

---

## **NOTA TÉCNICA:**

### **ESTUDO DE MATERIAIS ALTERNATIVOS EMPREGADOS NA CONFECÇÃO DO TERMÔMETRO DE GLOBO NEGRO UTILIZADO PARA CÁLCULO DE ITGU E CTR**

Rhaldine Bernardo Coelho<sup>1</sup>, Marcos Oliveira de Paula<sup>2</sup>, Maximiliano Arredondo Ramirez<sup>3</sup>, Simone Paiva Caetano<sup>4</sup>, Danilo Fortunato Dias Vieira<sup>5</sup>

#### **RESUMO**

Devido ao alto custo de aquisição do globo de cobre e tendo em vista sua utilização, em grande escala, em experimentos na área de construções rurais para medir o nível de conforto ambiental, a presente investigação teve como objetivo fazer uma análise comparativa entre os valores de temperatura de globo negro encontrado com base no globo negro de cobre, e os valores encontrados com a utilização de globo de materiais alternativos. A escolha dos materiais foi feita com base no formato, durabilidade, disponibilidade e facilidade de manuseio. Todos os tratamentos foram expostos ao ambiente externo em área plana e sem cobertura vegetal, distribuídos de forma aleatória. Os dados foram coletados às 9 h, 11 h, 13 h, 15 h e 17 h, durante 15 dias. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, tendo 08 tratamentos, sendo o tratamento 01 testemunho (globo de cobre), com 5 repetições. Nas condições em que o trabalho foi conduzido, pode-se concluir que todos os materiais alternativos poderiam ser utilizados em substituição ao globo de cobre, no entanto é recomendável fazer uma correção antes da utilização dos dados de temperatura do globo negro alternativo no cálculo do ITGU e CTR, de acordo com o material utilizado. Os globos confeccionados com garrafa PET e de luminária foram os que apresentam temperatura mais próxima à do globo de cobre.

**Palavra-chave:** ambiência, índice térmico, material alternativo

#### **ABSTRACT**

#### **STUDY OF ALTERNATIVE MATERIALS EMPLOYED IN THE MANUFACTURE OF BLACK GLOBE THERMOMETER USED FOR CALCULATE BGHI AND RLT**

Due to the high cost of copper and the globe with a view to use in large-scale experiments in the area of rural buildings to measure the comfort level of a given environment, this research aims to make a comparative analysis between the values temperature found based on the globe black copper, and the values found with the use of alternative materials globe. The choice of material was based on size, durability, availability, and ease of handling. All treatments were exposed to the external environment in flat area without vegetation cover, randomly distributed. The data were collected at 9 h, 11 h, 13 h, 15 h, and 17 h for 15 days. The experimental design was completely randomized design with 08 treatments and 01 control treatment (copper globe) with 5 repetitions. In conditions in which the work was conducted, it can be concluded that all alternative materials could be used in place of copper globe, however it is recommended to make a correction before using the data, black globe temperature in calculating the alternative BGHI and RTL according to the material used. The globes made of pet bottle and fixture were those with temperatures closer to the globe of copper.

**Keyword:** ambience, thermal index, alternative material

---

**Recebido para publicação em 10/07/2013. Aprovado em 12/09/2013.**

1 - Agrônomo, estudante da UFES – Campus Alegre, e-mail: modep@bol.com.br

2 - Engenheiro Civil, Professor Adjunto II da UFES – Campus Alegre, Depto de Engenharia Rural, e-mail: modep@bol.com.br

3 - Graduando em Engenharia Agrícola da Universidade Nacional da Colômbia, e-mail: marredondor@unal.edu.co

4 - Graduando em Agronomia da UFES – Campus Alegre, e-mail: paiva01@hotmail.com

5 - Graduando em Agronomia da UFES – Campus Alegre, e-mail: daniloturano@hotmail.com

## INTRODUÇÃO

De acordo com Moraes *et al.* (2011) e Silva (2000), o estudo bioclimatológico de uma instalação é de extrema importância para atender a interação animal-ambiente-instalação, visando propiciar o bem-estar dos animais e manter a produtividade em níveis elevados. Segundo Silva e Viera (2010), o bem-estar animal, é influenciado pela adaptação ao ambiente onde se encontra inserido o animal.

Os efeitos combinados da energia radiante, temperatura e velocidade do ar, são os fatores que mais afetam o bem-estar animal, pois comprometem funções vitais como a manutenção de sua homeotermia, gerando condições de desconforto térmico, diminuindo o desempenho produtivo (CAMERINI *et al.*, 2011; GOMES *et al.*, 2011 e TINÔCO, 2001).

Para caracterizar o ambiente térmico, vários autores têm proposto a utilização de índices térmicos ambientais, e os mais comumente utilizados são a própria temperatura absoluta do ar ou de bulbo seco (TBS), a temperatura de globo negro (TGN), o índice de temperatura e umidade (ITU), o índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) e a carga térmica de radiação (CTR) (MORAES *et al.*, 2011).

As pesquisas atuais de monitoramento das condições de conforto térmico na avicultura têm utilizado vários instrumentos micrometeorológicos alternativos, para a aferição de variáveis como a temperatura de bulbo negro e a umidade relativa do ar (CAMERINI *et al.*, 2011).

Para a aferição da variável temperatura do bulbo negro, utiliza-se o globo negro que é um instrumento amplamente utilizado para representar em uma única variável os efeitos combinados da energia radiante, temperatura e velocidade do ar, a partir do qual se pode concluir sobre o nível de conforto de um determinado ambiente (SOUZA, 2002; SILVA; VIERA, 2010; CAMERINI *et al.*, 2011; MORAES *et al.*, 2011).

O globo negro consiste em uma esfera oca de cobre, com aproximadamente 0,15 m de diâmetro e 0,0005 m de espessura, pintada externamente com duas camadas de tinta preta fosca para maximizar a absorção de radiação solar. Em seu

interior foi instalado um termômetro, para a leitura da temperatura (CAMPOS, 1986; SOUZA *et al.*, 2002). O material mais utilizado como globo negro é o cobre, no entanto, este possui um custo elevado, o que dificulta a aquisição e o desenvolvimento de pesquisas voltadas para o monitoramento das condições de conforto térmico.

Diante do exposto, e tendo em vista a utilização em grande escala do termômetro de globo negro para medir o nível de conforto de um dado ambiente, a presente investigação teve como objetivo fazer uma análise comparativa entre os valores de temperatura encontrados no globo negro de cobre, e os valores encontrados com a utilização de globo de materiais alternativos de fácil aquisição, propondo assim, caso necessário, um fator de correção entre esses diferentes materiais.

## MATERIAL E MÉTODOS

A presente investigação foi conduzida no Departamento de Engenharia Rural na Universidade Federal do Espírito Santo, situada no município de Alegre, na região Sul do Estado, localizado na latitude de 20°45'50" sul, longitude de 41°31'58" oeste e altitude de 277 m. Segundo a classificação internacional de Köppen, o clima da região é do tipo "Cwa", ou seja, tropical quente úmido, com inverno frio e seco, temperatura média de 23,1 °C e precipitação total média de 1341 mm.

O trabalho foi realizado durante o verão de 2013 e foi dividido em três etapas, sendo: escolha dos materiais alternativos utilizados para confecção do globo, confecção do globo e a coleta dos dados. A escolha do material foi feita com base no formato, durabilidade, disponibilidade e facilidade de manuseio. Foram coletados os seguintes materiais alternativos: latas de refrigerante com capacidade de 350 mL, latas de leite em pó com capacidade de 400 g, garrafas plástica de refrigerante transparente com capacidade de 2 L (estas garrafas foram cortadas ao meio aproveitando apenas o fundo e unindo a parte cortada uma na outra formando globo-termômetros de garrafa plástica), caixas de leite longa vida com capacidade de 1 L, bolas plásticas de pingue-pongue, bolas plásticas de árvore de natal com diâmetro de 6,5 cm e luminárias em globo esférico de plástico branco.

Todos esses materiais foram coletados em perfeitas condições, após a coleta os mesmos foram lavados, secos, vedados com fita adesiva isolante preta e pintados de tinta preta fosca, conforme Figura 1.

Nos globos de materiais alternativos foram inseridos termômetros de vidro de mercúrio, aferidos e etiquetados a fim de classificar os tratamentos, conforme apresentado no Quadro 1.

Para a aferição, os termômetros, foram dispostos em uma mesa, em um ambiente sem interferências climáticas. A aferição foi feita com base em um

termômetro de vidro padrão de maior exatidão. Os termômetros foram colocados exatamente no centro dos globos (Figura 2), de forma que o bulbo seco do termômetro ficasse posicionado no centro do material, conforme usualmente utilizado no globo de cobre.

Todos os tratamentos foram expostos ao ambiente externo em área plana e sem cobertura vegetal (Figura 3), distribuídos de forma aleatória, livre de sombra e de qualquer outro fator que pudesse comprometer e interferir na coleta de dados.



**Figura 1.** Globos negros confeccionados com materiais alternativos.

**Quadro 1.** Descrição dos tratamentos estudados

Tratamento	Descrição	Material	Dimensões (Altura x diâmetro (mm))
Testemunha	Globo de Cobre	Cobre	150 x 150
T1	Globo de Garrafa de PET	Politereftalato de etileno	170 x 103
T2	Globo de Caixa de Leite	Papelão aluminizado e plastificado	175 x 93 x 62
T3	Globo de Lata de refrigerante	Alumínio	124 x 65
T4	Globo de Bolinha de Ping-pong	Polimetil-metacrilato	40 x 40
T5	Globo de Bolinha de natal	Material não divulgado pelo fabricante	75 x 75
T6	Globo de Lata de leite em pó	Aço	120 x 110
T7	Globo de Luminaria	Polipropileno	150 x 150



**Figura 2.** Posicionamento do termômetro no interior do globo negro.



**Figura 3.** Montagem do experimento, posicionamento dos globos negros constituídos por materiais alternativos.

Os dados das temperaturas dos globos negros alternativos e de cobre expostos ao ambiente foram coletados às 9 h, 11 h, 13 h, 15 h e 17 h, durante 15 dias.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, tendo 08 tratamentos, conforme indicado no Quadro 1, com 5 repetições para cada material.

Após a coleta dos dados, os mesmos foram tabelados, devido ao tamanho amostral e por não apresentarem distribuição normal, foi utilizada para a análise estatística e análises de variância o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis. Com o objetivo de se estudar a relação entre o material testemunha e os demais materiais, foi realizada a análise de regressão.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

No Quadro 2, observa-se a análise de variância entre a temperatura do globo de cobre (Testemunha) e os globos confeccionados com os materiais alternativos T1, T2, T3, T4, T5, T6 e T7).

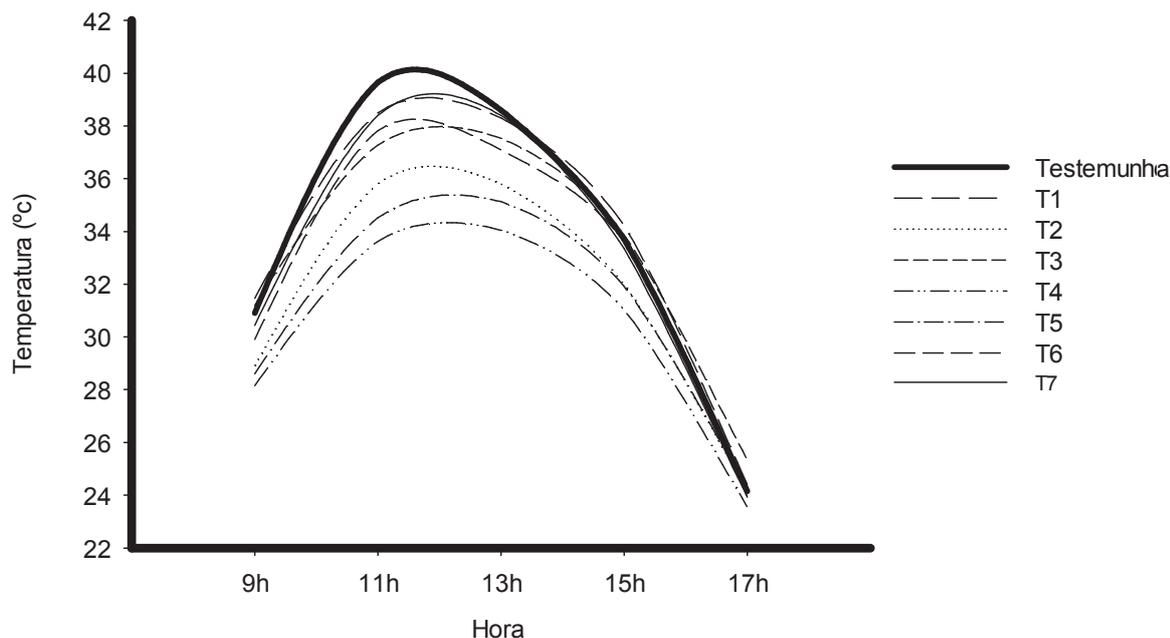
Como observado no Quadro 2, não foram encontradas diferenças significativas entre os tratamentos, uma vez que a diferença entre a mediana do tratamento testemunha e a mediana dos demais tratamentos é inferior ao valor H.

Na Figura 5, pode ser observado o comportamento térmico dos tratamentos (Testemunha, T1, T2, T3, T4, T5, T6 E T7) ao longo do dia.

**Quadro 2.** Análise de variância para o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis

Tratamento	N	Mediana
Testemunha	5	33,700
T1	5	34,233
T2	5	32,000
T3	5	33,883
T4	5	31,033
T5	5	31,925
T6	5	33,617
T7	5	33,350

H=3,085 com 7 graus de liberdade (P=0,877)



**Figura 4.** Comportamento térmico da temperatura do globo negro dos tratamentos estudados (Testemunha – globo de cobre, T1 - globo de garrafa PET, T2 - globo de caixa de leite, T3 - globo de lata de refrigerante, T4 - globo de bolinha de ping-pong, T5 - globo de bolinha de natal, T6 - globo de lata de leite em pó e T7 - globo de luminária).

Na Figura 4 ilustra-se o comportamento da temperatura dos globos negros, o que evidencia a semelhança do comportamento em relação ao tratamento testemunha. Nota-se ainda que os tratamentos T1 (Globo de Garrafa de Pet) e T7 (Globo de Lustre) são os que mais aproximam dos valores de temperatura em relação à testemunha.

Com base no que está apresentado na Figura 4, verifica-se que todos os tratamentos estudados apresentaram comportamentos semelhantes ao da testemunha, sendo assim, os mesmos podem ser usados para a determinação de temperatura do globo negro, em substituição ao globo de cobre usualmente utilizado e que apresenta um valor alto para aquisição, desde que seja realizado as devidas correções. As correções deverão ser realizadas com o objetivo de se fazer uma equiparação entre o globo negro de cobre (testemunha) e os demais materiais alternativos estudados.

Navarini *et al.* (2011), em experimento similar, verificaram que os valores de temperatura de globo negro tomados para globos de polietileno

de diferentes diâmetros, não diferiram daqueles observados em globo de cobre. Resultados semelhantes foram obtidos por Souza *et al.* (2000) que trabalharam com diferentes materiais para confecção de globos negros e concluíram que os globos de plástico representaram melhores opções em substituição ao de cobre.

Moraes *et al.* (2011) realizaram experimento cujo objetivo foi avaliar a influência bioclimatológica dos termômetros construídos com luminárias plásticas e bola de pingue-pongue em comparação ao globo negro padrão no outono e na primavera. Observaram que os termômetros de globo negro confeccionados com bola de pingue-pongue e plástico podem ser utilizados em campo, em substituição ao termômetro de globo negro padrão, com resultados confiáveis e alternativa de baixo custo.

Na Figura 5, observam-se as retas que foram construídas com base nas equações de regressão para a temperatura de globo negro de cobre (testemunha) em relação às temperaturas de globo negro com os materiais alternativos (T1, T2, T3, T4, T5, T6 e T7).

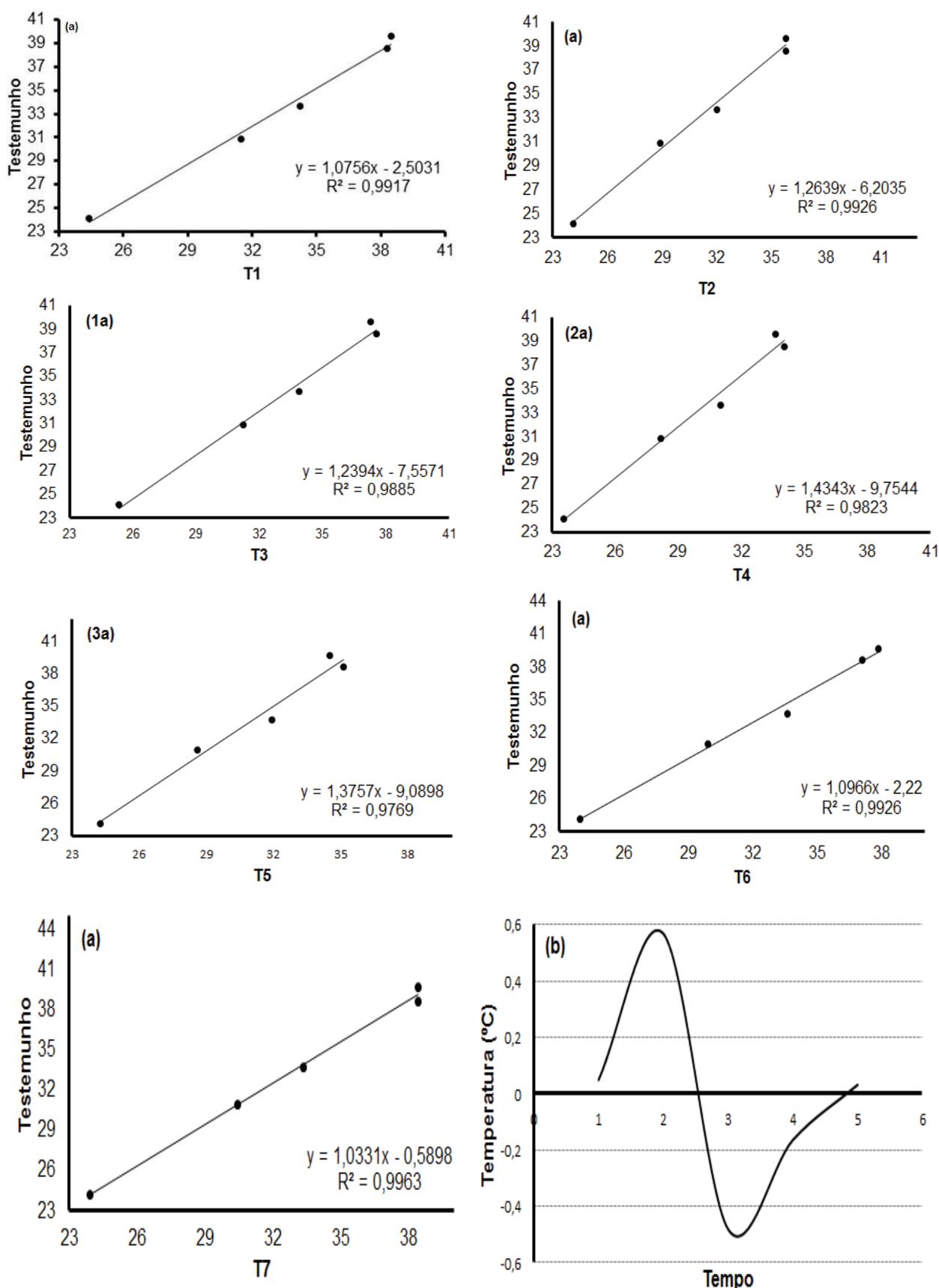
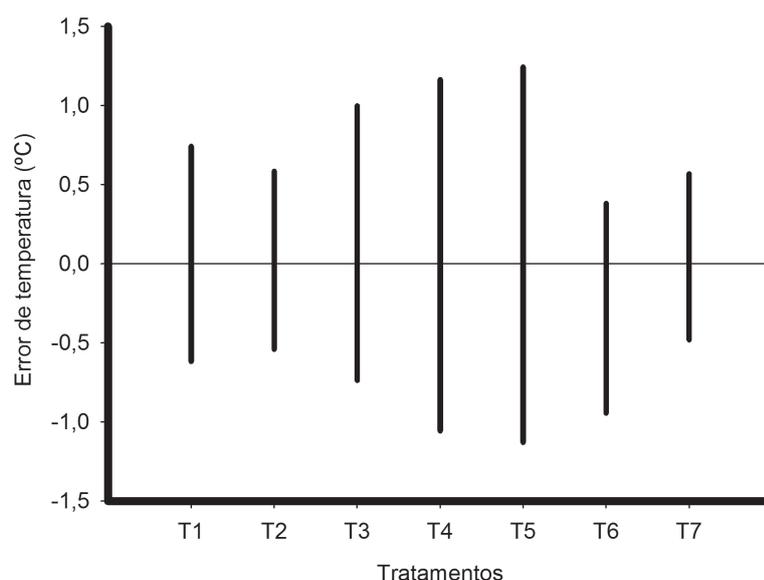


Figura 5. Relação da temperatura entre o globo negro de cobre e o globo com os materiais alternativos.



**Figura 6.** Correções necessários quando se compara os tratamentos alternativos com o globo padrão.

Como apresentado na Figura 5, pode-se observar que todos os tratamentos apresentam coeficientes de determinação elevados, o que possibilita a utilização dos materiais alternativos com boa precisão, quando comparados com o tratamento testemunha. As equações de regressão acima propostas permitem fazer um ajuste da temperatura do globo negro alternativo em função do globo negro de cobre. Esse ajuste também poderá ser realizado de acordo com o modelo proposto na Figura 6.

Por meio da Figura 6 observa-se que os tratamentos T1, T2, T3, T4, T5, T6 e T7, apresentam um erro de  $\pm 0,7$  °C,  $\pm 0,6$  °C,  $\pm 1,0$  °C,  $\pm 1,2$  °C,  $\pm 1,3$  °C,  $\pm 0,8$  °C e  $\pm 0,5$  °C, respectivamente. Observa-se que dentre os tratamentos estudados, o T2 e T7 foram os que apresentaram menor erro.

## CONCLUSÃO

- Todos os materiais alternativos poderiam ser utilizados em substituição ao globo de cobre, no entanto é recomendável fazer uma correção de acordo com o material utilizado.
- Os globos confeccionados com garrafa de PET e de Luminária foram os que apresentam valores de temperatura de globo negro mais próximo à temperatura do globo negro de cobre.

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Espírito Santo e à Universidade Federal de Viçosa, à FAPES pelo auxílio financeiro e ao CNPq pela bolsa de estudos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAMERINI, N.L.; MENDES L.B.; MOTA, J.K.M.; NASCIMENTO, J.W.B.; FURTADO, D.A. Avaliação de instrumentos agrometeorológicos alternativos para o monitoramento da ambiência em galpões avícolas. *Engenharia na agricultura*, Viçosa - MG, v.19 n.2, p.125-131. MARÇO / ABRIL 2011.

CAMPOS, A.T. **Determinação dos índices de conforto térmico e da carga térmica de radiação em quatro tipos de galpões, em condições de verão para Viçosa** - M.G. 1986. 66f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

GOMES, R.C.C.; JUNIOR, T.Y; LIMA, R.R.; YANAGI, S.N.M. ; CARVALHO, V.F.; DAMASCENO, F.A. Predição do índice de temperatura do globo negro e umidade e do impacto

das variações climáticas em galpões avícolas climatizados. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.41, n.9, p.1645-1651, set, 2011.

MORAES, S.R.P.; OLIVEIRAA.L.R.; SIMÃO, P.S.; RODRIGUES, J.S. Eficiência bioclimatológica dos termômetros construídos com luminária plástica e bola de pingue-pongue, em comparação ao globo negro padrão - outono e primavera. **Enciclopédia biosfera**, centro científico conhecer - Goiânia, v.7, n.12. 2011.

NAVARINI, F.C.; KLOSOWSKI, E.S.; TORRES, A.C.; ROCKENBACH, E.K.; EYNG, C.; LIMA, M. Avaliação de Diferentes Diâmetros e Materiais para Confeção de Globos Negros para estimativa de índice de conforto térmico em condições de pasto. In: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ZOOTECNISTAS, 2007, Brasília. **Anais eletrônicos...**, Brasília: ABZ, 2007. Disponível

em:< [http://www.abz.org.br/publicacoes-tecnicas/anais-zootec/artigos\\_cientificos/bioclimatologia-ambiencia](http://www.abz.org.br/publicacoes-tecnicas/anais-zootec/artigos_cientificos/bioclimatologia-ambiencia)>. Acesso em: 10 jun. 2013.

SILVA, I.J.O.; VIEIRA, F.M.C. Ambiência animal e as perdas produtivas no manejo pré-abate: o caso da avicultura de corte brasileira. **Arquivos de Zootecnia**, v.59, p.113-131, 2010.

SOUZA, C.F., TINÔCO, I.F.F., BAÊTA, F.C., FERREIRA, W.P.M., SILVA, R.S. Avaliação de materiais alternativos para confecção do termômetro de globo. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.26, n.1, p.157-164, jan./fev., 2002

Tinôco, I.F.F. Avicultura industrial: Novos conceitos de materiais, concepções e técnicas construtivas disponíveis para galpões avícolas brasileiros. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v.3, n.1, p.1-26, 2001.