Avaliação do desempenho térmico de elementos construtivos e de temperaturas corpóreas de bezerros em abrigo individual não convencional

Sérgio Luís de Castro Júnior[1], Guilherme Henrique Ament Barbirato[2], Larissa Aparecida Augusto[3], Juliano Fiorelli[4]

[1]Graduando em Engenharia de Biossistemas – Grupo de Construções Rurais e Ambiência da USP, Campus de Pirassununga-SP. Bolsista do CNPq. e-mail: sergio.castro@usp.br
[2]Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia – Grupo de Construções Rurais e Ambiência da USP, Campus de Pirassununga-SP. Bolsista CAPES. e-mail: guibarbirato@usp.br
[3]Graduanda em Engenharia de Biossistemas – Grupo de Robótica e Automação para a Engenharia de Biossistemas, Campus de Pirassununga-SP. e-mail: larissa.augusto@usp.br
[4]Professor do departamento de Engenharia de Biossistemas - Grupo de Construções Rurais e Ambiência da USP, Campus de Pirassununga-SP. e-mail: julianofiorelli@usp.br

Resumo: Este trabalho teve por objetivo o estudo do desempenho térmico de abrigos individuais para bezerros em aleitamento como também na avaliação da temperatura corporal dos animais alojados, promovendo a utilização da termografia como uma potencial ferramenta de análise. Nesse escopo, é proposta uma instalação não convencional para bezerros elaborada por um modelo *wood frame* de construção e composta por paredes em dupla camada de placas planas de fibrocimento-celulose e miolo de poliestireno expandido; forro confeccionado com painéis de partículas de saco de cimento desintegrado e embalagens longa vida; e cobertura de fibrocimento ondulado com inclusão de beiral frontal e lateral. O modelo foi comparado com um abrigo referência, constituído de placas de madeira compensada como vedação, cobertura de fibrocimento ondulado, sem forro e sem extensão. Foram avaliadas as temperaturas máximas (T_{max}), médias (T_{med}) e mínimas (T_{min}) das superfícies de vedação interna, vedação externa e cobertura interna, utilizando imagens termográficas coletadas no período mais crítico do dia (das 11:00 h às 14:00 h). Também foram coletadas imagens termográficas para a avaliação das temperaturas corpóreas dos bezerros alojados nos abrigos, privilegiando as temperaturas $T_{max,,}$ $T_{med\ e}$ T_{min} em áreas da fronte e do corpo. Em todas as superfícies dos elementos construtivos propostos foram obtidos os menores valores de temperatura no abrigo não convencional, destacando a eficiência da extensão da cobertura e dos materiais isolantes utilizados. Em destaque, o forro de painéis de partículas do abrigo não convencional promoveu uma diferença média de 3,1 ºC entre as temperaturas T_{max} e T_{min} deste elemento, enquanto a cobertura do abrigo referência apresentou um valor bastante elevado (18,7ºC). Para as temperaturas corpóreas, foram obtidas diferenças consideráveis em todas as condições avaliadas, tanto em regiões da fronte – diferença de 8,8ºC da T_{med} entre os dois tratamentos - quanto em áreas do corpo – diferença de 2,6ºC. Concluiu-se que o uso de um sistema construtivo com materiais inovadores e a inclusão de beirais garantiu uma redução da temperatura de superfície das vedações, da temperatura ambiente e da temperatura corporal dos bezerros, o que refletirá nos índices de conforto térmico e produtividade destes animais.

Palavras-chaves: ambiência, instalações para bezerros, termografia.

Os autores deste trabalho são os únicos responsáveis por seu conteúdo e são os detentores dos direitos autorais e de reprodução. Este trabalho não reflete necessariamente o posicionamento oficial da Sociedade Brasileira de Biometeorologia (SBBiomet).

The authors of this paper are solely responsible for its content and are the owners of its copyright. This paper does not necessarily reflect the official position of the Brazilian Society of Biometeorology (SBBiomet).

DOI: 10.6084/m9.figshare.5176636

Introdução

As condições climáticas brasileiras representam um desafio para a garantia do conforto térmico de bovinos leiteiros, gerando prejuízos na quantidade e qualidade do leite, assim como no bem-estar dos animais quando expostos às altas temperaturas típicas do verão. Nesse cenário, os bezerros ocupam uma fase de intensa precaução no processo de produção, já que um mau desempenho nas etapas iniciais de criação pode comprometer os índices zootécnicos no restante da cadeia (Barnabé et al., 2011). Uma grande atenção é dada às instalações para bezerros, onde os abrigos móveis individuais são as mais recomendadas atualmente e cuja função está em proteger os recém-nascidos da insolação direta, chuvas e ventos fortes e oscilações bruscas de temperatura (Kawabata et al., 2005).

Diversos materiais e tipologias construtivas são utilizados nos abrigos individuais para bezerros em aleitamento, sendo estes geralmente caracterizados como construções artesanais e variantes de acordo com aspectos econômicos da propriedade, tipos de sistema produtivo adotado, área disponibilizada à criação e o tamanho pretendido do rebanho. Nesse sentido, há abrigos com e sem vedação lateral e que empregam materiais como bambu, madeira, plástico, palha, telhas de várias geometrias e composições, entre outros. Ademais, é cada vez mais crescente a incorporação de materiais não convencionais nas construções rurais - como exemplo os resíduos das produções agrícolas e indústrias - e que podem agregar algum valor econômico, social ou ambiental na sua utilização (De Castro Junior et al., 2014).

A avaliação das características térmicas dos abrigos (como temperatura ambiente) e das condições fisiológicas dos animais alojados (como temperatura retal e corporal) envolve metodologias que são invasivas e/ou permitem somente a observação de pontos isolados. Nesse contexto, uma ferramenta que vem ganhando destaque em decorrência das limitações dos métodos convencionais são as imagens termográficas, que correlacionam a temperatura de superfície com a emissão de radiação infravermelha natural dos corpos (Eddy et al., 2001). Como aplicações, a termografia pode ser utilizada para avaliação do comportamento térmico de materiais em uma instalação, detecção de patologias associadas com alterações locais e sistêmicas de temperatura em seres vivos, estudos de conforto térmico, entre outros. Além disso, as câmeras termográficas propõem rapidez na obtenção das imagens e podem ser integradas a processos automatizados de processamento digital e classificação. Barnabé et al. (2013) e Fiorelli et al. (2012) utilizam técnicas de termografia no estudos de ambientes para bezerros, que ainda não possui uma metodologia avaliativa padronizada.

Este trabalho teve por objetivo avaliar as respostas térmicas obtidas tanto de materiais inovadores de construção quanto de bezerras alojadas em abrigo individual móvel não convencional, utilizando para isso as imagens obtidas no espectro do infravermelho como uma ferramenta de análise.

Materiais e métodos

O estudo foi conduzido nas dependências do setor de gado leiteiro da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, localizado em Pirassununga, SP, Brasil (latitude de 21º 59' 46" S, longitude de 47º 25' 33" W e 627 m de altitude). Como características climáticas, o município possui temperatura média anual de 22ºC e pluviosidade média anual de 1363 mm, podendo atingir temperaturas médias máximas 29ºC ao longo do ano. Ademais, a região é caracterizada como pertencente à zona tropical sazonal Cwa, e com duas estações bem delimitadas – inverno seco, de abril e setembro, e verão chuvoso, de outubro a março (Savastano Júnior, 2001).

Foram propostos dois modelos de instalação: o abrigo referencial e o abrigo não convencional. A instalação referência (Fig. 1a), tradicionalmente empregada em diversas propriedades agrícolas, possui vedação elaborada com placas planas de madeira compensada, (e = 30 mm), cobertura com telhas de fibrocimento (com 1800 mm de comprimento e 1500 mm de largura) e sem a presença de forro. Entre a vedação e a cobertura, há um vão de 50 mm de espessura. As dimensões utilizadas foram de 1170 mm de largura, 1570 mm de comprimento, altura máxima de 1150 mm e mínima de 1100 mm, para escoamento da água. O volume obtido foi o suficiente para permitir a movimentação do bezerro. O modelo não convencional (Fig. 1b), por sua vez, foi elaborado utilizando um padrão *wood frame* de construção, com esqueleto de madeira serrada e vedação lateral com uma dupla camada de placas planas de fibrocimento sem amianto, com espessura de 6 mm cada. Entre as placas, foi adicionado um miolo isolante, elaborado com placas de poliestireno expandido (isopor). Além disso, também foi adicionado o forro de painéis de partículas, sendo alocado a 30 mm abaixo da cobertura. O forro foi confeccionado com resíduos de saco de cimento desintegrado e resina poliuretana bicomponente à base de óleo de mamona e revestidos com embalagens longa vida. A área da cobertura foi ampliada e um beiral foi adicionado, possuindo agora 2100 mm (comprimento) x 1800 mm (largura), com o intuito de proporcionar maior área de sombra para o animal alojado. Além disso, o vão entre cobertura e vedação também foi reajustado e aumentado para 100 mm, com o objetivo de proporcionar melhor ventilação no interior da instalação.

(a) (b)

Figura 1. Abrigos individuais: modelo referencial (a) e modelo não convencional (b)

Para a avaliação das imagens por infravermelho, foi utilizada a câmera termográfica marca Testo, modelo 875. Para o processamento digital das imagens, foi utilizado o software IRSoft, desenvolvido pela marca Testo.

No ensaio de avaliação do desempenho térmico da superfície dos materiais, foi considerado o horário mais crítico (entre 11:00h e 14:00h) em nove dias de coleta. Foram privilegiados os dias quentes e ensolarados, sem a presença de nuvens ou outra interferência que causasse sombra nos abrigos avaliados. Com o uso da câmera termográfica, foram captadas imagens das superfícies internas e externas das paredes, e das superfícies internas da telha (no abrigo referência) e do forro (no abrigo não convencional). O processamento digital envolveu selecionar os elementos construtivos de interesse em áreas quadráticas e obter as temperaturas máximas (T_{max}), mínimas (T_{min}) e médias (T_{med}) para cada região. Em paralelo, foram aferidas as temperaturas do ambiente interno, por meio de data loggers, com o interesse de comparar as temperaturas dos materiais com a temperatura ambiente.

A avaliação do desempenho térmico dos animais alojados foi realizada em três bezerras da raça holandesa x zebu, com idade média de 30 dias e peso vivo entre 40 e 50 kg. Cada bezerra permaneceu três dias em cada instalação, em um sistema de rodízio, totalizando 9 dias de coletas. Assim como o ensaio anterior, foi privilegiado o horário mais crítico do dia, das 11:00h às 14:00h. Com a câmera termográfica, foram captadas imagens dos bezerros em posição frontal e lateral. No processamento digital, foram destacadas regiões quadráticas da fronte (testa) e da lateral do corpo, obtendo T_{max}, T_{min} e T_{med} para cada área estudada.

Resultados e discussões

A Tabela 1 apresenta os resultados médios obtidos para a caracterização térmica das superfícies dos materiais, considerando a vedação externa (ved externa), vedação interna (ved interna) e cobertura interna (cob interna), além das temperaturas médias corporais dos animais, considerando a fronte e o corpo dos bezerros.

Tabela 1. Temperaturas superficiais mínima (T_{min}), média (T_{med}) e máxima (T_{max}) dos materiais e dos animais

	Referência			**Não convencional**		
	T_{min} (ºC)	**T_{med} (ºC)**	**T_{max} (ºC)**	**T_{min} (ºC)**	**T_{med} (ºC)**	**T_{max} (ºC)**
Ved externa	29,6 +/- 1,3	35,3 +/- 1,6	46,5 +/- 6,8	29,8 +/- 2,0	31,6 +/- 2,2	33,6 +/- 2,7
Ved interna	28,9 +/- 1,7	31,0 +/- 1,5	33,5 +/- 2,3	26,7 +/- 1,5	27,4 +/- 1,2	28,1 +/- 0,9
Cob interna	30,0 +/- 5,0	42,3 +/- 2,9	48,7 +/- 1,2	27,2 +/- 1,1	28,8 +/- 1,2	30,3 +/- 0,9
Fronte	34,5 +/- 1,7	45,1 +/- 2,4	54,1 +/- 5,7	31,5 +/- 1,8	36,3 +/- 2,9	42,4 +/- 1,2
Corpo	30,4 +/- 0,8	41,5 +/- 2,8	52,1 +/- 4,3	29,7 +/- 2,4	38,9 +/- 6,7	48,1 +/- 9,5

No estudo da temperatura de superfície das paredes externas – em contato com o ambiente exterior – é possível notar que a instalação não convencional apresentou valores médios e máximos menores que o modelo referência. Só na temperatura máxima média, por exemplo, foram observados cerca de 13ºC de diferença entre os dois tratamentos. Essa diferença foi promovida pela presença da extensão da cobertura no modelo não convencional, o que evitou que ocorresse insolação direta na lateral esquerda da instalação (face que apresentou as maiores temperaturas no período avaliado). A vedação interna, por sua vez, apresentou um comportamento semelhante, onde foram observadas as menores temperaturas médias no abrigo não

convencional quando comparado ao modelo referencial. O mesmo comportamento ocorreu nas três faces internas das paredes, mostrando que além da extensão da cobertura, a estrutura isolante de vedação utilizada também auxiliou na diminuição da temperatura superficial. Por fim, a cobertura interna foi o elemento construtivo que apresentou maiores diferenças térmicas entre os dois tratamentos: a temperatura T_{min} foi 2,8 ºC inferior no modelo não convencional, enquanto a diferença para a T_{med} e T_{max} foi de 18,8 ºC e 18,4 ºC, respectivamente. Além disso, o gradiente entre as médias de T_{min} e T_{max} no mesmo elemento foi de 3,1 ºC para o forro de painéis de partículas, enquanto a telha de fibrocimento apresentou um valor aproximado de 18 ºC. A grande diferença de comportamento entre o conjunto telha + forro no abrigo não convencional valorizou a capacidade isolante desta estrutura. Com o auxilio dos dataloggers, foram obtidos temperaturas ambiente médias de 30,7 +/- 1,9 ºC para o abrigo referência e 28,5 +/- 1,6 ºC para o abrigo não convencional, mostrando que as temperaturas superficiais dos elementos construtivos não convencionais contribuíram para uma menor temperatura no interior dessa instalação no período mais crítico do dia. O desempenho e a distribuição térmica das paredes internas e da cobertura em ambos os abrigos podem ser visualizados na Fig. 2.a e 2.b.

Para a avaliação da temperatura corporal dos animais, foram destacadas as áreas da fronte e do corpo dos bezerros. Para a fronte, foram observadas as menores temperaturas nos bezerros alojados no modelo não convencional, com uma diferença média de 8,8 ºC em T_{med} para o modelo referência. Além disso, a temperatura máxima média, T_{max}, atingiu valores de 54,1 ºC no abrigo referencial, enquanto o não convencional atingiu cerca dos 42 ºC (aproximadamente 11ºC a menos). É possível notar também que o valor médio de T_{max} no modelo não convencional foi inferior ao T_{med} no modelo referência. Na avaliação da temperatura do corpo, foram encontrados resultados semelhantes ao da fronte: todas as temperaturas médias avaliadas foram menores nos bezerros alojados no abrigo não convencional, com uma diferença de 2,6 ºC para a T_{med} entre os dois tratamentos. A distribuição da temperatura corporal foi mais acentuada quando observada junto com as outras temperaturas superficiais avaliadas, como é possível ver pelo maior desvio-padrão dessa característica. O comportamento térmico na superfície corporal dos animais pode ser visualizado na Fig 2.c e 2.d.

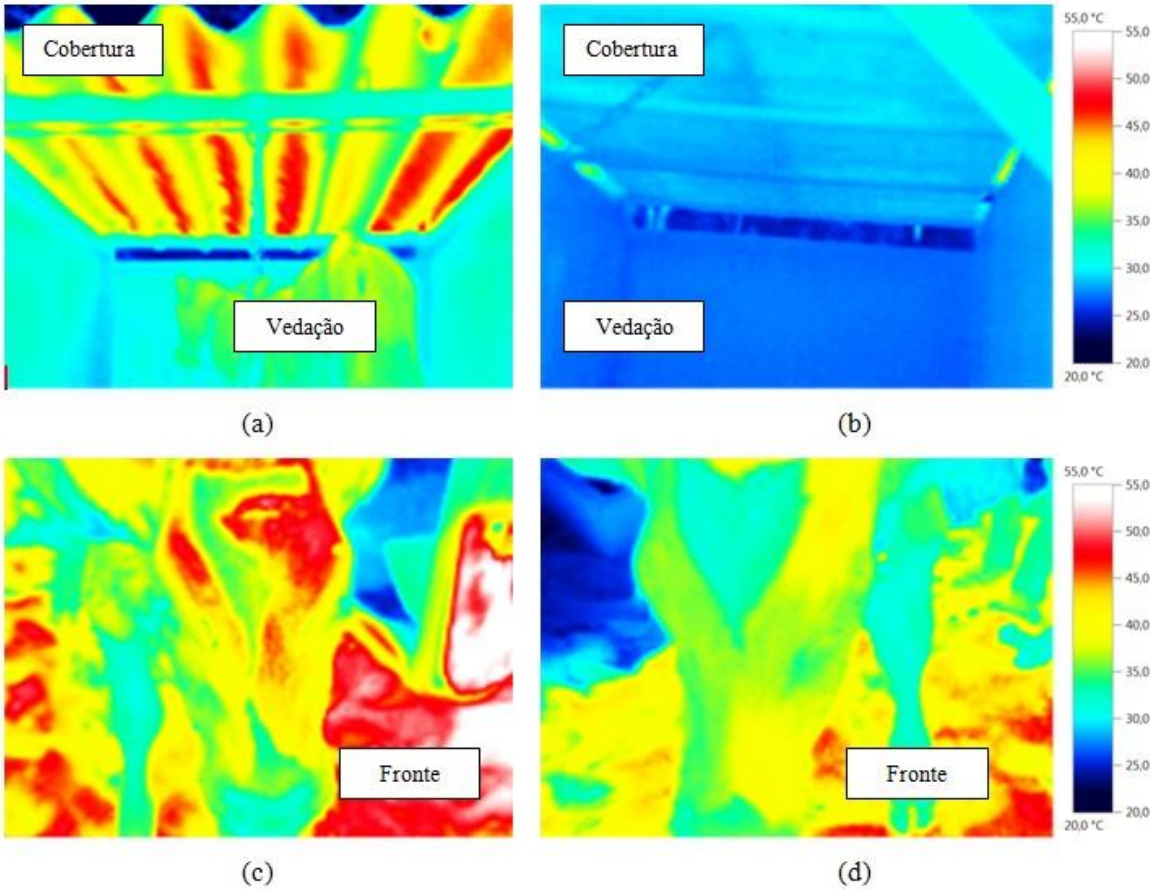

Figura 2. Imagens termográficas do interior do abrigo referência (a) e do abrigo não convencional (b) e da fronte dos bezerros instalados no modelo referência (c) e no não convencional (d). As imagens foram retiradas no mesmo período. Escala padronizada de 20ºC a 55ºC, estilo arco-íris.

Vale destacar que a avaliação das temperaturas superficiais, tanto dos materiais quanto dos bezerros, é uma ferramenta complementar no diagnóstico do conforto térmico dos animais e da ambiência das instalações, sem excluir metodologias avaliativas clássicas e fundamentais, como a temperatura ambiente e umidade relativa, nos estudos de ambiência, como os parâmetros fisiológicos dos animais, incluindo temperatura retal e frequência respiratória.

Conclusões

O aproveitamento de materiais alternativos de construção, como as placas planas de fibrocimento, o poliestireno expandido e o forro composto de partículas aglomeradas - em conjunto com a inclusão de beirais e a abertura de vão para aproveitamento da sombra e ventilação - compuseram um sistema construtivo que promoveu a redução e melhor distribuição das temperaturas máximas, médias e mínimas não só das superfícies dos elementos de vedação e cobertura, como também da temperatura ambiente interna. Ademais, o abrigo não convencional proporcionou a diminuição da temperatura corporal dos animais alojados, considerando regiões da face e do corpo dos bezerros utilizados neste estudo, o que repercutirá em melhores índices de conforto térmico e produtividade. A utilização da termografia representou uma importante técnica complementar para validar o emprego do abrigo não convencional pela construção rural.

Agradecimentos

Os autores agradecem o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio à pesquisa.

Referências

Barnabé JMC, Pandorfi H, Almeida GLP, Guiselini C, Jacob AL (2013) Temperatura superficial de materiais utilizados para cobertura individual de bezerreiros. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 18:545-550.

De Castro Júnior SL, Garzon N, Williams D, Guesso FL, Savastano Junior H, Rossignolo JA, Fiorelli J (2014) Particleboards with Agricultural Wastes: Sugar Cane Bagasse and Reforestation Wood. Key Engineering Materials 600:667-676. doi: 10.4028/www.scientific.net/KEM.600.667

Eddy AL, Vanhoogmoed LM, Snyder JR (2001) The Role of Thermographyin the Management of Equine Lameness. Veterinary of Journal 162:172-181. doi: 10.1053/tvjl.2001.0618

Fiorelli J, Schmidt R, Kawabata CY, Oliveira, CEL, Savastano Junior H, Rossignolo JA (2012) Eficiência térmica de telhas onduladas de fibrocimento aplicadas em abrigos individuais para bezerros expostos ao sol e à sombra. Ciência Rural 42:64-67. doi: 10.1590/s0103-84782012000100011

Kawabata CY, Castro RC, Savastano Junior H (2005) Índices de conforto térmico e respostas fisiológicas de bezerros da raça holandesa em bezerreiros individuais com diferentes coberturas. Engenharia Agrícola 25:598-607. doi: 10.1590/S0100-69162005000300004

Savastano Junior, H. (2001) Sustainable cement based materials and techniques for rural construction. In: Agribuilding 2001, Concórdia, 8-27.