

VII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AGROPECUÁRIA SUSTENTÁVEL  
IV CONGRESSO INTERNACIONAL DE AGROPECUÁRIA SUSTENTÁVEL

10 a 12 de Setembro de 2015 – Universidade Federal de Viçosa- UFV

**Uso de termômetro digital com sensor externo para medição de temperatura do bulbo úmido**

Rosandro Boligon Minuzzi<sup>1</sup>; Anabela Pizzatto dos Passos<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Professor Departamento de Engenharia Rural, Universidade Federal de Santa Catarina.

<sup>2</sup> Graduanda em Agronomia, Universidade Federal de Santa Catarina.

**Resumo:** Este estudo teve como objetivo avaliar o uso de termômetro digital com sensor externo para registro de temperatura do bulbo úmido. O experimento foi realizado na Universidade Federal de Santa Catarina, em Florianópolis. Foram comparadas as leituras do termômetro de bulbo úmido (Tu) de um psicrômetro ordinário (sem ventilação artificial) com as obtidas de termômetros digitais com sensor externo (TuD). O sensor externo foi coberto com um pedaço de cadarço e mantido no recipiente com água juntamente com a gaze do termômetro de bulbo úmido. Foram feitas três repetições (três termômetros diferentes) com 19 leituras para cada uma, feitas as 11 e 18 TMG (Tempo Médio de Greenwich). As medidas de TuD tiveram um ótimo desempenho, com erro padrão de estimativa inferior a 0,2 °C. Assim, adaptando um termômetro com sensor externo de baixo custo pode-se obter temperaturas instantâneas, da mínima e da máxima do bulbo úmido.

**Palavras chave:** conforto térmico, instrumento meteorológico, umidade do ar

**Use of digital thermometer with external sensor for wet bulb temperature measurement**

**Abstract:** This study aimed to evaluate the use of digital thermometer with external sensor for wet bulb temperature record. The experiment was conducted at the Federal University of Santa Catarina in Florianópolis. The readings of the wet bulb thermometer (Tu) were compared of an ordinary psychrometer (without artificial ventilation) with those obtained digital thermometers with external sensor (TuD). The external sensor was covered with a piece of lace and maintained in the recipient with water together with gauze wet bulb thermometer. Three replicates were made (three different thermometers) with 19 readings for each, at 11 and 18 GMT (Greenwich Mean Time). The TuD measures had a great performance, with estimated standard error less than 0,2 °C. Therefore, adapting a thermometer with external sensor low cost can get instant temperatures, the minimum and maximum wet bulb.

**Key words:** thermal comfort, meteorological instrument, humidity

**Introdução**

A presença de vapor d'água na atmosfera é deveras importante em vários processos naturais. Nas atividades agrícolas, a ocorrência de pragas/doenças nos animais e vegetais, o momento correto da colheita, o correto armazenamento e conservação de produtos agrícolas, são alguns exemplos da importância na quantificação da umidade do ar.

O termômetro de mercúrio de bulbo seco (mede a temperatura real do ar) juntamente com o de bulbo úmido constitui o mais antigo instrumento meteorológico

para medição da umidade do ar (Fritschen e Gay, 1979). Além de possibilitar a medida da umidade relativa do ar, a temperatura do bulbo úmido também é muito difundida em Índices do Ambiente Térmico que expressam o conforto do animal e do ser humano em um dado ambiente.

O inconveniente da temperatura do bulbo úmido provinda de um termômetro de mercúrio é que ele fornece apenas a leitura instantânea, impossibilitando que se obtenham informações diárias como os extremos mínimo e máximo e a média. Com a disponibilidade no mercado de várias marcas/modelos de termômetros digitais, com sensor externo a baixo custo e que armazenam os registros mínimo e máximo de um determinado período, objetivou-se neste estudo averiguar a possibilidade do uso destes instrumentos para a obtenção da temperatura do bulbo úmido.

### Material e métodos

O experimento foi realizado na estação meteorológica do Centro de Ciências Agrárias, da Universidade Federal de Santa Catarina, localizada em Florianópolis (latitude: 27,57° S, longitude: 48,50° e altitude: 2 metros) no período de janeiro a março de 2015.

Foram comparadas as leituras do termômetro de bulbo úmido ( $T_u$ ) de um psicrômetro ordinário (sem ventilação artificial) com as obtidas de termômetros digitais com sensor externo (Figura 1a). O sensor externo foi coberto com um pedaço de cadarço e mantido no recipiente com água juntamente com a gaze do termômetro de bulbo úmido (Figura 1b) para que ambos mantivessem o bulbo/sensor sempre úmidos. Foram feitas três repetições (três termômetros digitais diferentes) com 19 leituras para cada uma, feitas as 11 e 18 TMG (Tempo Médio de Greenwich), por serem horários aproximadamente em que se registram os extremos de temperatura do ar, já que, uma das características dos termômetros digitais habitualmente encontrados no mercado é o armazenamento da temperatura mínima e máxima do ar.

Apesar dos termômetros digitais utilizados no estudo serem de marcas/modelos diferentes, as suas características são iguais, a saber: alcance de -50 °C a 70 °C, resolução de 0,1 °C e precisão de +/- 1 °C.

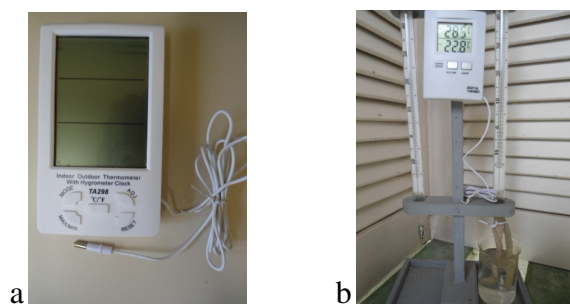


Figura 1- Ilustração de um dos termômetros digitais com sensor externo utilizados no estudo (a) e a montagem do experimento dentro do abrigo meteorológico padrão (b).

A avaliação dos registros da temperatura do bulbo úmido obtidos com os instrumentos digitais ( $T_{uD}$ ) foi realizada por meio do erro padrão da estimativa (EPE), dos coeficientes de correlação ( $r$ ) e de determinação ( $R^2$ ) da Regressão Linear, do Índice de Concordância ( $d$ ) e do Índice de Confiança ( $c$ ).

O Índice de Concordância ( $d$ ) (Willmott, 1981), descrito pela equação 2, varia de 0 a 1 e representa o quanto os valores de  $T_u$  se ajustam aos valores de  $T_{uD}$ , sendo que, valores próximos de um indicam uma concordância perfeita.

$$d = 1 - \left[ \frac{\sum_{i=1}^N (Y_i - X_i)^2}{\sum_{i=1}^N (|Y_i - \bar{X}| + |X_i - \bar{X}|)^2} \right] \quad (2)$$

em que,  $X_i$  = são os valores de Tu;  $\bar{X}$  = é a média dos valores de Tu;  $Y_i$  = são os valores obtidos de TuD; e  $N$  = é o número de dados de Tu.

Analogamente, para a análise da confiabilidade de TuD, considerou-se o Índice de Confiança (c), proposto por Camargo & Sentelhas (1997), conforme equação 3. O critério adotado para interpretar os valores de c, consta na Tabela 1.

$$c = r \cdot d \quad (3)$$

Tabela 1- Critério de interpretação do índice de confiança (Camargo & Sentelhas, 1997)

Índice de confiança (c)	Desempenho
>0,85	Ótimo
0,76 a 0,85	Muito Bom
0,66 a 0,75	Bom
0,61 a 0,65	Mediano
0,51 a 0,60	Sofrível
0,41 a 0,60	Mau
≤ 0,40	Péssimo

Já o erro padrão da estimativa (EPE), foi calculado utilizando-se a equação 4:

$$EPE = \left( \frac{\sum_{i=1}^N (Y_i - X_i)^2}{N - 1} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (4)$$

### Resultados e discussão

A avaliação dos dados de temperatura do bulbo úmido medidos pelo sensor externo de um termômetro digital é apresentada na Tabela 2. Os valores dos coeficientes de determinação ( $R^2$ ) mostram que a temperatura do bulbo úmido medida pelo psicrômetro (Tu) explica cerca de 99% da variação da temperatura do bulbo úmido medida pelo sensor externo de cada um dos termômetros digitais (TuD) utilizados e 97% envolvendo dados agrupados de todos os sensores.

Mesmo que na análise individual um dos sensores (TuD) os registros foram em média superiores aos obtidos por Tu e nos demais sensores ocorreu o contrário, os coeficientes de correlação (r) mostram a significativa sincronia entre as duas séries de dados. Isto é atestado quando os valores do Índice de Confiança (c) mostram o 'Ótimo' desempenho na relação entre as duas distintas medidas entre si, da temperatura do bulbo úmido.

Apesar de Tu ter sido utilizado como padrão, Varejão Silva (1979) chama atenção que em determinadas circunstâncias a ventilação normal no interior do abrigo pode ser tornar deficiente, acarretando certo grau de incerteza nas leituras efetuadas. Porém, se este foi o caso em algumas leituras durante o experimento, a condição influenciou igualmente os registros de TuD, haja vista, a avaliação destacada na Tabela

2. O erro padrão de estimativa (EPE) comprova esta afirmação, com valor inferior a 0,2 °C por sensor e de 0,35 °C no montante envolvendo todas as medidas. Stull (2011) apresentou uma equação para estimar a temperatura do bulbo úmido (erro médio absoluto de 0,3 °C) em função da umidade relativa do ar entre 5% e 99% e da temperatura do ar entre -20 °C e 50 °C.

Tabela 2- Avaliação dos dados de temperatura do bulbo úmido obtidos por cada um dos termômetros digitais e com todos os dados agrupados (TuD)

	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	Sensores
r	1,00	0,99	0,99	0,98
R <sup>2</sup>	1,00	0,99	0,99	0,97
EPE	0,12	0,17	0,16	0,35
d	1,00	0,95	0,98	0,99
c	1,00	0,94	0,97	0,97
Desempenho	Ótimo	Ótimo	Ótimo	Ótimo

r= coeficiente de correlação; R<sup>2</sup>= coeficiente de determinação; EPE= erro padrão de estimativa; d=Índice de Concordância; c=Índice de Confiança.

Termômetros digitais semelhantes aos utilizados no estudo com precisão inferior a +/- 1 °C podem fazer estimativas de temperatura do bulbo úmido ainda mais exata. A eficiência dos resultados comprova a opção de utilizar termômetros com sensor externo para medir de forma instantânea a temperatura do bulbo úmido, além dos seus extremos, com custo muito inferior a instrumentos disponíveis no mercado com as mesmas características de registro de dados. Em países com o clima diversificado como no Brasil, o uso da temperatura mínima e máxima do bulbo úmido para a obtenção de Índices de Ambiente Térmico são fundamentais, haja vista que, são nos horários de ocorrência dos extremos térmicos do dia que os efeitos de desconforto térmico nos animais e humanos são mais expressivos.

### Conclusão

Podem-se obter medidas instantâneas e registros da temperatura do bulbo úmido mínimo e máximo, adaptando sensor externo de termômetros digitais a baixo custo.

### Literatura citada

CAMARGO, A. P.; SENTELHAS, P. C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 5, p. 89-97, 1997.

FRITSCHEN, L.J.; GAY, L.W. **Environmental instruments**. New York: Springer-Verlag, 1979, 212p.

STULL, R. Wet-bulb temperature from relative humidity and air temperature. **Journal of Applied Meteorology and Climatology**, v.50, p.2267-2269. 2011

VAREJÃO SILVA, M.A. **Instrumentos meteorológicos convencionais para estações de superfície, 1º parte**. Campina Grande-PB: Editel, 1979.

WILLMOTT, C. J. On the validation of models. **Physical Geography**, Oxford, v.2, n.2, p.184-194, 1981.