

UTILIZAÇÃO DE CANECA DE ALUMÍNIO COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA TEMPERATURA DE GLOBO DE VERNON

USE OF ALUMINUM MUG AS ALTERNATIVE MATERIAL FOR VERNON GLOBE TEMPERATURE

K. BRENNECKE^{1*}, L. A. M. PEREIRA¹, C. P. ZEFERINO¹; V. E. SOARES¹,
C. M. B. ORLANDI¹, P. H. DIAN¹, I. SANTOS JUNIOR², J. H. ZAMPIERI²,
M. C. F. HOLANDA³

RESUMO

Diversos estudos relacionados à viabilidade e eficiência do uso de materiais alternativos ao globo de Vernon têm sido realizados, principalmente em decorrência ao preço elevado do cobre, componente do instrumento padrão. O objetivo foi avaliar a eficiência da utilização de caneca de alumínio como material alternativo para substituição do globo de Vernon. Para a confecção do protótipo empregou-se uma caneca de alumínio, utilizada em pistola de pintura, com capacidade de 50 ml. A caneca foi pintada com tinta preto-fosca, em duas camadas e um termômetro de mercúrio foi inserido ao centro. Para realização dos testes foram utilizados quatro equipamentos (dois globos de Vernon e dois globos negros alternativos). Foram efetuados testes prévios de comportamento temporal. Estabelecido o tempo, as temperaturas dos globos foram coletadas durante sete dias consecutivos, em três períodos, de 15 minutos cada. Os registros de temperatura foram realizados a cada cinco minutos, num total de 84 por equipamento. Os dados foram submetidos a análise de correlação de Pearson. Os resultados indicaram correlação positiva com o r^2 de 0,9927, estabelecendo uma forte correlação entre os resultados de temperatura média do globo negro alternativo e globo de Vernon. Conclui-se que o globo negro alternativo do tipo caneca de alumínio mostrou-se eficiente para aferição da temperatura de globo negro em estudos de ambiência em substituição ao Globo de Vernon.

PALAVRAS-CHAVE: Ambiência. Bem-estar animal. Globo negro de temperatura. Histerese. Inércia térmica.

SUMMARY

Several studies related to the feasibility and efficiency of using alternative materials to Vernon's globe have been carried out, mainly due to the high price of copper, a component of the standard instrument. The objective was to evaluate the efficiency of using an aluminum mug as an alternative material for replacing Vernon's globe. To make the prototype, an aluminum mug was used, used in a paint gun, with a capacity of 50 ml. The mug was painted with matte black paint, in two layers and a mercury thermometer was inserted in the center. Four pieces of equipment were used to carry out the tests (two Vernon globes and two alternative black globes). Previous temporal behavior tests were carried out. Once the time was established, the globes' temperatures were collected for seven consecutive days, in three periods of 15 minutes each. Temperature records were taken every five minutes, a total of 84 per equipment. Data were subjected to Pearson's correlation analysis. The results indicated a positive correlation with the r^2 of 0.9927, establishing a strong correlation between the mean temperature results of the alternative black globe and Vernon's globe. It is concluded that the alternative black globe of the aluminum mug type proved to be efficient for measuring the temperature of the black globe in ambience studies, replacing the Vernon Globe.

KEY-WORDS: Ambience. Animal welfare. Black globe temperature. Hysteresis. Thermal inertia.

¹ Docentes do Programa de Mestrado Profissional em Produção Animal – Universidade Brasil, avenida Hilário da Silva Passos, s/n, Jardim Universitário, campus de Descalvado – SP. * Autor correspondente: email: katherybrennecke@universidadebrasil.edu.br

² Discente do Programa de Mestrado Profissional em Produção Animal – Universidade Brasil, avenida Hilário da Silva Passos, s/n, Jardim Universitário, campus de Descalvado – SP.

³ Discente do Curso de Medicina Veterinária – Universidade Brasil, avenida Hilário da Silva Passos, s/n, Jardim Universitário, campus de Descalvado – SP.

INTRODUÇÃO

No ambiente em que estão inseridos os animais existem várias formas de energia atuantes, como por exemplos, energia mecânica, térmica, elétrica, química e radiante. Todas elas estão relacionadas com os fatores bioclimáticos e, por isto, influenciam na ambiência do local.

A energia térmica de um objeto está relacionada ao grau de agitação das moléculas e, conseqüentemente, à sua temperatura. O sol é considerado o maior emissor de radiação não ionizante, do tipo ultravioleta (ARAÚJO SOBRINHO & SOUZA, 2006), sendo assim, estudos das condições ambientais nas regiões tropicais são fundamentais para a garantia do bem-estar de animais de produção, principalmente mantidos à pasto.

Segundo BRIDI (2007), o ambiente pode ser considerado como a soma de todos os eventos biológicos e físicos circundantes e neste contexto, a ambiência correlaciona as características do ambiente em que o animal está inserido com as características fisiológicas que atuam na termorregulação do animal.

Para determinar o conforto térmico dos animais, foram elaborados estudos utilizando índices ou equações, sendo o Índice de Temperatura e Umidade (ITU) e o Índice de Temperatura de Globo e Umidade (ITGU) os mais empregados.

O ITU associa as variáveis temperatura de bulbo seco e temperatura de bulbo úmido e o ITGU foi desenvolvido por BUFFINGTON et al. (1981) como um índice ambiental para a caracterização do conforto térmico de vacas leiteiras expostas a ambientes com radiação solar direta e indireta e, por isto, o ITGU considera as variáveis citadas (temperaturas de bulbo) e a radiação.

A radiação é um componente do ambiente muito significativo, o qual exerce influência na recepção e transferência de calor para o animal. Neste sentido, o globo de Vernon, ou globo negro padrão, ou globotermômetro, vem para quantificar os componentes da energia radiante do ambiente em que o animal está inserido.

O globo de Vernon (SILVA, 2000) é composto por uma esfera metálica de cobre, oca, com diâmetro interno de 6" (15 cm) e espessura aproximada de 0,5 mm (SOUZA et al., 2002), com um termômetro no centro da esfera para aferir sua temperatura interna. O globo de Vernon é pintado na parte externa com duas camadas de tinta preto fosca, de modo a permitir máxima absorção solar (CAMPOS, 1986) ou, em outras palavras, máxima absorvância na faixa do infravermelho (SAMPAIO et al., 2016).

O poder de absorção, ou absorvância, é a fração de energia radiante incidente na superfície que é absorvida (OLIVEIRA, 2022), portanto, é definido como sendo o quociente da taxa de radiação solar absorvida por uma superfície pela taxa de radiação solar incidente sobre esta mesma superfície, ou seja, é a razão entre a energia radiante absorvida e a energia radiante, e segundo Çengel (2009) um corpo negro é um perfeito absorvedor ($\alpha = 1$) e um perfeito emissor ($\epsilon = 1$).

Para os estudos de conforto térmico, os termômetros de globo tornaram-se, de fato, a ferramenta para a medição da temperatura radiante média. Tais

instrumentos fornecem um meio rápido de pesquisa do ambiente radiante em um espaço, com quase um século de testes realizados por pesquisadores. No entanto, à medida que maior complexidade é introduzida nos ambientes construídos, torna-se necessário reavaliar a precisão das medições desses termômetros (TEITELBAUM et al., 2020).

Portanto, apesar de prático, o globo de Vernon tem sofrido modificações em sua forma, tamanho e material de confecção, decorrentes principalmente do preço elevado do cobre utilizado no instrumento padrão (AZEVEDO & ALVES, 2009).

Inúmeros estudos afirmam ser viável a substituição do globo de Vernon por outros tipos de materiais, a exemplo de COELHO et al. (2013) onde destacam vários tipos de materiais alternativos que podem ser usados para a determinação da temperatura de globo negro, em substituição ao globo de cobre usual, de alto valor para aquisição. Entretanto, deve-se realizar as devidas correções com o objetivo de se fazer uma equiparação entre o globo negro de cobre e os demais materiais estudados.

De acordo com XING & LI (2021), a temperatura radiante é um fator chave que afeta o comportamento térmico dos termômetros de globo em ambientes internos controlados por sistemas radiantes. No entanto, a superestimação da diferença de temperatura radiante leva a uma avaliação imprecisa do comportamento térmico.

Neste contexto, Çenzel (2009) comentou que a Lei de Kirchhoff da radiação caracteriza que a emissividade (ϵ) e a absorvância (α) de uma superfície a uma certa temperatura e comprimento de onda são iguais, quando os corpos estão em equilíbrio, ou seja, as propriedades desse corpo não teriam relação com o formato, muito menos com a constituição.

Diante disto, o objetivo foi avaliar a eficiência da utilização de caneca de alumínio como material alternativo ao cobre para aferição de temperatura de Globo Negro, em estudos de ambiência.

MATERIAL E MÉTODOS

O globo negro alternativo foi desenvolvido e testado no Laboratório de Zootecnia de Precisão do Mestrado em Produção Animal, da Universidade Brasil, campus Descalvado, e testado em fazenda experimental, que se situa na latitude 21° 54'14" sul e longitude 47° 37'12" oeste, e clima Cwa segundo Koeppen no mês de fevereiro, estação quente e chuvosa.

Para o termômetro alternativo empregou-se uma caneca em alumínio, utilizada em pistola de pintura, com capacidade de 175ml, com 0,06m de diâmetro e formato cilíndrico, da marca Arprex. A caneca foi pintada com tinta preto-fosca e em duas camadas para a obtenção da absorvância de 0,97, conforme preconizado pela NBR 15220-2 (ABNT, 2005). Um termômetro de mercúrio, com precisão de 0,1, foi inserido ao centro.

O termômetro de Vernon é uma esfera de cobre de diâmetro de 0,15 m e espessura de 0,5 mm, com sensor de temperatura (termômetro de mercúrio) no centro.

Os testes foram realizados utilizando quatro equipamentos, no total, sendo dois globos de Vernon (Figura 1A) e dois globos negros alternativos (Figura 1B).



Figura 1 - A- Globo de Vernon, instrumento padrão disponível no mercado; B- Globo negro alternativo, caneca de alumínio utilizada em pistola de pintura, pintada de preto fosco.

Teste prévio de comportamento temporal dos globos

Tendo em vista o possível efeito de resistividade ou histerese, em função das propriedades distintas dos metais componentes dos globos (alumínio *vs.* cobre), realizou-se o teste prévio de comportamento temporal durante o aquecimento e o resfriamento dos globos, para se estabelecer um tempo mínimo necessário de exposição ambiental, com o propósito de padronizar o tempo de aquecimento entre os equipamentos (globo de Vernon e globo alternativo).

Para isto, durante três dias consecutivos, às 11h30min, os globos foram posicionados lado a lado no galpão, expostos a luminosidade direta e natural e foi registrado o tempo necessário para cada globo atingir a temperatura limite de aquecimento de 35°C, com leituras a cada minuto. Esta temperatura foi estabelecida em função do galpão ser aberto (sem isolamento térmico e, portanto, com grande variação térmica durante o dia, atingindo temperaturas altas ao meio do dia).

Em seguida, os globos foram colocados individualmente em caixas de isopor, à sombra e registrado

o tempo de resfriamento, ou seja, o tempo necessário para cada globo retornar à sua temperatura inicial.

O resultado do teste prévio de comportamento temporal durante o aquecimento e o resfriamento foi então inserido no tempo esperado para início da leitura de cada globo negro (adaptado de SAMPAIO et al., 2016). Após estabelecido este tempo necessário para aquecimento dos globos, foi possível a realização do teste das temperaturas dos globos.

Teste de eficiência do globo alternativo

O teste de eficiência do globo alternativo foi na fazenda experimento em um galpão de bovinos com 54 metros de comprimento, 12 metros de larguras. Em seu interior constavam 18 baias de 4x3m de cada lado. Os globos, de Vernon e Alternativos, foram dispostos a 1,20 cm do chão e posicionados um ao lado do outro, em dois pontos equidistantes ao longo do galpão, no corredor central, conforme Figura 2.

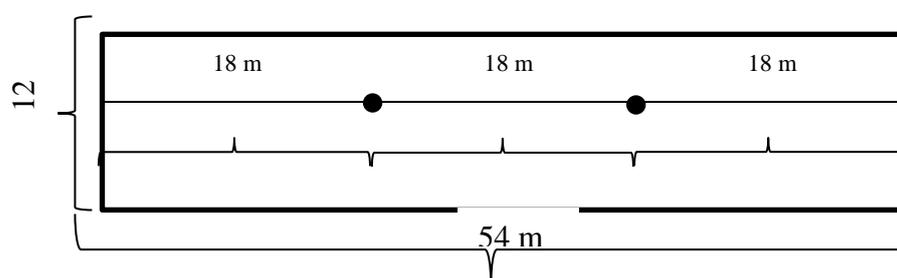


Figura 2 - Croqui do galpão de bovinos e a disposição dos Globos de Vernon e Alternativos.

As temperaturas dos globos foram coletadas durante sete dias consecutivos, em três períodos, de 15 minutos cada (das 7h30min às 7h45min, das 11h00min às 11h15min e das 17h30min às 17h45min). Os registros foram realizados por observação e inserido em uma planilha, a cada cinco minutos, num total de 84 registros para cada equipamento.

Para análise estatística, os dados diários de temperatura foram agrupados em médias para cada tipo de

globo (de Vernon e Alternativo) e, posteriormente, os períodos foram transformados e analisados por hora. Após a verificação das prerrogativas de normalidade e homogeneidade de variâncias, as correlações relevantes foram investigadas, submetidos a análise de correlação de Pearson utilizando para isso o pacote estatístico do software Statistica versão 12 (StatSoft, 2014).

RESULTADO E DISCUSSÃO

A escolha do material de base em alumínio para a confecção do globo alternativo se deu após a verificação das condutividades térmicas dos materiais. De acordo com HOLMAN (1983), os metais de maior condutividade térmica são, em ordem decrescente: a prata, o cobre, o ouro e o alumínio.

A prata, em função de sua maior condutividade térmica (429 W/m °C) e resistividade ($1,6 \times 10^{-8} \Omega/m$) se constitui no metal adequado para confecção do globo de Vernon, no entanto, o valor agregado comercial é alto, o que inviabiliza seu uso. O cobre é o segundo melhor condutor térmico (401 W/m °C, em temperatura ambiente), além de semelhante resistividade ($1,7 \times 10^{-8} \Omega/m$) com a prata, sendo por isto, empregado na confecção do globo de Vernon. O ouro possui boa condutividade térmica (317 W/m °C) e resistividade ($2,4 \times 10^{-8} \Omega/m$), no entanto, o seu valor agregado torna-o inacessível. O alumínio, apesar de ocupar a quarta posição dentre os metais, possui propriedades satisfatórias de condutividade térmica (237 W/m °C) e resistividade ($2,8 \times 10^{-8} \Omega/m$) e, principalmente, preço mais acessível se comparado aos demais, o que o torna interessante para testes de eficiência como material alternativo ao globo de Vernon (HOLMAN, 1983).

No presente estudo, de acordo com os resultados do teste de comportamento temporal durante o aquecimento e o resfriamento, o globo negro alternativo apresentou, em relação ao globo de Vernon, maior tempo médio para aquecimento (20 vs. 15 minutos, respectivamente) e resfriamento (21 vs. 12 minutos, respectivamente). Esses valores foram considerados para as leituras de temperatura.

O globo de Vernon e o globo alternativo (caneca) possui dimensões diferentes, sendo o globo de Vernon maior, o que poderia induzir ao raciocínio de que demoraria maior tempo na análise de comportamento temporal. No entanto, com base no conceito teórico, o calor específico é a capacidade térmica de um material obter o calor necessário para que 1g da substância sofra variação de temperatura de 1°C e, também, indica o comportamento do material quando exposto a uma fonte de calor. Desta forma, o calor específico não informa apenas a quantidade de calor que deve ser absorvido pela substância antes que sua temperatura varie, mas informa também a habilidade da substância liberar calor para esfriar um objeto, sendo assim, quanto menor o calor específico, maior a habilidade da substância liberar calor para que ela se esfrie.

No presente experimento, a diferença no tempo médio de aquecimento e resfriamento do globo negro alternativo em relação ao globo de Vernon pode ser justificada pela condição física dos metais, onde a massa de cada átomo de cobre por ser maior que a do alumínio, possui menos átomos. Assim, quando o calor é adicionado ao cobre, menos átomos entrarão em movimento para aumentar a energia cinética e, conseqüentemente, aumentar a temperatura em um grau Celsius. O calor específico do cobre (0,094 cal/g°C) é menor que o do alumínio (0,22 cal/g°C) (ARAÚJO, 2010), o que significa que o cobre aquece mais rápido que o alumínio, possuindo, portanto, o menor tempo médio de aquecimento dentro da análise temporal do presente experimento.

As médias obtidas em ambos os equipamentos estão demonstradas na Tabela 1 e a linearidade dos dados no Gráfico 1, a qual representa o teste de correlação de Pearson ao qual os dados foram submetidos

Tabela 1 - Médias das temperaturas encontradas no experimento em função do globo negro alternativo em relação ao globo de Vernon*

Horários dentro dos períodos	Temperaturas médias (°C)			
	Globo negro alternativo**		Globo de Vernon	
7h30min	24,0	± 1,2	24,9	± 1,3
7h35min	24,2	± 1,3	24,3	± 1,3
7h40min	24,4	± 1,3	24,7	± 1,2
7h45min	24,4	± 1,2	24,7	± 1,2
11h00min	27,1	± 1,3	27,3	± 1,3
11h05min	27,3	± 1,1	27,6	± 1,2
11h10min	27,6	± 1,3	27,9	± 1,3
11h15min	27,7	± 1,3	28,1	± 1,3
17h30min	27,1	± 1,9	27,5	± 2,1
17h35min	27,2	± 1,9	27,5	± 1,8
17h40min	27,3	± 1,7	27,6	± 1,6
17h45min	27,2	± 1,6	27,5	± 1,5

*De acordo com o teste de comportamento temporal durante o aquecimento e o resfriamento, foi estabelecido o tempo mínimo de 20 minutos, para padronização dos globos, antes do início da coleta dos dados de temperatura para cada período.

**O globo negro alternativo foi confeccionado com caneca de alumínio, utilizada em pistola de pintura.

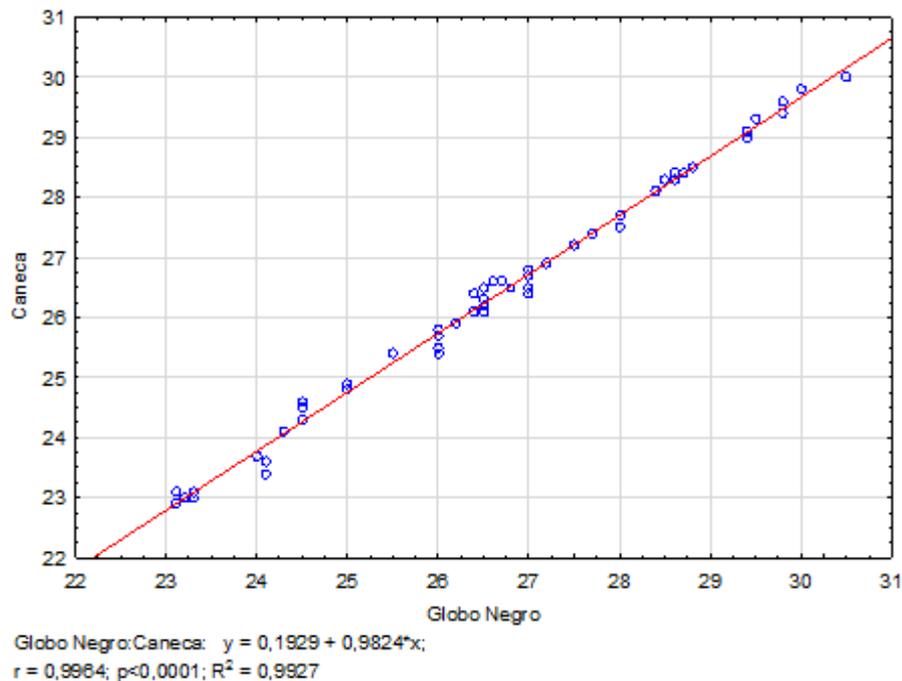


Gráfico 1 - Resultado do teste de correlação de Pearson em função dos valores encontrados para o globo negro alternativo e o globo de Vernon.

Pode-se observar que houve correlação positiva, com coeficiente de correlação de correlação de 0,9964 e coeficiente de determinação de 0,9927 demonstrando uma correlação forte entre os materiais testados.

Inúmeros estudos mostram como sendo viável a substituição do globo de Vernon por materiais alternativos, no sentido de obter mesma eficiência na coleta de dados, com o benefício do menor custo.

Barcelos (2022) trabalhando com estimativa e métodos alternativos de baixo custo para medições em ambientes externos e internos para temperatura de globo negro, concluiu que é viável a utilização de mini-garrafas PET e/ou pote de vidro pintados de preto fosco, para medir com um ótimo desempenho a temperatura de globo negro.

XING & LI (2021) estudaram a transferência de calor de termômetros de globo em ambientes internos controlados por sistemas de radiação. Dentro da sala, as diferenças máximas na temperatura radiante dos diferentes tipos de termômetro (de globo cilíndrico de 150 mm, de globo esférico de 150 mm e de globo esférico de 50 mm) foram: 3,4°C; 3,4°C e 3,3°C, respectivamente. Em relação ao comportamento térmico de termômetros de globo com diferentes diâmetros e materiais (cobre, alumínio, ferro e acrílico), as temperaturas dos termômetros de globo metálico foram uniformes, enquanto que os desvios da temperatura do ar dos termômetros de globo de acrílico de 50 mm e 150 mm foram 0,6°C e 0,4°C, respectivamente. Assim, a assimetria da radiação de ambientes internos de resfriamento radiante comum tem um leve efeito sobre o comportamento térmico dos termômetros de globo de acrílico.

Coelho et al. (2013) estudando materiais alternativos empregados na confecção do termômetro de

globo negro, concluíram que os globos confeccionados com garrafa PET e a base de Luminária foram os que apresentaram valores de temperatura de globo negro mais próximo à temperatura do globo de Vernon.

Beceгато et al. (2007) ao estudarem dois tipos de materiais alternativos: esfera oca de latão (11 cm de diâmetro e 0,5 mm de espessura) e esfera oca de plástico (11,5 cm de diâmetro e 0,5 mm de espessura) em substituição ao globo de Vernon (cobre, oco, com 16,0 cm de diâmetro e 0,5 mm de espessura), concluíram que, nas condições em que foi realizado o experimento, ambos os materiais alternativos apresentaram opções satisfatórias para a substituição do globo de Vernon.

Souza et al. (2002) trabalharam com os seguintes materiais alternativos: plástico tipo cloreto de polivinila, oco (15 cm de diâmetro e 5 mm de espessura); bola de pingue pongue (3,6 cm de diâmetro); alumínio, oco (13 cm de diâmetro e 5 mm de espessura) e latão (9 cm de diâmetro e 5 mm de espessura) em substituição ao globo de Vernon (cobre, oco, com 13,5 cm de diâmetro e 5 mm de espessura). Os autores observaram que o plástico tipo cloreto de polivinila, independentemente do tamanho das esferas, representou opção satisfatória para a substituição ao globo de Vernon e a bola de pingue pongue apresentou bom coeficiente de correlação, sendo possível também a substituição do globo por este material. A esfera de alumínio também foi satisfatória, porém com custo mais elevado.

Pereira et al. (1967) encontraram resultados satisfatórios quando substituíram o globo de Vernon por uma bola de pingue-pongue.

CONCLUSÃO

A globo negro alternativo, de caneca de alumínio, mostrou-se eficiente para aferição da temperatura de globo negro em estudos de ambiência, substituindo o Globo de Vernon, no entanto há de se considerar o comportamento temporal médio de aquecimento do material alternativo.

REFERÊNCIAS

- ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15220-2: Desempenho térmico de edificações – Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. Rio de Janeiro, 2005.
- ARAÚJO, J. C. M. A contextualização da transferência de Calor por condução e radiação. In: Repositório Universidade Federal do Rio de Janeiro. 43 p. 2010. Disponível em <https://pantheon.ufrj.br/bitstream/11422/4072/3/JCMARaujo.pdf>. Acesso em 02 mar. 2023.
- ARAÚJO SOBRINHO, A.; SOUZA, G. M. P. Física térmica teórica e experimental. Natal: Editora do CEFET-RN, 152 p. 2006. Disponível em <https://memoria.ifrn.edu.br/bitstream/handle/1044/1038/Fisica%20Termica%20Teorica%20e%20Experimental%20-%20Ebook.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em 02 mar. 2023.
- AZEVÊDO, D. M. M. R.; ALVES, A. A. Bioclimatologia Aplicada à Produção de Bovinos Leiteiros nos Trópicos. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2009. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/78361/1/documento-188.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2023.
- BARCELOS, R. T. temperatura do globo negro: estimativa e métodos alternativos de baixo custo para medições em ambientes externo e interno. 2022. Monografia. Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias, Zootecnia, Florianópolis, 2022, 33 p.
- BECEGATO, V. A.; SAMPAIO, C. A. DE P.; SCHNEIDERS, O.; LOURENÇO, K. S. Avaliação de termômetros de globo negro alternativos. In: XV Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, Aracajú, julho, 5 p., 2007. Disponível em: <http://www.sbagro.org/files/biblioteca/2128.pdf>. Acesso em: 09 mar. 2023.
- BRIDI, A.M. Instalações e Ambiência em Produção Animal. In: Arquivos de Bioclimatologia. Universidade Estadual de Lavras. 16p. 2007. Disponível em http://www.uel.br/pessoal/ambridi/Bioclimatologia_arquivos/InstalacaoAmbienciaemProducaoAnimal.pdf. Acesso em 01 mar. 2023
- BUFFINGTON, D.E.; COLLAZO-ARROCHO, A.; CANTON, G.H.; PITT, D.; THATCHER, W.W.; COLLIER, R.J. Black globe humidity index as a comfort equation for dairy cows. American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, v.24, n.3, p.711-714, 1981.
- 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 – MG. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. 1986.
- ÇENGEL, Y. A. Transferência de calor e massa: uma abordagem prática. 3. ed. Tradução de Luiz Felipe Mendes de Moura. São Paulo: McGraw-Hill, 2009, 795 p.
- COELHO, R. B.; PAULA, M. O.; RAMIREZ, M. A.; CAETANO, S. P.; VIEIRA, D. F. D. Study of alternative materials employed in the manufacture of black globe thermometer used for calculate BGHI and RLT. Engenharia na Agricultura, Viçosa, v.21, n.6, p.597-604, 2013.
- HOLMAN, J. P. Transferência de calor, McGraw-Hill. S. Paulo, SP (1983), 1983, 639p.
- OLIVEIRA, R. A. de MELO. Globo negro: uma proposta de sequência de ensino para processos de propagação de calor e radiação térmica. Dissertação (mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Escola de Ciências e Tecnologia. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Natal, RN. 2022, 105 p.
- PEREIRA, N.; BOND, T.E.; MORRISON, S.R. “Pingpong” ball into blackglobe thermometer. Agricultural Engineering, St. Joseph, v.10, n.48, p.341342, 1967.
- SAMPAIO, C. A. P.; TEREZO, R. F.; ANDRADE, L. B.; BORGES, L. K. Inércia térmica e histerese de globos-termômetros. In: XLV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2016. Florianópolis - SC, Brasil, 2016. Disponível em: <https://conbea.org.br/anais/publicacoes/conbea-2016/publicacoes-2016/cra-construcoes-rurais-e-ambiencia-3/1865-inercia-termica-e-histerese-de-globo-termometros/file>. Acesso em: 10 mar. 2023.
- SILVA, R. G. Introdução à bioclimatologia animal. São Paulo: Nobel, 2000. 286p.
- SOUZA, C.F.; TINOCO, I. F. F.; BAËTA, F. C.; FERREIRA, W. P. M.; SILVA, R. S. S. Avaliação de materiais alternativos para confecção do termômetro de globo. Revista Ciência e Agrotecnologia., Lavras, v.26, n.1, p.157-164, 2002.
- TEITELBAUM, E.; CHEN, K. W.; MEGGERS, F.; GUO, H.; HOUSCHOIS, N.; PANTELIC, J.; RYSANEK, A. Globe thermometer free convection error potentials. Nature. Scientific Reports, v.10, n. 2652, 2020.
- STATSOFT, INC. (2014). STATISTICA (data analysis software system), version 12. Disponível em: www.statsoft.com. Acesso em: 20 fev. 2023.
- XING, D.; LI, N. Three-dimensional heat transfer of globe thermometers in indoor environments controlled by radiant systems. Building and Environment, v.188, n.107505, 2021.