade Relativa do Ar por Psicrômetros de Ventilação Forçada

Relative Air Temperature and Humidity by Forced Ventilation Psychrometers

Oswaldo Alves Pereira^{a*}; Jonathan Willian Zangeski Novais^a; Roberta Daniela de Souza;
Marcelo Sacardis Biudes^b; Nadja Gomes Machado^c

^aUniversidade de Cuiabá, Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* Mestrado em Ciências Ambientais. MT, Brasil.

^cInstituto Federal de Mato Grosso, MT, Brasil.

^bUniversidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Física Cuiabá. MT, Brasil.

^cInstituto Federal de Mato Grosso, MT, Brasil. *E-mail: osvaldo.pereira@kroton.com.br

Resumo

O estudo teve como objetivo avaliar as medidas de temperatura e umidade relativa do ar por meio de dois psicrômetros de ventilação forçada dispostos em alturas diferentes. Para efeito comparativo, em relação aos conjuntos de psicrômetros, utilizou-se um conjunto de termohigrômetros (HMP 45 C, Vaisala, Inc., Helsinki, Finland), e os dados produzidos por sinais e pulsos elétricos dos transdutores foram processados e armazenados por um datalogger (CR 10X, Campbell Scientific, Inc., Ogden, Utah), com médias de 30 minutos. Na construção do psicrômetro se utilizou tubo de PVC, reservatório de água e um “cooler” 12 VDC, o qual era ligado para garantir um fluxo de ar constante e a estabilidade das medidas dos termopares de bulbos seco e úmido no momento da leitura. Os psicrômetros estiveram fortemente correlacionados com os valores de temperatura e umidade relativa do ar, medidos pelo HMP 45 C, Vaisala.

Palavras-chave: Psicrômetro. Termopar. Temperatura e Umidade Relativa do Ar.

Abstract

The objective of this study was to evaluate the temperature and relative humidity measurements by means of two forced ventilation psychrometers arranged at different heights. A set of thermohygrometers (HMP 45 C, Vaisala, Inc., Helsinki, Finland) was used for comparative purposes in relation to psychrometer sets, and the data produced by transducer electrical signals and pulses were processed and stored by a datalogger (CR 10X, Campbell Scientific, Inc., Ogden, Utah), with average of 30 minutes. In the construction of the psychrometer the following were used: PVC pipe, water tank and a 12 VDC “cooler”, which was connected to ensure a flow of constant air temperature and the stability of dry and wet bulb thermocouple measurements at the time of reading. Psychrometers were strongly correlated with values of temperature and relative humidity, as measured by HMP 45 C, Vaisala.

Keywords: Psychrometer. Thermocouple. Temperature and Relative Humidity.

1 Introdução

A atmosfera terrestre é a sede de todos os fenômenos meteorológicos. Para estudar esses fenômenos, faz-se necessário conhecer os elementos meteorológicos, definidos como as grandezas, que caracterizam o tempo e o clima ao longo dos anos (BOUERI; LUNARDI, 2006). A temperatura e o vapor de água no ar desempenham papel fundamental no clima global, interferindo nos processos de evaporação e evapotranspiração, absorção de diversos comprimentos de onda da radiação solar e terrestre, formação das nuvens, precipitação, etc.

Existem diversas formas para medir a temperatura e a umidade relativa do ar (CUNHA, 2013). No psicrômetro é medida a temperatura de bulbo seco (na qual mede a temperatura do ar) e a de bulbo úmido (ocorre o fenômeno de evaporação potencial, reduzindo a temperatura neste bulbo em função da mecha de algodão estar saturada com água) (SILVA *et al.* 2011). O psicrômetro é considerado método padrão para a medida da umidade relativa do ar (WMO, 2008).

As medidas da temperatura com termopares de cobre-

constantan apresentam bom nível de precisão e exatidão (CUNHA; ESCOBEDO; GALVANI, 2001; MARIN *et al.*, 2001). O termopar é um sensor de temperatura muito simples, robusto, barato e de fácil utilização (CUNHA, 2013). O termopar ou par termoeletrico é utilizado com grande vantagem sobre o termômetro de mercúrio ou álcool, pois geram sinais elétricos, que podem ser armazenados em sistemas automatizados (datalogger), viabilizando sua utilização inclusive em longas distâncias sem comprometimento do sinal (CUNHA; VOLPE, 2014). Com o crescimento no uso de sistemas automáticos de aquisição de dados, as medidas de temperatura com junções termoeletricas se tornaram mais fáceis, precisas e baratas, permitindo seu emprego em diversos tipos de estudos (MARIN *et al.*, 2001).

Bindon (1965) recomenda a construção de psicrômetros com ambos os sensores de temperatura protegidos da radiação solar incidente e submetidos a uma corrente forçada para minimizar os efeitos externos sobre o coeficiente psicrométrico. Para tanto, fixa-se um micro ventilador para estabelecer fluxo constante de ar e proporcionar a evaporação da água contida na mecha de algodão do termopar de bulbo

úmido de forma constante. Assim, a coleta dos dados de temperatura de bulbo úmido é realizada, de forma precisa e confiável (CUNHA, 2013).

Nesse contexto, esse estudo teve como objetivo avaliar as medidas realizadas por dois psicrômetros de ventilação forçada dispostos em alturas diferentes.

2 Material e Métodos

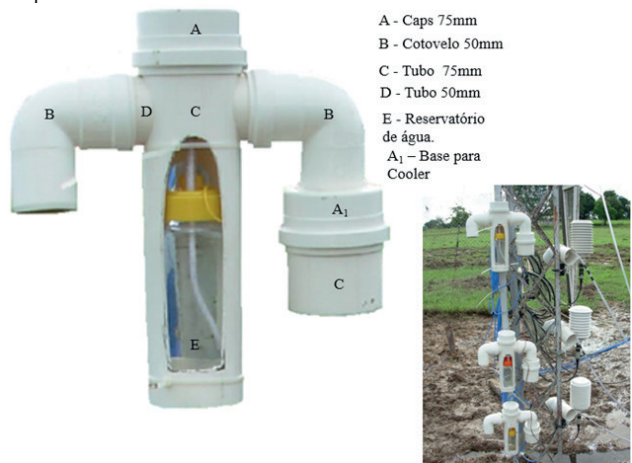
2.1 Caracterização da área de estudo

O experimento foi conduzido em uma área de pastagem da Fazenda Experimental da UFMT (15°47' Sul, 56°04' Oeste e 140 m de altitude) no município de Santo Antônio de Leverger – MT. O perfil da temperatura e umidade relativa do ar foi medido em um mastro de 3 m de altura. O clima da região é Aw, segundo Köpen. Os solos são poucos desenvolvidos, consequência da exposição recente, com ocorrência de solos litólicos distróficos, às vezes álicos, raros eutróficos, solos concrecionários (Plintossolos) distróficos (BIUDES *et al.*, 2015).

2.2 Construção do psicrômetro de ventilação forçada

O psicrômetro de ventilação forçada (Figura 1) foi construído com tecnologia e material relativamente simples, similar a metodologia utilizada por Marin *et al.* (2001). Utilizou-se tubo de PVC de 50 e 75 mm de diâmetro com 15 e 30 cm de comprimento, respectivamente, dois cotovelos de 50 mm e dois caps de 75 mm de diâmetro. Acoplou-se um “cooler” 12 VDC de forma, que aspirasse o ar do tubo de 50 mm, o qual era ligado para garantir um fluxo de ar constante e a estabilidade das medidas dos termopares de bulbos seco e úmido no momento da leitura (MARIN *et al.*, 2001; PA; CUNHA; VOLPE, 2014).

Figura 1 - Psicrômetro de ventilação forçada e local de instalação dos psicrômetros no mastro micro meteorológico na Fazenda Experimental da UFMT.



Fonte: Os autores.

A umidade relativa do ar (em %) foi determinada pela Equação (1).

$$(1)$$

em que e_s é a pressão de saturação do ar (kPa) estimada pela Equação (2) e e_a é a pressão atual de vapor de água do ar (kPa) estimada pela Equação (3).

$$(2)$$

$$(3)$$

em que T_a é a temperatura do ar de bulbo seco (°C), $e_s(T_a)$ é a pressão de saturação do ar (kPa) estimada pela temperatura de bulbo úmido (em °C), $e_s(T_w)$ é a constante psicrométrica .

Para efeito comparativo em relação aos conjuntos de psicrômetros se utilizou um conjunto de termohigrômetros (HMP 45 C, Vaisala, Inc., Helsinki, Finland). Foram feitas medidas de temperaturas de bulbo seco e úmido pelos psicrômetros e de temperatura e umidade relativa do ar pelos termohigrômetros durante o período de 01 a 06 de abril de 2009. Os dados produzidos por sinais e pulsos elétricos dos transdutores foram processados e armazenados por um datalogger (CR 10X, Campbell Scientific, Inc., Ogden, Utah), com médias de 30 minutos.

3 Resultados e Discussão

Os dados de temperatura (T_p) e umidade relativa (UR_p) do ar medidos pelos psicrômetros de ventilação forçada foram comparados com os de temperatura (T_{th}) e umidade relativa (UR_{th}) do ar medidos, por meio do termohigrômetro.

De forma geral, o psicrômetro apresenta boa estabilidade nas medidas, porém se faz necessário o abastecimento do reservatório com água destilada, estando propenso a erros na medida da temperatura de bulbo úmido, quando a amostra de ar não é umedecida o suficiente pela evaporação da mecha de algodão (BELL, 1996). Entretanto, as medidas de temperatura e umidade relativa dos psicrômetros estiveram fortemente correlacionadas com as do termohigrômetros, com coeficiente de determinação (R^2) acima de 0,94.

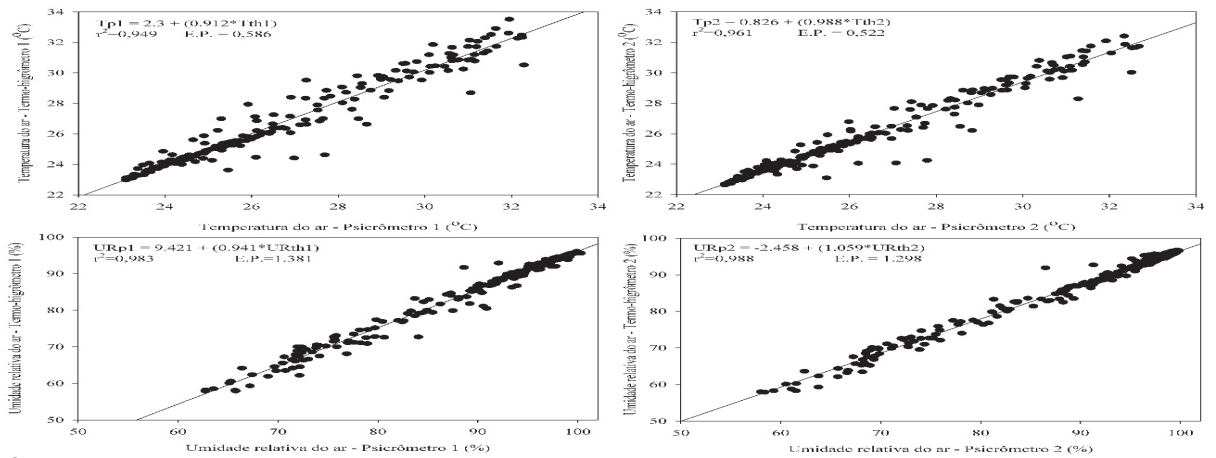
Os valores das temperaturas do ar aferidas pelos psicrômetros T_{p1} e T_{p2} comparados com as do termohigrômetros T_{th1} e T_{th2} obtiveram coeficiente de determinação (R^2) de 0,949 e 0,961 com erro padrão estimado em 0,586 e 0,522 respectivamente (Quadro 1 e Figura 2).

Quadro 1 - Equação da reta, coeficiente de determinação e erro padrão estimado das relações entre os psicrômetros de termopar (T_{p1}) e os termohigrômetro (T_{th1}).

Equação da reta	R^2	Erro Padrão Estimado
$T_{p1} = 2.3 + (0.912 * T_{th1})$	0,949	0,586
$T_{p2} = 0.826 + (0.988 * T_{th2})$	0,961	0,522
$UR_{p1} = 9.421 + (0.941 * UR_{th1})$	0,983	1,381
$UR_{p2} = -2.458 + (1.059 * UR_{th1})$	0,988	1,298

Legenda: (R^2) coeficiente de determinação.

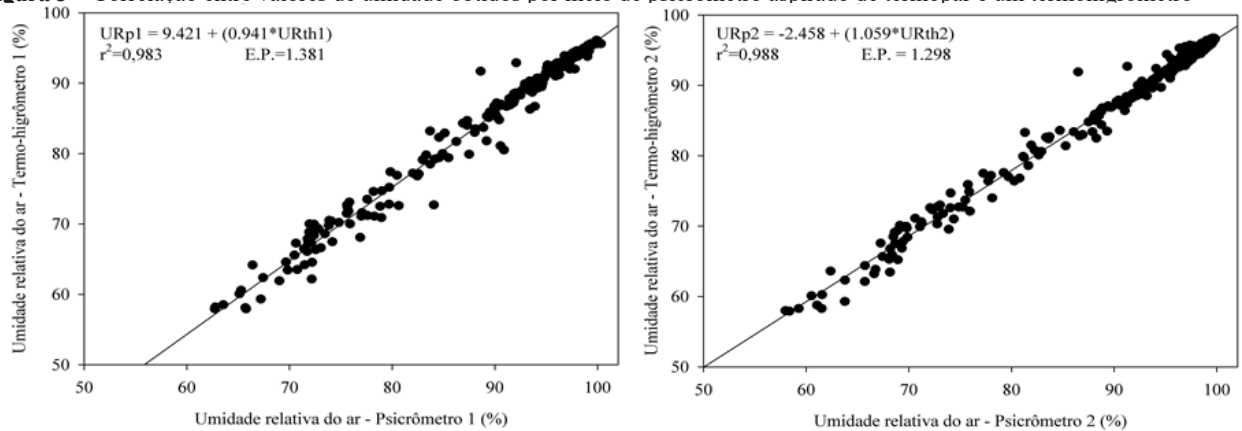
Fonte: Dados da pesquisa.

Figura 2 – Correlação entre valores de temperatura obtidos, por meio de psicrômetro aspirado de termopar e um termohigrômetro

Fonte: Os autores.

Os valores das umidades relativas do ar estimadas pelos psicrômetros URp1 e URp2 comparados com as dos termohigrômetros URh1 e URh2 obtiveram coeficiente

de determinação (R^2) de 0,983 e 0,988 com erro padrão estimado em 1,381 e 1,298 respectivamente (Quadro 1 e Figura 3).

Figura 3 – Correlação entre valores de umidade obtidos por meio de psicrômetro aspirado de termopar e um termohigrômetro

Fonte: Os autores.

Apesar dos dados de temperatura e umidade relativa do ar estarem fortemente correlacionados, o erro padrão nas estimativas das URp, foram maiores que as das Tp, isso se deve ao fato de acúmulo de erros, já que os valores de temperaturas são medidos e os valores de umidades relativas ar são estimadas.

O princípio de funcionamento dos termopares, efeito Seebeck, e os conceitos de psicrometria exigem conhecimento dos usuários para evitar erros nas medições de temperatura e umidade relativa do ar. Cunha e Volpe (2014) recomendam também que os dois termopares estejam em condições semelhantes, em bulbo seco, indicando a mesma temperatura.

A mecha que envolve o bulbo úmido deve ser em algodão e estando bem ajustada ao termopar para que se evitem erros de medidas, provocadas também por acúmulo de impurezas depositadas na mecha de ao longo do tempo, podendo ser trocado ou frequentemente realizar limpeza (ASHRAE STANDARD 41.1. 1974). Além disso, os bulbos secos e úmidos devem ser protegidos da radiação solar direta e chuva,

em abrigos de material termicamente isolados, garantido que irão aferir medidas de temperatura do ar.

4 Conclusão

Os psicrômetros fabricados com termopar (cobre-constantan) de ventilação forçada, estiveram fortemente correlacionados com os valores de temperatura e umidade relativa do ar, medidos pelo HMP 45 C, Vaisala, ambos instrumentos conectados ao datalogger CR 10X.

Referências

- ASHRAE STANDARD 41.1 – 1974. Standard measurement guide: section on temperature measurements, ASHRAE, Atlanta. Disponível em <<http://www.ashrae.org/publications/>>. Acesso em: 1 out. 2016.
- BELL, S.A. A guide to the measurement of humidity (NPL Guide 103). Teddington: National Physical Laboratory, 1996.
- BINDON, H.H. A critical review of tables and charts use in psychrometry. In: WEXLER, A. *Humidity and moisture*. New York: Reinhold, 1965. p.3-15.

- BIUDES, M.S. *et al.* Patterns of energy Exchange for tropical ecosystems across a climate gradient in Mato Grosso, Brazil. *Agricultural Forest Meteorol.*, v.202, p.112-124, 2015. doi: <https://doi.org/10.1016/j.agrfo.2014.12.008>.
- BOUERI, M.A.; LUNARDI, D.M.C. Avaliação de elementos agrometeorológicos no cultivo do cravo-de-defunto (*Tagetes sp.*) em ambiente protegido e a campo. *Rev. Energia Agricul.*, v.21, p.45-54, 2006.
- CUNHA, A.R.; ESCOBEDO, J.F.; GALVANI, E. Avaliação de um psicrômetro de termopar de baixo custo. *Rev. Bras. Agrometeorol.*, v.9, p.17-22, 2001.
- CUNHA, A.R. Programação, conexão e avaliação de psicrômetro aspirado de termopar de baixo custo em micrologger para estudos agrometeorológicos. *Rev. Bras. Meteorol.*, v.28, n.2, p.221-232, 2013. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-77862013000200011>.
- CUNHA, A.R.; VOLPE, C.A. Medidas automatizadas de psicrômetro de termopar aspirado versus não aspirado. *Rev. Bras. Meteorol.*, v.29, n.2, 2014. doi: <http://dx.doi.org/10.590/S0102-77862014000200010>.
- MARIN, F.R. *et al.* Construção e avaliação de psicrômetro aspirado de termopar. *Scie. Agrícola*, v.58, n.4, p.839-844, 2001. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90162001000400028>.
- SILVA, C.R. *et al.* Desempenho de diferentes bitolas de termopar em um psicrômetro aspirado de baixo custo. *Rev. Caatinga*, v.24, n.1, p.99103, 2011.
- WMO - World Meteorological Organization. *Guide to meteorological instruments and methods of observation*. 2008. Disponível em: <https://public.wmo.int/en>. Acesso em: 24 mar. 2017.