

## ÍNDICE DE TEMPERATURA DE GLOBO NEGRO E UMIDADE E ÍNDICE DE BULBO ÚMIDO TERMÔMETRO DE GLOBO: UMA IMPLEMENTAÇÃO PARA DISPOSITIVOS MÓVEIS.

**Arilson J. Oliveira Júnior<sup>1</sup>, Silvia R. L. Souza<sup>2</sup>, Érico T. Teramoto<sup>3</sup>, Eneidy A. R. Cordeiro<sup>4</sup>,  
Bruna S. X. Barros<sup>5</sup>**

<sup>1</sup>Mestrando em Energia na Agricultura, Faculdade de Ciências Agrônomicas – UNESP, Botucatu-SP, arilsonjr@outlook.com.

<sup>2</sup>Profª Drª, Engenharia Rural, Faculdade de Ciências Agrônomicas – UNESP, Botucatu-SP.

<sup>3</sup>Doutor em Energia na Agricultura, Faculdade de Ciências Agrônomicas – UNESP, Botucatu-SP.

<sup>4</sup>Mestrando em Energia na Agricultura, Faculdade de Ciências Agrônomicas – UNESP, Botucatu-SP.

<sup>5</sup>Doutora em Energia na Agricultura, Faculdade de Ciências Agrônomicas – UNESP, Botucatu-SP.

### 1 INTRODUÇÃO

Índices são aplicados em análises de ambientes como uma técnica que possibilita a determinação do nível de conforto térmico. Entende-se por conforto térmico a condição de pleno conforto expressa por indivíduos com relação a ambientes (ASHRAE, 2010; NEMATCHOUA et al., 2013; DIN et al., 2014). Em projetos de instalações, condições de conforto térmico são de extrema importância devido sua relação entre a qualidade e eficiência produtiva dos indivíduos, tanto para humanos (CHEN et al., 2012; DIN et al., 2014; BATIZ et al., 2009; KUCHEN et al., 2005), como para animais (PASSINI et al., 2009; ALMEIDA et al., 2010; NAZARENO et al., 2012; HERMUCHE et al., 2013). Muitos trabalhos científicos de análise de conforto térmico de ambientes e de monitoramento da exposição de indivíduos em elevados níveis de temperatura, utilizam índices como o de temperatura de globo negro e umidade (BUFFINGTON et al., 1981) e o índice de bulbo úmido termômetro de globo (MTE, 2014) para determinar se os indivíduos estão confortáveis ou não.

Para o uso desses índices, não há atualmente um aplicativo específico para dispositivos móveis (*smartphones* e *tablets*) que realiza o cálculo das equações a partir da inserção de variáveis climatológicas pelos usuários. O desenvolvimento de algoritmos específicos para processamento desses índices, empregando conceitos de computação móvel, auxilia em avaliações de conforto térmico de ambientes de forma a contribuir na obtenção de resultados mais consistentes e ágeis.

Assim, este trabalho teve como objetivo desenvolver um aplicativo para dispositivos móveis (*smartphones* e *tablets*) para o cálculo do índice de temperatura de globo negro e umidade e índice de bulbo úmido termômetro de globo.

### 2 MATERIAL E MÉTODOS

Para o desenvolvimento do aplicativo foram empregadas técnicas de linguagem de programação orientada a objetos (POO) e como forma de validação dos algoritmos foram

inseridos dados climatológicos medidos na estação meteorológica do Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agrônomicas – UNESP, Botucatu-SP. As medições foram feitas por meio de um psicrômetro de mercúrio de leitura direta – *Incoterm* (temperatura de bulbo seco e de bulbo úmido natural), termo-higrômetro digital *Instrutherm HT- 600* (umidade relativa do ar) e globo negro de cobre com diâmetro de 15 cm.

Os algoritmos desenvolvidos basearam-se no índice de temperatura de globo negro e umidade (BUFFINGTON et al., 1981) e índice de bulbo úmido termômetro de globo (MTE, 2014). A implementação do aplicativo foi realizada no ambiente integrado de desenvolvimento *Android Studio AI-141.1989493* (ANDROID, 2015), por meio da linguagem de programação orientada a objetos *Java* (SIERRA; BATES, 2005; ORACLE, 2015).

O processamento dos cálculos, a partir da entrada das variáveis climatológicas, foi realizado por meio das equações de cada índice. Para a obtenção do índice de temperatura de globo negro e umidade foi utilizada a equação descrita em (1).

$$ITGU = T_g + 0,36T_{po} + 41,5 \quad (1)$$

Em que:

$T_g$  : Temperatura de globo negro (°C).

$T_{po}$  : Temperatura de ponto de orvalho (°C).

Obteve-se a temperatura de ponto de orvalho pela equação (2), em função da temperatura e umidade relativa do ar (LAWRENCE, 2005).

$$T_{po} = \frac{B_1 \left[ \ln \left( \frac{U_r}{100} \right) + \frac{A_1 \times T_a}{B_1 + T_a} \right]}{A_1 - \ln \left( \frac{U_r}{100} \right) - \frac{A_1 \times T_a}{B_1 + T_a}} \quad (2)$$

Sendo:

$U_r$  : Umidade relativa do ar (%).

$A_1$  : 17,625.

$B_1$  : 243,04.

O cálculo do índice de bulbo úmido termômetro de globo, baseou-se nas equações (3)

– Para ambiente interno ou externo sem carga solar e (4) – Para ambiente externo com carga solar.

$$IBUTG = 0,7T_{bn} + 0,3T_g \quad (3)$$

$$IBUTG = 0,7T_{bn} + 0,1T_{bs} + 0,2T_g \quad (4)$$

Em que:

$T_{bn}$  : Temperatura do bulbo úmido natural (°C).

$T_g$  : Temperatura de globo negro (°C).

$T_{bs}$  : Temperatura de bulbo seco (°C).

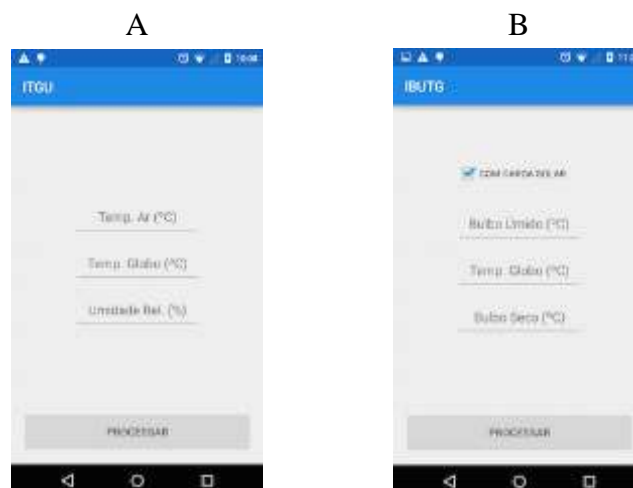
As variáveis climáticas submetidas aos algoritmos foram provenientes de uma amostra experimental de dados meteorológicos coletados durante o período de 23 a 27 de junho de 2014, divididos em três períodos de medição: 9h00, 12h00 e 16h00. O processo de validação foi realizado mediante a inserção dos dados amostrais no aplicativo desenvolvido e instalado em um *smartphone* com processador de 1.2 GHz Quad Core, memória RAM de 1 GB e sistema operacional *Android 5.0.2 Lollipop*.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

#### 3.1 Aplicativo para dispositivos móveis

A Figura 1 (A e B) exibe a tela de inserção dos dados climáticos de acordo com o índice selecionado do aplicativo desenvolvido.

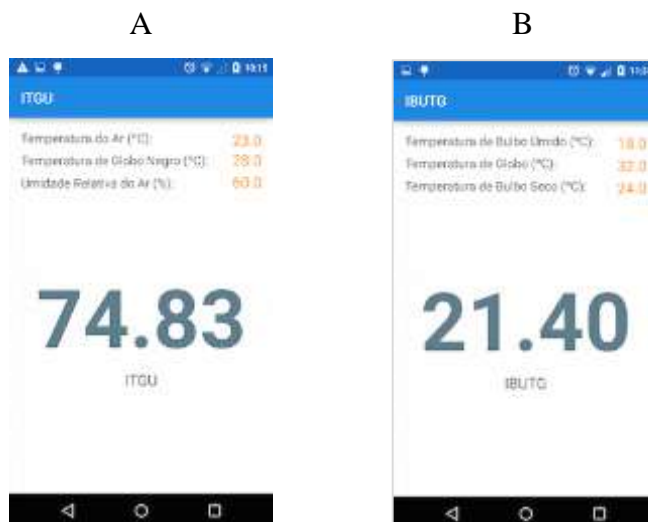
Figura 1. Tela de inserção de dados do aplicativo desenvolvido – Índice de temperatura de globo negro e umidade (A); Índice de bulbo úmido termômetro de globo (B)



As variáveis climáticas deverão ser inseridas nos campos especificados de cada índice, conforme descrito no interior do campo, como por exemplo, umidade relativa do ar – Umidade Rel. (%). Os botões processar realizam o cálculo do índice mediante completo e correto preenchimento dos valores de cada campo.

Após a inserção dos dados climáticos e processamento dos índices, conforme especificado na Figura 1, a condição térmica é exibida de acordo com a Figura 2 (A e B).

Figura 2. Tela de resultado dos cálculos – Índice de temperatura de globo negro e umidade (A); Índice de bulbo úmido termômetro de globo (B)



### 3.2 Validação dos algoritmos

Para a validação dos algoritmos foram inseridos dados meteorológicos segundo às variáveis de entrada de cada equação. Na Tabela 1 é representado os resultados do processamento dos índices pelo aplicativo desenvolvido.

Tabela 1. Cálculo do índice de temperatura de globo negro e umidade e índice de bulbo úmido termômetro de globo

COLETA	PERÍODO	$T_{bs}$	$T_{bu}$	$T_g$	UR	ITGU	IBUTG	IBUTG*
1	9h00	17	16	19	76	65,09	16,90	16,70
	12h00	23	17	28	60	74,83	20,30	19,80
	16h00	25	17	33	40	78,27	21,80	21,00
2	9h00	23	18	31	49	76,72	21,90	21,10
	12h00	24	18	32	46	77,70	22,20	21,40
	16h00	26	18	35	37	80,17	23,10	22,20
3	9h00	24	17	32	40	76,95	21,50	20,70

	12h00	25	18	33	46	79,03	22,50	21,70
	16h00	26	19	31	42	76,86	22,60	22,10
	9h00	23	17	29	49	74,72	20,60	20,00
4	12h00	25	18	32	41	77,40	22,20	21,50
	16h00	26	18	27	44	73,11	20,70	20,60
	9h00	23	17	30	47	75,49	20,90	20,20
5	12h00	26	18	32	40	77,59	22,20	21,60
	16h00	28	18	33	31	77,85	22,50	22,00

IBUTG\*: Ambiente externo com carga solar

Para o processamento do IBUTG para ambiente interno ou externo com carga solar, considerou-se as medidas de temperatura de bulbo seco.

Mediante a validação do aplicativo, por meio do processamento dos índices utilizando elementos climatológicos, foi possível testar a correta execução dos algoritmos. A validação demonstrou correto tratamento e cálculo dos índices de acordo com cada equação.

#### 4 CONCLUSÕES

O aplicativo para dispositivos móveis (*smartphone* e *tablet*) para o cálculo do índice de temperatura de globo negro e umidade e índice de bulbo úmido termômetro de globo, foi desenvolvido e validado conforme objetivo proposto.

#### 5 REFERÊNCIAS

ALMEIDA, G. L. P.; PANDORFI, H.; GUISELINI, C.; ALMEIDA, G. A. P.; Morrill, W. B. B. Investimento em climatização na pré-ordenha de vacas girolando e seus efeitos na produção de leite. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 14, n. 12, p.1337-1344, 2010.

ANDROID. Android Studio. Disponível em: <<http://developer.android.com/sdk/index.html>>. Acesso em: 27 jul. 2015.

ASHRAE. Standard 55-2010: thermal environmental conditions for human occupancy. Atlanta, 2010.

BATIZ, E. C.; GOEDERT, J.; MORSCH, J. J.; KASMIRSKI JUNIOR, P.; VENSKE, R. Avaliação do conforto térmico no aprendizado: estudo de caso sobre influência na atenção e memória. Produção, São Paulo, v. 19, n. 3, p. 477-588, dez. 2009.

BUFFINGTON, D. E.; COLLAZO-AROCHO, A.; CANTON, G. H.; PITT, D. Black globe-humidity index (BGHI) as a comfort equation for dairy cows. Transactions of the ASAE, St. Joseph, v. 24, p. 711- 714, 1981.

CHEN, A.; VICTOR, W.; CHANG, C. Human health and thermal comfort of office workers in Singapore. Building and Environment, Singapore, v. 58, p. 172- 178, jul. 2012.

DIN, M. F. M.; LEE, Y. Y.; PONRAJ, M.; OSSEN, D. R.; IWAO, K.; Chelliapan, S. Thermal comfort of various



Botucatu

Brasil

4ª Jornada Científica e Tecnológica da FATEC de

7 a 9 de Outubro de 2015, Botucatu – São Paulo,



building layouts with a proposed discomfort index range for tropical climate. *Journal of Thermal Biology*, Oxford, v. 41, p. 6-15, fev. 2014.

HERMUCHE, P.; GUIMARÃES, R. F.; CARVALHO JR, O. A.; GOMES, R. A. T.; PAIVA, S. R.; MCMANUS, C. M. Environmental factors that affect sheep production in Brazil. *Applied Geography*, Oxford, v. 44, p. 172-181, 2013.

KUCHEN, E.; FISCH, M. N.; GONZALO, G. E.; NOZICA, G. N. Predição do índice de conforto térmico em edifícios de escritório na Alemanha. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 11, n. 3, p. 39-53, set. 2005.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. NR 15: ATIVIDADES E OPERAÇÕES INSALUBRES. Brasília: Ministério do Trabalho e Emprego, 2014. 82 p.

NAZARENO, A. C.; SILVA, I. J. O.; NUNES, M. L. A.; Castro, A. C.; MIRANDA, K. O. S.; TRABACHINI A. Caracterização bioclimática de sistemas ao ar livre e confinado para a criação de matrizes suínas gestantes. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 16, n. 3, p. 314-319, 2012.

NEMATCHOUA, M. K.; TCHINDA, R.; OROSA, J. A. Thermal comfort and energy consumption in modern versus traditional buildings in Cameroon: a questionnaire-based statistical study. *Applied Energy*, London, v. 114, p. 687-699, 12 nov. 2013.

ORACLE. Java. Disponível em: <<http://www.oracle.com/technetwork/java/index.html/>>. Acesso em: 10 ago. 2015.

PASSINI, R.; FERREIRA, F. A.; BORGATTI, L. M. O.; TERÊNCIO, P. H.; SOUZA, R. T. Y. B.; RODRIGUES, P. H. M. Estresse térmico sobre a seleção da dieta por bovinos. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, Maringá, v. 31, n. 3, p. 303-309, 2009.

SIERRA, K.; BATES, B. *Head First Java*. 2. ed.: O'reilly Media, 2005. 720 p.

## AGRADECIMENTOS

À CAPES pelo apoio financeiro e ao Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agrônômicas – UNESP, Botucatu-SP, pela área de pesquisa disponibilizada.