



DESEMPENHO TÉRMICO DE BEZERREIROS COBERTOS COM TELHA DE FIBROCIMENTO E FORRO ECOLÓGICO DE SUBPRODUTOS AGROINDÚSTRIAS ASSOCIADO A MATERIAIS ISOLANTES

G. Barbirato^{1*}; J. Fiorelli¹; G. Lino¹; J. C. M. Cravo¹; M. S. Bertolini²
F. A. R. Lahr²

¹ USP – Univ de São Paulo, Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Campus de Pirassununga, SP, Brasil

² USP – Univ de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, Campus de São Carlos, SP, Brasil

Article history: Received 20 August 2015; Received in revised form 15 September 2015; Accepted 23 September 2015; Available online 30 September 2015.

RESUMO

Este trabalho descreve um estudo sobre o potencial de utilização de um forro ecológico constituído de subprodutos da agroindústria (partículas de madeira de maravalha de *Pinus* sp. e bagaço de cana-de-açúcar - *Saccharum officinarum* L.) associado a placas de poliestireno expandido (isopor[®]) e de poliuretano à base de óleo de mamona (PU-mamona), quando aplicados em bezerreiros cobertos com telha de fibrocimento. Nesse estudo foi aferida a temperatura interna, umidade relativa e o índice de temperatura e umidade (ITU), no período do verão, durante 21 dias. Os resultados obtidos indicaram que o ITU e temperatura ambiente interna das instalações com forro ecológico associado a placas de isopor[®] e PU-mamona foram inferiores àquelas aferidas em bezerreiros sem forro. As imagens captadas por câmera termográfica indicam que os materiais empregados como forro amorteceram a transferência de calor e radiação para o interior dos bezerreiros, ocasionando menores temperaturas internas nesses ambientes.

Palavras-chave: Conforto térmico, painel de partícula, resíduos agrícolas

THERMAL PERFORMANCE OF HOUSING FOR CALVES COVERED WITH ASBESTOS-FREE FIBER-CEMENT CORRUGATED SHEETS AND AGRO-PRODUCTS ECOLOGICAL LINING ASSOCIATED WITH INSULATING MATERIALS

ABSTRACT

This paper describes a study on the potential use of an ecological lining the base particles of the wood processing and agribusiness cane sugar (shavings of *Pinus* sp. And pomace *Saccharum officinarum* L.) associated with polystyrene plates expanded (Styrofoam[®]) and PU-castor, when applied in housing for calves covered with cement tile. For the study, the internal temperature was measured, relative humidity and the temperature and humidity index (ITU) in the summer period, for a period of 21 days. The results indicated that the ITU and internal ambient temperature of the premises with ecological lining associated with Styrofoam[®] boards and castor oil polyurethane (PU-castor) were lower than those measured in housing for calves unlined were. The images captured by thermographic camera indicate that there was a reduction in the temperature of the inner surface of individual

* guilhermebarbirato@terra.com.br

house for calves with lining. The thermographic images captured by camera indicate that the materials used as cushioned liner heat transfer and radiation to the interior of the hutch housing, resulting in lower internal temperatures in these environments.

Keywords: Thermal comfort, particleboard, agricultural waste

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, a cadeia leiteira no Brasil tem apresentado aumento significativo na produção de leite, rendendo ao país a quinta posição no cenário mundial em 2013 (MAPA, 2014). Para os próximos anos, o cenário é favorável, pois o estudo efetuado pelo MAPA (2014) aponta que essa atividade agropecuária terá uma taxa anual de crescimento entre 2,6 e 3,4% durante o período de 2013/14 a 2023/24.

No entanto, embora as projeções sejam favoráveis, a pecuária leiteira ainda defronta com desafios que impendem um aumento expressivo na produtividade. Dentre esses desafios, o estresse térmico é um dos fatores que influenciam significativamente o desempenho produtivo e reprodutivo das vacas leiteiras (VASCONCELOS & DEMETRIO, 2012).

Além de afetar o desempenho produtivo das vacas, o estresse térmico também interfere negativamente no desenvolvimento do bezerro. CUNHA et al. (2007) avaliaram o desempenho de bezerros alojados em abrigos móveis, sob sombrite e expostos à céu aberto, durante o período de seca, e constataram que em condições sombreadas os animais apresentaram temperatura retal inferior àqueles expostos ao sol. De acordo com DUKES (1996) variações entre 38,0 a 39,3°C na temperatura retal de bezerros são consideradas fisiologicamente normais.

Dessa forma, uma das alternativas para amenizar o estresse térmico em bezerros é a inserção de bezerreiros no sistema produtivo. Segundo PROTOLAB (2012) o forro exerce a função de uma segunda barreira contra os raios solares incidentes, auxiliando assim para a redução do calor dentro da instalação.

Nesse âmbito, FIORELLI et al. (2012) testaram a eficiência térmica de

diferentes coberturas sobre abrigos individuais para bezerros expostos ao sol e a sombra e identificaram melhores índices de conforto térmico para bezerreiros expostos à sombra, pois segundo os autores o sombreamento natural proporciona um microclima confortável.

BARNABÉ et al. (2013) investigaram a temperatura superficial de materiais utilizados para cobertura (palha de palmeira, telha de polímero reciclado e fibrocimento) individual de bezerreiros. Os autores diagnosticaram desempenho térmico inferior para a cobertura de fibrocimento, revelando a importância do material empregado nesse tipo de construção rural.

Além dos diferentes tipos de cobertura, o forro é outra técnica que pode ser aplicada nessas instalações, pois segundo TINÓCO (2001) a camada de ar formada entre a cobertura e o forro forma uma segunda barreira física, que reduz a transferência de calor para o interior da construção.

Para aplicação como forro, pesquisas tem direcionado a busca por materiais que apresentem menor impacto ambiental, com características de reutilização e biodegradáveis, colocando assim a espuma poliuretano à base de óleo de mamona (PU-mamona) como alternativa para substituição de produtos de origem do petróleo, como por exemplo, o poliestireno expandido (isopor®).

Ante o exposto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho térmico de bezerreiros cobertos com telha de fibrocimento e forro ecológico à base de subprodutos da agroindústria associado a placas de isopor® e PU-mamona como material alternativo para uso em coberturas de bezerreiros.

MATERIAL E MÉTODOS

Para a produção do forro ecológico foram utilizados resíduos da agroindústria, tais como: bagaço de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L) e partículas de maravalha (*Pinus* sp). Primeiramente, esses resíduos foram picados em um moinho de faca e selecionadas partículas com granulometria de até 8mm. Na sequência, essas partículas foram remetidas para uma estufa com temperatura de 60°C a fim de que as partículas atingissem umidade de 8%. Posteriormente, as partículas foram misturadas na proporção de 60:40 de maravalha e bagaço de cana, respectivamente. Em seguida foi adicionada a resina poliuretana bicomponente à base de óleo de mamona em uma proporção com base no peso seco das partículas (15%).

Após a inserção da resina, o material foi transladado para um misturador planetário durante o período de 3 minutos para garantir distribuição homogênea da resina sobre as partículas. Em seguida, o material foi alocado em um colchão formador (55 x 55 x 1,5 cm) do forro e inserido em uma prensa termo-hidráulica, durante o período de 10 minutos, a 100°C e 50 kg/m² de pressão. Assim, foram fabricados painéis para forro com densidade média de 500 kg/m³ e nomeado como forro ecológico.

O forro ecológico foi associado a placas comerciais de isopor[®] e espuma poliuretana à base de óleo de mamona (PU-mamona) produzida em laboratório, e em seguida instalados em bezerreiros individuais (Figura 1), localizados no campo experimental da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de

Alimentos/USP. Essas instalações eram dotadas de cobertura de fibrocimento e as paredes pintadas com tinta branca. No interior de cada bezerreiro foram inseridos dataloggers (HOBO) a uma altura de 60 cm do solo com intuito de aferir dados de temperatura ambiente, temperatura de ponto de orvalho e umidade relativa. Essas variáveis térmicas foram registradas às 08h00min, 10h00min, 12h00min, 14h00min, 16h00min e 18h00min, no intervalo de 21 dias durante o período de verão de 2014, considerado época crítica na região, devido às elevadas temperaturas máximas, alta amplitude térmica e pouca chuva. Assim, com os dados de temperatura ambiente e umidade relativa foi determinado o Índice de Temperatura e Umidade (ITU), adotando a equação de THOM (1958):

$$ITU = Tbs + 0,36 To + 41,5 \text{ eq. (1)}$$

Onde:

Tbs = Temperatura de Bulbo Seco (°C);

To = Temperatura do Ponto de Orvalho (°C).

Com o auxílio do termovisor Texto modelo 870-1 foram captadas imagens termográficas às 14h00min, das superfícies internas das instalações com o propósito de identificar correlação entre essas temperaturas e o índice de conforto térmico. A leitura com câmera termográfica foi realizada a uma distância de aproximadamente 40 cm da superfície inferior interna da cobertura, abrangendo uma área de 0,5 m².

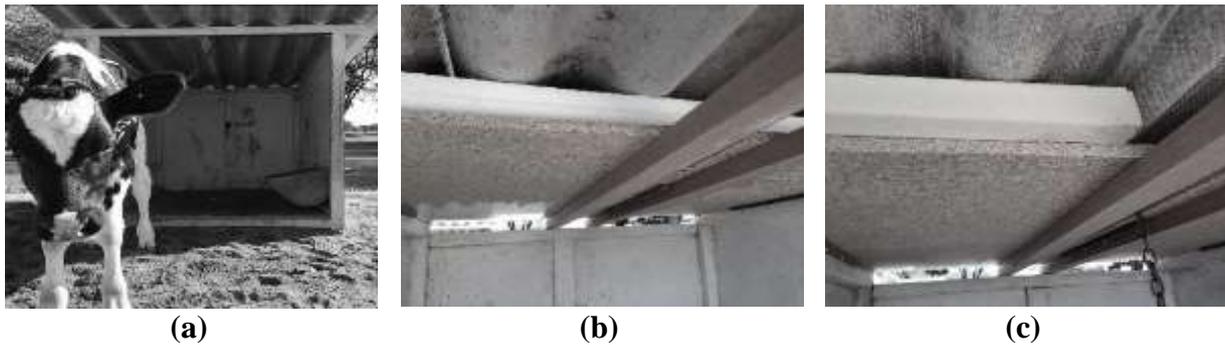


Figura 1. a) Bezerreiro sem forro (testemunha). b) Bezerreiro com forro associado a placas de isopor[®]. c) Bezerreiro com forro associado à espuma PU-mamona.

Para avaliar os resultados, o experimento foi disposto segundo o delineamento em blocos casualizados (DBC). As repetições de cada tratamento foram consideradas os dias de coletas dos dados climáticos, ou seja, cada tratamento

dispunha de 21 repetições. Os dados qualitativos (fator – Acondicionamento) foram analisados por meio de Análise de Variância (ANOVA) e posteriormente teste de comparação de médias de Tukey, ao nível de significância de 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta os valores médios de temperatura interna, umidade relativa e THI. Nota-se que para o fator Acondicionamento ocorreu diferença significativa ($P < 0,05$) na temperatura interna entre os bezerreiros com os forros e a testemunha, sendo que a redução foi equivalente a 2,69 e 1,88% para Isopor[®] e PU Mamona, respectivamente. Provavelmente, esse comportamento pode

ter ocorrido devido ao bolsão de ar formado entre a telha e o forro, culminando no aumento da resistência térmica e, conseqüentemente, na redução da emissão de radiação para o interior da instalação. Resultados similares foram encontrados por OLIVEIRA et al. (2000) e ABREU et al. (2007), os quais constataram redução da temperatura interna de instalações zootécnicas com forro.

Tabela 1. Valores médios de temperatura ambiente, umidade relativa e ITU

Tratamentos	Temp. Amb. (°C)	Umidade Relativa (%)	ITU (°C)
Isopor [®]	29,97 A	58,01 A	78,87 A
PU Mamona	30,22 A	55,99 B	78,99 A
Testemunha	30,80 B	54,89 B	79,59 B

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula diferem pelo Teste de Tukey a $P < 0,05$

A zona de conforto térmico para bovinos recém-nascidos situa-se na faixa entre 18 a 21°C, enquanto que a temperatura crítica inferior e superior corresponde a 10 e 26°C, respectivamente (BAËTA e SOUZA, 2010). Assim, nota-se que os tratamentos estudados apresentaram valores médios de Temperatura Ambiente

acima da temperatura crítica superior para bezerros. No entanto, embora os bezerreiros com forro ecológico tenham exibido valores acima do limite superior, essa técnica foi eficiente em reduzir essa variável térmica. Os bezerreiros providos de forro apresentaram temperaturas significativamente inferiores, quando

comparado com o bezerreiro sem forro (testemunha).

O bezerreiro provido de forro ecológico associado a placas de isopor[®] também apresentou diferença ($P < 0,05$) para a umidade relativa (Tabela 1), quando comparado aos demais tratamentos. No entanto, o tratamento com PU-mamona não exibiu significância em relação à testemunha.

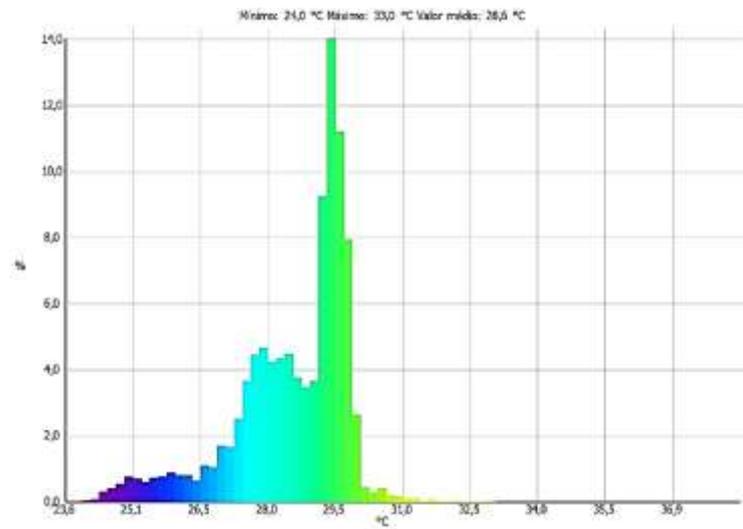
De acordo com SOUZA e BATISTA (2012), a umidade relativa do ar é um fator que influencia a troca de calor latente (sudorese e frequência respiratória) entre o animal e o meio ambiente. Assim, quanto maior a umidade relativa do ar, menos eficiente será a dissipação de calor em bovinos. MAIA et al. (2008) relataram que a queda da umidade relativa de 90% para 30%, acarreta em perda de calor do animal pela sudorese e frequência respiratória.

Além das temperaturas aferidas nos bezerreiros terem sido desconfortáveis, a umidade relativa destes ambientes também estava em níveis críticos, uma vez que em altas temperaturas é importante que a umidade relativa seja baixa, para que assim a via latente não seja suprimida.

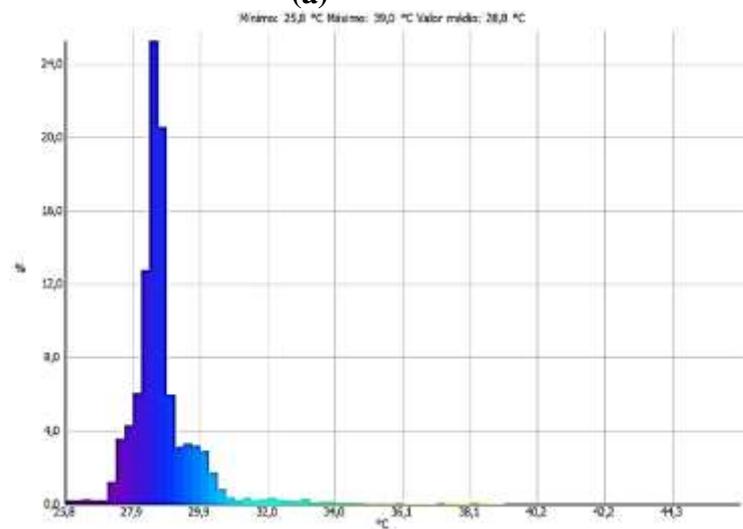
O ITU para bezerreiros com forro (isopor[®] e espuma PU-mamona) não apresentaram diferença ($P < 0,05$) entre si (Tabela 1). Porém, ao comparar os resultados obtidos para a instalação sem

forro (testemunha) houve diferença estatística significativa ($P < 0,05$), sendo constatada uma redução de 0,75% e 0,90% para PU-mamona e isopor[®], respectivamente. Dessa forma, evidencia-se que os bezerreiros com forro, quando comparados ao sem forro (testemunha), proporcionaram melhores condições de conforto térmico para o animal alojado.

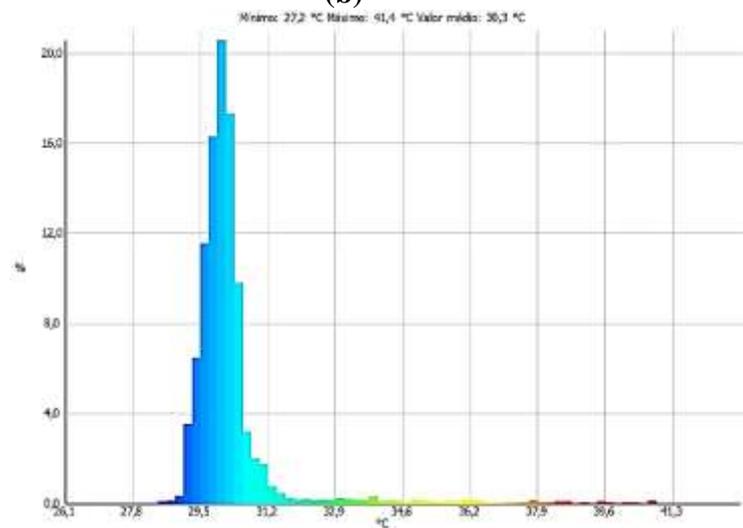
O uso do processamento de imagens termográficas infravermelhas representa uma ferramenta que ajuda identificar, através dos histogramas, as diferenças entre as temperaturas obtidas nos bezerreiros. As imagens indicaram variação da temperatura de superfície interna das instalações em estudo. Nota-se que a cobertura do bezerreiro sem forro (figura 2 c) apresentou valor médio de temperatura de 30,3°C, enquanto que os forros das instalações apresentaram valor médio de temperatura de 28,6°C e 28,8°C, para forro ecológico associado à placa de isopor[®] e forro ecológico associado a placas de espuma PU-mamona, respectivamente (Figura 2 a e b). As imagens captadas por câmera termográfica indicam que os materiais empregados como forro amorteceram a transferência de calor e radiação para o interior dos bezerreiros, ocasionando menores temperaturas internas nesses ambientes.



(a)



(b)



(c)

Figura 2. Histograma da temperatura da superfície interna dos bezerreiros. (a) bezerreiro com forro ecológico e placa de isopor[®]. (b) bezerreiro com forro ecológico e placas de espuma PU-mamona. (c) bezerreiro sem forro

CONCLUSÃO

O forro ecológico associado com material isolante reduziu os índices bioclimáticos (temperatura interna e ITU) dos bezerreiros e a placa de espuma PU-

mamona é uma alternativa viável de material para substituir o isopor[®] em aplicações para forro.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq e à FAPESP pelo apoio concedido a pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, P.G. et al. Condições térmicas ambientais e desempenho de aves criadas em aviários com e sem o uso de forro. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootecn.**, Belo Horizonte, v.59, n.4, p. 1014 – 1020, 2007.

BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. **Ambiência em edificações rurais: conforto térmico animal**. Viçosa, MG: UFV, 2010. 269 p.

BARNABÉ, J. M. C.; PANDORFI, H.; ALMEIDA, G. L. P. de; GUISELINI, C.; JACOB, A. L. Temperatura superficial de materiais utilizados para cobertura individual de bezerreiros. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.5, p. 545-550, 2013.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Projeções do Agronegócio - Brasil 2013/14 a 2023/24. Disponível em: www.agricultura.gov.br. Acesso em: 23 fev. 2015.

CUNHA, D. de N. F. V. da; CAMPOS, O. F. de; PEREIRA, J. C.; PIRES, M. de F. A.; LIZIEIRE, R. S.; MARTUSCELLO, J. A. Desempenho, variáveis fisiológicas e comportamento de bezerros mantidos em diferentes instalações: Época chuvosa. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, p.1140-1146, 2007.

DUKES, H.H. **Fisiologia dos animais domésticos**. 11.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1996. 856p.

FIORELLI, J.; SCHMIDT, R.; KAWABATA, C. Y.; OLIVEIRA, C. E. L.; SAVASTANO JR, H.; ROSSIGNOLO, J. A. Eficiência térmica de telhas onduladas de fibrocimento aplicadas em abrigos

individuais para bezerros expostos ao sol e à sombra. **Ciência Rural**, v.42, p.64-67, 2012.

MAIA, A. S. C.; SILVA, R. G.; LOUREIRO, C. M. B. Latent heat loss of Holstein cows in a tropical environment: A prediction model. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.1837-1843, 2008.

OLIVEIRA, J. E. et al. Efeito do isolamento térmico de telhado sobre o desempenho de frangos de corte alojados em diferentes densidades. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.29, n.5, p. 1427–1434, 2000.

SOUZA, B. B. de; BATISTA, N. L. Os efeitos do estresse térmico sobre a fisiologia animal. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v.8, p.6-10, 2012.

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

THOM, E. C. Cooling Degrees days air conditioning, heating and ventilating. **Transactions of the ASAE**. v.55, n.7, p.62-72, 1958.

VASCONCELOS, J. L. M. & DEMETRIO, D. G. B. Manejo reprodutivo de vacas sob estresse calórico. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p.396-401, 2011.