

**JANICE MARIA COELHO BARNABÉ**

**EFICIÊNCIA TÉRMICA DE MATERIAIS UTILIZADOS NA COBERTURA DE  
ABRIGOS INDIVIDUAIS PARA BEZERRAS GIROLANDO**

**RECIFE**

**2013**

**Janice Maria Coêlho Barnabé**  
Engenheira Agrícola e Ambiental

**EFICIÊNCIA TÉRMICA DE MATERIAIS UTILIZADOS NA COBERTURA DE  
ABRIGOS INDIVIDUAIS PARA BEZERRAS GIROLANDO**

Orientador: Prof. Dr. **Héilton Pandorfi**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola.

RECIFE

2013

Ficha catalográfica

B259e Barnabé, Janice Maria Coêlho  
Eficiência térmica de materiais utilizados na cobertura de  
abrigos individuais para bezerras Girolando / Janice Maria  
Coêlho Barnabé. – Recife, 2013.  
77 f. : il.

Orientador: Héilton Pandorfi.  
Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) –  
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento  
de Tecnologia Rural, Recife, 2013.  
Referências.

1. Ambiente animal 2. Balanço de energia 3. Conforto  
térmico 4. Termografia I. Pandorfi, Héilton, orientador  
II. Título

CDD 630

**Janice Maria Coêlho Barnabé**

Engenheira Agrícola e Ambiental

**EFICIÊNCIA TÉRMICA DE MATERIAIS UTILIZADOS NA COBERTURA DE  
ABRIGOS INDIVIDUAIS PARA BEZERRAS GIROLANDO**

Dissertação apresentada ao  
Programa de Pós-Graduação em  
Engenharia Agrícola da  
Universidade Federal Rural de  
Pernambuco, como parte dos  
requisitos para obtenção do título  
de Mestre em Engenharia Agrícola.

APROVADA EM: 26 de fevereiro de 2013

---

Prof. Dr. José Antônio Delfino Barbosa Filho (UFC)

---

Profa. Dra. Lúcia Helena de Albuquerque Brasil (DZ/UFRPE)

---

Profa. Dra. Cristiane Guiselini (DTR/UFRPE)

---

Prof. Dr. Héilton Pandorfi (DTR/UFRPE)  
(Orientador)

***Tudo posso naquele que me fortalece.***

Filipenses 4:13

*Aos meus pais, José Lins e Edileuza;  
meus irmãos, Jussara e Alex;  
meu filho, Leonardo*

**Dedico.**

## AGRADECIMENTOS

A Deus que me concedeu graça da vida e a oportunidade de realizar este objetivo.

Aos meus pais e irmãos pelo amor, apoio incondicional e incentivo em todas as etapas da minha vida.

Ao meu filho Leonardo, por ser tão compreensivo com minha ausência e por sempre me receber com seu sorriso de luz.

Aos demais familiares, em especial minhas tias e tios por todo apoio e incentivo.

Aos amigos, os quais a lista é numerosa, agradeço pelo companheirismo, cumplicidade e bons momentos de descontração compartilhados.

Ao professor Dr. Héilton Pandorfi, pela orientação atenciosa, disponibilidade, amizade e confiança.

À professora Dra. Cristiane Guiselini, por todo apoio, disposição, atenção e amizade.

Ao Grupo de Pesquisa em Ambiência (GPESA) "*Família Gpesa*", pela colaboração e amizade e em especial aos amigos, Gledson Almeida e Arthur Jacob por terem compartilhado comigo este trabalho.

Aos professores do Departamento de Tecnologia Rural, pela contribuição na minha formação profissional.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco e ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola pela oportunidade de realização deste curso.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

À Fazenda Várzea Alegre, pela concessão dos animais e instalações para realização desta pesquisa, e aos seus funcionários pela grande colaboração e receptividade.

À empresa Alluse telhas e placas, pela doação das telhas recicladas.

Enfim, a todos que direta ou indiretamente colaboraram para a realização deste trabalho.

## SUMÁRIO

	<i>Pág.</i>
RESUMO	
ABSTRACT	
1. INTRODUÇÃO GERAL.....	3
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	5
2.1 Conforto térmico animal.....	5
2.2 Respostas fisiológicas.....	8
2.2.1 Temperatura Retal.....	9
2.2.2 Frequência Respiratória.....	9
2.2.3 Temperatura da Superfície do Pelame.....	10
2.3 Abrigos para bezerros lactentes.....	11
2.4 Propriedades térmicas dos materiais de cobertura.....	13
2.5 Análise da eficiência térmica das instalações.....	16
2.5.1 Índice de temperatura e umidade.....	17
2.5.2 Índice de temperatura de globo e umidade.....	18
2.5.3 Entalpia.....	18
2.5.4 Carga térmica radiante.....	19
2.6 Uso da termografia na produção animal.....	19
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	21
CAPÍTULO I.....	29
RESUMO.....	29
ABSTRACT.....	30
INTRODUÇÃO.....	30
MATERIAL E MÉTODOS.....	32
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	35
CONCLUSÕES.....	41
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	42
CAPÍTULO II.....	44
RESUMO.....	44
ABSTRACT.....	45
INTRODUÇÃO.....	46
MATERIAL E MÉTODOS.....	47



RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	53
Variáveis ambientais .....	53
Temperatura e umidade relativa do ar .....	53
Temperatura de bulbo seco nos dias de maior e menor entalpia.....	55
Índices de conforto térmico .....	57
Variáveis fisiológicas .....	59
CONCLUSÕES .....	62
REFERÊNCIAS.....	63
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	66

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Localização da Fazenda Várzea Alegre no município de Pesqueira, PE, Brasil. ....	32
Figura 2. Abrigos individuais para bezerras com cobertura de telha de fibrocimento (A), palha (B) e telha reciclada (C).....	33
Figura 3. <i>Datalogger</i> modelo HOBO (A) e sua disposição no interior do bezerreiro (B). ....	33
Figura 4. Abrigo meteorológico utilizado para o registro das variáveis ambientais externas.....	34
Figura 5. Câmera termográfica, modelo FLIR i60. ....	34
Figura 6. Valores médios da temperatura da superfície externa (A) e interna (B) das coberturas dos abrigos e da temperatura ambiente nos horários de registro das imagens termográficas. ....	37
Figura 7. Variação da temperatura do ar (A) e da umidade relativa do ar (B) no interior dos abrigos e no ambiente externo .....	38
Figura 8. Imagens termográficas das superfícies externa e interna das diferentes coberturas: telha de fibrocimento – superfície externa (A) e interna (B), cobertura de palha – superfície externa (C) e interna (D), telha reciclada – superfície externa (E) e interna (F). ....	40
Figura 9. Vista do recipiente utilizado para o fornecimento de leite aos animais. ....	47
Figura 10. Termoanemômetro digital, modelo TAFR-180 (A) utilizado para a determinação da velocidade do vento (Vv) (B).....	49
Figura 11. Identificação da região do flanco do animal para registro da frequência respiratória. ....	50
Figura 12. Registro da temperatura retal por meio de termômetro de uso veterinário.....	51
Figura 13. Registro de imagem termográfica para análise térmica da temperatura .....	51
Figura 14. Imagem térmica da superfície do animal obtida a partir do registro da câmera termográfica. ....	52
Figura 15. Detalhe da pesagem dos animais com auxílio de balança eletrônica. ....	53
Figura 16. Variação da temperatura de bulbo seco (A) no interior dos abrigos nos diferentes tratamentos e ambiente externo e relação entre a temperatura do	

ambiente externo no interior dos abrigos cobertos com: (B) telha de fibrocimento, (C) palha e (D) telha reciclada..... 54

Figura 17. Variação da umidade relativa (A) no interior dos abrigos nos diferentes tratamentos e ambiente externo e relação entre a umidade relativa do ambiente externo no interior dos abrigos com cobertos com: (B) telha de fibrocimento, (C) palha e (D) telha reciclada. .... 55

Figura 18. Variação da temperatura de bulbo seco (Tbs °C) no interior dos abrigos nos diferentes tratamentos e no ambiente externo nos dias de maior (A) e menor entalpia (B), temperatura crítica inferior (TCI), zona de conforto térmico (ZCT) e temperatura crítica superior para bezerros. .... 57

## LISTA DE TABELAS

	<b>Pág.</b>
Tabela 1. Valores médios, desvio padrão e coeficiente de variação da temperatura das superfícies externa e interna da cobertura dos abrigos individuais nos horários de registro das imagens termográficas. ....	36
Tabela 2. Valores médios e desvio padrão dos índices de conforto térmico registrados no interior dos abrigos e no ambiente externo.....	58
Tabela 3. Valores médios desvio padrão das variáveis fisiológicas dos animais.	60

# EFICIÊNCIA TÉRMICA DE MATERIAIS UTILIZADOS NA COBERTURA DE ABRIGOS INDIVIDUAIS PARA BEZERRAS GIROLANDO

Autor: **JANICE MARIA COELHO BARNABÉ**

Orientador: Prof. Dr. **HÉLITON PANDORFI**

**RESUMO:** A presente pesquisa foi desenvolvida com o objetivo de avaliar a eficiência térmica e o nível de conforto proporcionado por diferentes materiais de cobertura em abrigos individuais para bezerras Girolando e seus efeitos sobre o desempenho animal. O experimento foi conduzido em uma propriedade comercial de produção de queijo coalho, Fazenda Várzea Alegre, no município de Pesqueira, Estado de Pernambuco, latitude 8°17'10" S, longitude 36° 53'03" O e altitude de 800 m. O período experimental foi de janeiro a março de 2012, com duração de 56 dias, conduzido com 24 bezerras de composição genética 7/8 Holandês-Gir. Os tratamentos consistiram em três tipos de cobertura, palha de palmeira, telha de polímero reciclado e telha de fibrocimento. O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado e comparação entre médias pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). Os resultados mostraram que houve diferença significativa entre os tratamentos estudados, em que as coberturas de telhas recicladas apresentaram menores valores de temperatura média na face superior em todos os horários analisados, sendo o valor máximo encontrado da ordem de 36,9 °C e o mínimo de 14,4 °C. A avaliação bioclimática apontou efeito significativo para entalpia e carga térmica radiante, sendo os melhores valores apresentados pelos abrigos com cobertura de telhas recicladas, com valores da ordem de 59,3 kJ kg ar seco<sup>-1</sup> e 444,8 W m<sup>-2</sup>, respectivamente. Para as variáveis fisiológicas e desempenho animal não houve diferença significativa em nenhuma das variáveis estudadas, porém, a frequência respiratória em todos os tratamentos esteve acima dos limites estabelecidos para o conforto térmico, sendo a mais acentuada para os animais sob cobertura de fibrocimento que foi de 57,2 mov. min<sup>-1</sup>, porém esse mecanismo foi capaz de manter a temperatura retal dentro dos limites normais.

**Palavras-chave:** ambiência animal, balanço de energia, conforto térmico, termografia

## THERMAL EFFICIENCY OF COVERING MATERIALS FROM INDIVIDUAL HOUSINGS FOR GIROLANDO CALVES

Author: **JANICE MARIA COELHO BARNABÉ**

Supervisor: Prof. Dr. **HÉLITONPANDORFI**

**ABSTRACT:** The present study was developed with the aim to evaluate the thermal efficiency and comfort level provided by different covering materials from individual housings for Girolando calves and their effects on animal performance. The experiment was carried out on a commercial farm which produces queijo de coalho (a kind of curd), Várzea Alegre Farm, in the municipality of Pesqueira, State of Pernambuco, latitude 8°17'10" S, longitude 36° 53'03" O and altitude of 800 m. The experiment was carried from January to March of 2012, lasting for 56 days, on 24 crossbred calves with genetic composition of 7/8 Holstein-Gir. The treatments were composed of three types of covering materials, palm straw, recycled polymer tile and asbestos cement tile. It was adopted a completely randomized design, and in order to compare means it was used the Tukey test ( $p < 0.05$ ). Results showed that there has been significant difference among the studied treatments, in which recycled-tile-covered housings presented lower values of mean temperature on the superior surface throughout the experiment, being the maximum value found around 36.9 °C and the minimum of 14.4 °C. Bioclimatic evaluation pointed out a significant effect for enthalpy and radiant thermal load, and recycled-tile-covered housings have presented the best values, around 59.3 kJ kg dry air<sup>-1</sup> and 444.8 W m<sup>-2</sup>, respectively. For physiological variables and animal performance there has not been a significant difference among any studied variables, however, the respiratory frequency in all treatments has been above established thresholds for thermal comfort, being the most emphasized for animals housed under asbestos-cement-covered hutches, which was 57.2 mov. min<sup>-1</sup>, but this mechanism was capable of maintaining the rectal temperature within normal thresholds.

**Keywords:** animal ambience, energy balance, thermal comfort, thermography

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

A pecuária de leite é uma atividade de grande relevância no contexto social e econômico do país, atuando na geração de empregos diretos e indiretos e promovendo a manutenção das famílias rurais no campo. De acordo com Coelho (2009), a combinação de melhores práticas de nutrição, reprodução, manejo, melhoramento genético e instalações, promoveram aumento da produção de leite individual e aumento no número de animais nos rebanhos.

Atualmente os maiores produtores mundiais de leite bovino são: Estados Unidos, Índia, China, Rússia e Brasil (SENAR, 2012). O Brasil possui o segundo maior rebanho mundial de bovinos leiteiros, sendo que a produção de leite em 2011 atingiu a marca de 32,0 bilhões de litros, um acréscimo de 4,56% em relação ao ano anterior (IBGE, 2012). Apesar desta colocação, a maior parte dos produtores nacionais dispõe de baixo nível tecnológico, o que gera índices de produção desfavoráveis em relação aos grandes países produtores. Uma vaca leiteira no Brasil produz o equivalente a 17,4% do que nos Estados Unidos, com produtividade média da ordem de 1.384 litros/vaca/ano (MILKPOINT, 2013). De acordo com Milani e Souza (2010) a falta de recursos técnicos e de estudos regionais contribui para aumentar as perdas e os baixos índices de produtividade brasileira.

Em 2011 os Estados brasileiros com maior produção foram Minas Gerais (27,3%), Rio Grande do Sul (12,1%) e Paraná (11,9%). A participação da região Nordeste em relação à produção nacional ganhou força na última década, tendo sido a terceira região que mais cresceu em participação neste período (69%); responsável por 12% de todo o leite produzido no País, com destaque para os Estados da Bahia e Pernambuco. Pernambuco acompanhou esse crescimento e registrou a maior taxa observada entre os Estados de maior importância na pecuária leiteira nacional. Esse avanço permitiu ao Estado se tornar o oitavo maior produtor de leite do país, com mais de 953 milhões de litros produzidos em 2011 (IBGE, 2012).

A distribuição geográfica da produção leiteira pernambucana aponta que o Agreste continua sendo a principal região produtora, que responde atualmente por 73% da produção estadual, com destaque para a Microrregião do Vale do

Ipanema, com o Sertão pernambucano ocupando a segunda posição em produção no Estado (SEBRAE, 2010).

Um dos principais agravantes da exploração leiteira no Brasil é ocasionado pelo fato da maior parte do seu território se encontrar na faixa tropical, onde a temperatura média anual excede a temperatura de conforto para a produção de bovinos leiteiros, o que ocasiona o estresse térmico, com depreciação na produção (MAC-LEAN, 2012).

Neste sentido, as condições ambientais da região Nordeste, de alta intensidade de radiação solar e altas temperaturas a que os animais são submetidos, praticamente durante todo o ano, é de extrema necessidade a disponibilidade de sombra aos animais, para auxiliar na redução do estresse térmico, devendo, contudo, fornecer o tipo de sombra que represente boa eficiência na redução dos efeitos da radiação solar (RODRIGUES et al., 2010).

A criação de bezerras nos sistemas de produção leiteira tem como principal objetivo a reposição dos animais no plantel. Para isso, torna-se necessário que estes tenham desenvolvimento satisfatório, livres do máximo de fatores que possam interferir na criação (MAC-LEAN, 2012). Nas primeiras semanas de vida, os bezerros necessitam de maiores cuidados e proteção, devido a sua elevada susceptibilidade às infecções. O manejo desses animais deve ser orientado com a finalidade de se manter bom estado nutricional e profilaxia de todas as doenças de ocorrência comum no rebanho. A adoção de cuidados básicos poderá contribuir para a redução da morbidade, da mortalidade e do uso de medicamentos. Os animais precisam ser protegidos de todas as condições estressantes, como o frio e o calor excessivo e das correntes de ar (vento).

A necessidade de instalações adequadas para os bezerros durante a fase de aleitamento é fundamental, pois facilitam o manejo e protegem os animais de condições climáticas adversas (CUNHA et al., 2007a). A utilização de abrigos que protejam contra as chuvas e o sol forte da tarde, reduzem os problemas respiratórios e ainda minimizam os efeitos das baixas temperaturas no período noturno (OLIVEIRA, 2012).

A criação de bezerros em abrigos individuais tem a função de reduzir a incidência de problemas sanitários, como pneumonia e diarreia, com menor mortalidade e maior consumo de concentrado, fator decisivo no desaleitamento precoce de bezerros (MÜLLER et al., 2011). Do ponto de vista econômico, esse



fator é de grande interesse do produtor, visto que o consumo de leite pelos animais representa um custo alto na produção. Atualmente, nos sistemas de criação mais modernos, procura-se desmamar o animal o mais rápido possível (60 a 90 dias pós-parto), ou até mesmo a partir dos 45 dias (VASCONCELOS et al., 2009). Além disso, o animal mais desenvolvido poderá atingir a puberdade e maturidade sexual mais precocemente (50% do peso adulto aos 13 meses), sendo economicamente viável (COELHO, 2009).

Diante do exposto, essa pesquisa foi desenvolvida com o objetivo de avaliar a eficiência térmica e o nível de conforto proporcionado por diferentes materiais de cobertura em abrigos individuais para bezerras Girolando em fase de aleitamento e seus efeitos sobre o desempenho animal na bacia leiteira do Estado de Pernambuco.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Conforto térmico animal**

O animal homeotermo mantém a temperatura do núcleo corporal dentro de limites relativamente estreitos, mesmo que a temperatura ambiental flutue e a sua atividade varie intensamente, por meio de processos de aumento ou diminuição do calor metabólico e da conservação ou dissipação do calor corporal para o ambiente externo (BAÊTA e SOUZA, 2010).

O ambiente térmico exerce forte influência sobre o desempenho animal, uma vez que afeta os mecanismos de transferência de calor e, assim, a regulação do balanço térmico do sistema animal-ambiente (PERISSINOTTO et al., 2009). De acordo com Nääs et al. (2010), os fatores climáticos mais significativos são: a radiação solar, a influência da altitude e da época do ano. Os elementos climáticos mais expressivos são: temperatura do ar, umidade relativa do ar, radiação, ventos e a pluviosidade.

Para os animais expressarem sua máxima produtividade, dependem de uma faixa de temperatura adequada, também chamada de zona de conforto térmico (ZCT), em que não há gasto de energia ou atividade metabólica para aquecer ou esfriar o corpo (BAÊTA e SOUZA, 2010). Do ponto de vista de produção, este aspecto se reveste de muita importância, pelo fato de, dentro desses limites, os nutrientes ingeridos pelos animais serem utilizados exclusivamente para seu

crescimento e desenvolvimento. Os limites ideais da ZCT e zona de tolerância térmica (ZT) apresentam valores bastantes variáveis e se devem a fatores como: raça, indivíduo, peso, idade, estado fisiológico, condição nutricional e fatores ambientais diversos (FERREIRA, 2010).

A zona de tolerância térmica (ZT) é limitada pela temperatura crítica superior (TCS) e temperatura crítica inferior (TCI), sendo que abaixo da TCI os animais sofrem estresse pelo frio e acima da TCS sofrem estresse pelo calor (MARTELLO, 2006). A zona de conforto térmico (ZCT) para bovinos europeus está entre os limites de - 1 a 16 °C e para animais de origem zebuína os valores estão entre 10 e 27 °C (BAÊTA e SOUZA, 2010).

Para animais mestiços, como o Girolando, não há valores definidos, admitem-se valores intermediários aos mencionados (FERREIRA, 2010). Porém, na fase inicial de vida, os bovinos ainda não possuem o aparelho termorregulador totalmente desenvolvido, o que os deixam mais vulneráveis as intempéries. Baêta e Souza (2010) indicam que o intervalo de temperatura da ZCT para bovinos recém-nascidos está entre 18 e 21 °C, sendo que a TCI é da ordem de 10 °C e a TCS de 26°C.

Na região Nordeste do Brasil, as altas temperaturas do ar associadas à intensa radiação solar, impõem carga adicional de calor aos animais a pasto, ocasionando estresse calórico, somado a isso, a utilização de animais cruzados, com diversas proporções da raça Holandesa, sensível a clima quente. Os rebanhos são geralmente obtidos por cruzamento absorvente, utilizando sêmen de touros provenientes de países temperados e cujas progêneses sequer são avaliadas quanto às características físicas ou fisiológicas associadas à adaptabilidade, o que gera impacto direto na produção (MORAIS et al., 2008).

Fatores como disponibilidade de água, sombreamento, temperatura corporal do animal, comportamentos em condições de temperaturas diferentes, afetam diretamente as trocas térmicas de calor sensível (condução, convecção cutânea e radiação) e as perdas de calor latente (evaporação cutânea) para o ambiente, o que pode levar o animal ao estresse térmico. Isso ocorre caso o equilíbrio térmico entre o animal e o ambiente não for conseguido, o que pode ocasionar graves problemas, tanto na produção, como na reprodução animal (NAVARINI et al., 2009). Segundo Dikmen e Hansen (2009), a magnitude do estresse térmico é

causada pelos efeitos combinados da intensidade e duração da influência dos agentes estressores.

A intensidade e o tempo de permanência a que os bovinos leiteiros submetem-se ao estresse térmico, parece ditar o ritmo na escala de perda produtiva, e ainda, conduzem as consequências de tal estresse por um período superior a permanência do mesmo (RODRIGUES et al., 2010). Morais et al. (2008), afirmam que bovinos leiteiros mestiços Holandês-Zebu apresentam melhor habilidade de dissipação de calor que as raças puras europeias.

A perda de calor por meio sensível requer um diferencial de temperatura entre o animal e o ambiente, o que nem sempre acontece em condições de clima quente (SILVA, 2011). Além disso, o aumento gradativo da temperatura do ar dificulta a dissipação de calor, sendo necessária então a ativação de outros mecanismos como a sudorese e o aumento da frequência respiratória. Esses dois fatores constituem os meios de perda de calor da forma latente, que é influenciada pela umidade, ou seja, quanto maior a umidade relativa do ar aliada a altas temperaturas, menos eficiente é a dissipação do calor (SOUZA e BATISTA, 2012).

A perda de calor por condução se efetua por contato e passa sempre do corpo mais quente para o mais frio. Assim, quando a temperatura da pele é mais elevada que a do ambiente, o organismo cederá calor à superfície em contato com a superfície do corpo do animal. O processo de convecção ocorre como resultado da circulação do sangue aquecido vindo do interior do corpo para os tecidos mais frios da superfície, potencializada, principalmente, pela passagem de ar frio pela pelagem do animal (Mac-Lean, 2012); assim, o ar entra em contato com a pele e se aquece, tornando-se menos denso, deslocando-se em direção ascendente, dando lugar a outras moléculas de ar, ainda frias, que entram em contato com a superfície do corpo, em que serão aquecidas, dando continuidade ao processo de troca térmica. Se a temperatura do ar for mais elevada do que a da superfície do corpo, este ganhará calor, invertendo-se o mecanismo (SILVA, 2011). A troca de calor por radiação ocorre por meio de ondas eletromagnéticas, através de meio transparente entre dois pontos ou mais, que se encontram em diferentes temperatura (BAËTA e SOUZA, 2010). Desta forma o animal troca calor por irradiação, dependendo da diferença de temperatura existente entre este e o ambiente em que se encontra (MAC-LEAN, 2012).

A transferência térmica por evaporação não depende de fato da temperatura do ar, mas da temperatura da superfície e da umidade da atmosfera; segue-se que a evaporação é o mais eficiente mecanismo de eliminação de calor corporal em animais terrestres nas condições tropicais; como a convecção e a condução dependem da diferença de temperatura entre a superfície e a atmosfera, quando a temperatura ambiente é elevada e mais próxima da temperatura corporal a eliminação de calor sensível é mais difícil e às vezes impossível, evidenciando-se as perdas latentes (SOUZA e BATISTA, 2012).

Maia et al. (2008) realizaram estudo para determinar simultaneamente as taxas de evaporação cutânea e respiratória em ambiente tropical de vacas em lactação e, observaram que um aumento da temperatura de 10 para 36 °C e queda da umidade relativa de 90 para 30%, fez com que aumentasse a dissipação de energia pela evaporação respiratória de 5 para 57 W m<sup>-2</sup> e a evaporação na superfície corporal passou de 30 para 350 W m<sup>-2</sup>. Estes dados confirmam que a eliminação do calor latente é o principal mecanismo de perda de energia térmica sob altas temperaturas (>30 °C) e baixa umidade, sendo a evaporação cutânea responsável por 85% da perda total de calor nessa situação.

## **2.2 Respostas fisiológicas**

Fisiologicamente os animais reagem diferentemente a exposições frequentes a radiação solar, a mudanças drásticas de temperatura dentre outros fatores ambientais, o que altera o comportamento e a produtividade, além de desencadear alterações fisiológicas para o ajuste e manutenção da temperatura corporal (ROBERTO et al., 2010). Segundo Randall (2010), estresse refere-se ao que acontece quando um organismo deixa de responder adequadamente às ameaças, o que pode trazer como consequências o comprometimento da função imune, o ganho de peso e o desenvolvimento, tornando-se, assim relevante a compreensão das interações bioquímicas que constituem a resposta ao estresse.

Uma forma de avaliar as respostas dos animais ao ambiente térmico se dá pelo registro de alguns parâmetros fisiológicos, como a temperatura retal (TR), frequência respiratória (FR) e a temperatura da superfície do pelame (TP) (ZWALD, 2007).

As variações da TR e da FR podem ser influenciadas por fatores intrínsecos (idade, raça, estado fisiológico) e por fatores extrínsecos (hora do dia, ingestão de

alimentos e de água, temperatura ambiente, velocidade do vento, estação do ano) (PERISSINOTTO et al. 2009).

Em estudo realizado por Ferreira et al. (2006), com vacas mestiças ½ Gir-Holandês, durante as estações de inverno e verão, verificaram elevação na frequência respiratória, na temperatura retal e na temperatura do pelame, no período de estresse térmico, com aumento mais acentuado na temperatura retal e na frequência respiratória, o que caracterizou que ambos os parâmetros tem grande importância na avaliação do estresse em bovinos.

### **2.2.1 Temperatura Retal**

A temperatura corporal resulta do equilíbrio entre o ganho e a perda de calor do corpo, isto é, a quantidade de calor produzida no organismo, ou por ele absorvida e, a quantidade liberada para o ambiente. (BACCARI JÚNIOR, 2001). Quando o animal não consegue dissipar o calor excedente através dos mecanismos evaporativos e não evaporativos, a temperatura retal aumenta acima dos valores fisiológicos normais, caracterizando quadro de estresse térmico, responsável em parte pela baixa produtividade animal nos trópicos (NÓBREGA et al., 2011). Dessa forma, a medida da temperatura retal é usada frequentemente como índice de adaptabilidade fisiológica aos ambientes quentes, pois, seu aumento indica que os mecanismos de liberação de calor tornaram-se insuficientes (MARTELLO et al., 2004).

De acordo com Martello et al. (2002), a temperatura retal sofre interação com a hora do dia, apresentando maior valor durante o período da tarde em relação ao da manhã, variando também com a categoria animal analisada, sendo que as novilhas apresentam, na maior parte do dia, temperatura retal maior em comparação às vacas. Para vacas leiteiras a temperatura retal média é de 38,6 °C, com variação de 38,0 a 39,3 °C (ROBERTSHAW, 2006).

### **2.2.2 Frequência Respiratória**

O aumento da frequência respiratória é o primeiro sinal visível de resposta ao estresse pelo calor, embora ocupe o terceiro lugar na sequência dos mecanismos de adaptação fisiológica, pois a vasodilatação periférica e o aumento da sudorese ocorrem previamente (BACCARI JUNIOR, 2001). Esse aumento

geralmente está associado, a exposição ao calor, mudando o comportamento respiratório dos bovinos, devido ao menor volume de ar inspirado. Uma vez ofegante, o bovino inicia a troca de calor pela evaporação da umidade do trato respiratório (ROBERTSHAW, 2006).

A FR elevada atua como forma de dissipar calor excedente, quando mantida por várias horas, pode interferir na ingestão de alimentos e ruminação, adicionar calor endógeno a partir da atividade muscular e desviar a energia que poderia ser utilizada em outros processos metabólicos e produtivos (SOUZA et al., 2010). Assim, como causa perda de CO<sub>2</sub> pela respiração, reduz a produção de ácido carbônico no sangue. Ocorre então, elevação do pH do plasma, o que ocasiona alcalose respiratória. Paralelamente, em função do menor consumo alimentar, menor motilidade estomacal e predileção por alimentos concentrados (menor calor de fermentação no rúmen) (PORCIONATO et al., 2009).

Estudos realizados por Conceição (2008) mostraram que para animais jovens, a medida da FR é a mais interessante, pois pode ser feita a distância sem necessidade de contato direto com o animal, além disso, foi a variável que apresentou respostas imediatas as alterações do ambiente térmico. Reece (2006) apresenta como frequência respiratória normal a faixa entre 21 e 25 mov. min.<sup>-1</sup>, para bovinos de até um ano de idade.

### **2.2.3 Temperatura da Superfície do Pelame**

A pele representa uma fronteira entre o ambiente e o corpo dos animais e atua diretamente nas trocas térmicas entre estes, em que suas características morfológicas, como cor, densidade, comprimento, diâmetro dos pelos, influencia diretamente o isolamento térmico, com variação ao longo do ano (FAÇANHA et al., 2010).

A energia térmica produzida pelas reações metabólicas aquece os tecidos internos, a uma temperatura geralmente estimada pela temperatura retal, essa energia tende a passar para a superfície da epiderme por condução pelos dos tecidos e também carregada pelo sangue que irriga a superfície da pele. Ao atingir a epiderme, a energia se reduz e então se tem a temperatura da superfície cutânea (SOUZA e BATISTA, 2012). Porém, dependendo da região anatômica do corpo e em virtude das diferenças na atividade metabólica dos tecidos, observa-

se variação na temperatura corporal, mais estável que a temperatura da superfície corporal, que sofre mais influências do ambiente externo, ou seja, a temperatura superficial pode variar independentemente da temperatura retal (BAÊTA e SOUZA, 2010).

A temperatura da superfície do pelame depende, principalmente, das condições do ambiente: temperatura do ar, umidade relativa do ar e vento; e das condições fisiológicas como: vascularização e evaporação pelo suor. Assim, contribui para a manutenção da temperatura corporal mediante trocas de calor com o ambiente em temperaturas amenas (FERREIRA, 2006). Silva et al. (2010) afirma que a pele dos animais apresenta importância fundamental na manutenção da homeotermia, por meio de perda de calor por sudorese.

A TP é uma medida de fácil obtenção e pode ser realizada à distância, sem a necessidade de conter o animal. Associada à FR e TR, a TP está sendo usada como indicativo de estresse térmico (CONCEIÇÃO, 2008).

Estudo realizado no município de Quixeramobim (CE), avaliando a variação anual de características morfológicas e da temperatura de superfície do pelame de vacas da raça Holandesa, em ambiente semiárido, mostrou que o pelame menos denso apresentou menor resistência ao fluxo de calor latente e sensível através da capa, favorecendo a termólise. A temperatura da superfície do pelame preto foi em média 4 °C maior que a do pelame branco ao longo do ano e essa variação acompanhou a da temperatura radiante média (FAÇANHA et al., 2010).

### **2.3 Abrigos para bezerros lactentes**

A fase de cria é um momento de extrema importância, pois é nesta fase que ocorrem os maiores índices de mortalidade nos sistemas de produção de leite, que no Brasil, apresentam valores da ordem de 10 a 20%. Estes indicadores se tornam um problema, pois trata-se das fêmeas que serão futuras produtoras de leite e que possibilitarão a realização da seleção dentro do rebanho (SUÑÉ, 2009).

Bezerros que recebem nutrição inadequada, criados em bezerreiros sem boa ventilação ou submetidos a estresse por frio ou calor, apresentam grande risco de desenvolver doenças, pois, nestas situações, o desafio sobrepõe à capacidade do seu sistema imunológico (COELHO, 2009).

O dimensionamento adequado das instalações para criação de bezerros merece atenção especial, haja vista que correspondem ao espaço onde o animal desempenhará todas as suas funções. Sendo assim, deve haver disponibilidade de espaço físico para o exercício correto do aparelho locomotor, fundamental para o crescimento dos mesmos, proteção das ações diretas do clima (insolação, temperatura, ventos, chuva, umidade do ar), além de proporcionar condições adequadas de trabalho e bem-estar dos manejadores (FAÇANHA, et al., 2011).

Nordlund (2008) afirma que um dos fatores preponderantes nas instalações é a ventilação, visto que os animais estão mais susceptíveis a infecções causadas por bactérias e vírus, agentes patogênicos disseminados por aerossóis produzidos por espirros e tosses. Assim, a ventilação adequada promove a remoção de gases e umidade que podem causar estresse aos animais, reduzindo a resistência às doenças.

Para evitar ou reduzir o estresse térmico provocado pela radiação solar, o uso do sombreamento é uma alternativa viável, beneficiando o conforto térmico e favorecendo a termorregulação dos animais (GLASER, 2008). Trabalho realizado por Souza et al. (2010), avaliando o efeito do ambiente físico promovido pelo sombreamento, sobre as respostas termorregulatórias de novilhas de raças leiteiras, concluiu que o ambiente físico sombreado reduziu em mais de 50% a carga térmica radiante, sendo portanto, imprescindível para as novilhas garantir o bem-estar e o conforto térmico.

Milani e Souza (2010), em levantamento realizado em granjas leiteiras na região de Ribeirão Preto – SP constatou que na sua maioria, os bezerreiros eram instalações improvisadas e adaptadas, não considerando os aspectos importantes da atividade para as situações atuais e futuras, além de apresentarem elevados índices de mortalidade e graves problemas sanitários como diarreias e doenças respiratórias. Os bezerreiros encontrados foram os do tipo baias fixas dentro de galpões, casinhas tropicais e piquetes ao ar livre, sendo que este último era adotado para animais com mais de cinco meses de idade.

No Brasil ainda é muito comum o uso de alojamentos coletivos (tipo baias) para bezerros em aleitamento, pois os produtores visam à redução dos custos com instalações e mão-de-obra. Porém, esse sistema poderá não refletir economia, visto que os animais estarão em contato físico entre eles, favorecendo a disseminação de doenças, o que poderá por em risco todo o lote.



As estruturas com sombrites também são utilizadas, apesar de apenas aliviarem parcialmente a exposição à radiação solar, não sendo capaz de alterar a temperatura atmosférica ou a umidade relativa do ar (THATCHER, 2010).

Uma alternativa bastante difundida é o uso de abrigos individuais com a separação física dos bezerros, o que promove a redução da disseminação de doenças pela diminuição do contato dos bezerros com agentes patogênicos. A individualização aumenta o poder de observação sobre o animal, facilitando a identificação imediata dos primeiros sinais de doenças (NORDLUND, 2008).

A popularização do uso de abrigos móveis em regiões de clima temperado ocorreu na década de 1980, no mesmo período, alguns pesquisadores brasileiros propuseram a utilização destas instalações em condições tropicais. No Brasil, embora a utilização de abrigos móveis seja largamente recomendada, há pouca informação sobre sua utilização. Tem-se observado que, em condições tropicais, os bezerros passam a maior parte do tempo fora dos abrigos e que, mesmo nos horários de radiação solar mais intensa ou durante fortes chuvas, os animais pouco utilizam as instalações e mantêm-se, na maior parte do tempo, expostos às intempéries (CUNHA et al., 2007b).

#### **2.4 Propriedades térmicas dos materiais de cobertura**

A maioria dos trabalhos relacionados aos materiais de cobertura para as condições brasileiras avalia o aquecimento térmico dos ambientes e possíveis soluções para minimizar esse efeito, o que é coerente, pois, o País apresenta, na média, verões quentes ou muito quentes e grande parte dos animais sofre de estresse pelo calor. (SAMPAIO et al., 2011).

Dentre os fatores construtivos, o telhado destaca-se como elemento que pode reduzir significativamente o incremento térmico no interior das instalações e promover o conforto térmico dos animais (FAGHIH e BAHADORI, 2009). Essa importância deve-se ao fato da grande área de interceptação de radiação e que, em regiões tropicais, a escolha adequada da telha torna-se fator principal para o conforto térmico (SAMPAIO, et al. 2011).

A influência do telhado no ambiente térmico é decorrente dos processos de transferência de energia, por meio do material constituinte das telhas, da sua natureza superficial e da existência e eficiência de isolantes térmicos e forros. A

quantidade de radiação que é transmitida para dentro do ambiente será função das propriedades térmicas do material utilizado (CONCEIÇÃO, 2008).

O material constituinte das telhas é caracterizado pelo isolamento, amortecimento e retardo térmico; à natureza superficial, caracterizado pela absorvidade e emissividade (CARDOSO, 2010).

A transferência de energia entre a instalação, seus ocupantes e o ambiente, ocorre por condução, radiação, convecção e evaporação. Os processos térmicos em seu interior dependem das propriedades (absorvidade, refletividade, e transmissividade térmica) dos materiais (MICHELS et al., 2008). Também são de grande relevância nos processos térmicos as propriedades de emissividade, inércia, resistência e condutibilidade térmica.

Os isolantes que reduzem a transferência do calor por radiação, também são chamados de isolantes térmicos reflexivos ou de barreiras radiantes. Este tipo de isolante é formado por um material de baixa emissividade e alta refletividade que reduz a emissão da radiação de onda longa. Assim, os ganhos térmicos no verão e as perdas de calor no inverno são reduzidos. O material comumente utilizado como barreira radiante é o alumínio (MICHELS, 2007).

O amortecimento térmico é a capacidade de diminuir a amplitude térmica entre as superfícies de um determinado fechamento, e esta ligada a capacidade térmica do fechamento e a resistência térmica. A capacidade térmica do fechamento representa a quantidade de calor requerida para elevar em uma unidade a temperatura por unidade de área e espessura determinada, ou seja, esta propriedade determina que quantidade de calor se acumula no fechamento, provocando assim o aumento de sua temperatura, para posteriormente dissipar para o lado oposto do fechamento, o que também freia a velocidade de deslocamento do fluxo de energia. Devido ao amortecimento, dentro das instalações, a temperatura interior não atinge nem os máximos nem os mínimos exteriores, fato explicável pela capacidade de amortecimento dos elementos de construção (RIVERO, 1986). O retardo térmico pode ser definido como o tempo que leva uma diferença térmica num dos meios para manifestar-se na superfície oposta do fechamento e depende dos parâmetros de condutividade térmica, calor específico, densidade absoluta e espessura do material (RIVERO, 1986). Conforme a definição na norma brasileira NBR 15220-1 (2005), absorvância à

radiação solar é o quociente da taxa de radiação solar absorvida por uma superfície pela taxa de radiação solar incidente sobre esta mesma superfície.

A reflectividade é uma propriedade física fundamental no entendimento do comportamento térmico dos materiais. De acordo com a NBR 15220-1 (2005), a reflectância é definida como o quociente da taxa de radiação solar refletida por uma superfície, pela taxa de radiação solar incidente sobre a mesma. As variações dos valores de reflectância são em função de muitos fatores, entre eles estão a rugosidade da superfície do material, e elementos meteorológicos (radiação solar, temperatura e nebulosidade). A cor da superfície do material também influencia na capacidade de refletir, podendo uma superfície refletir 85% da radiação solar incidente, absorvendo apenas 18% (IKEMATSU, 2007). Sendo assim uma forma de reduzir a absorção de calor pelo telhado é o uso de materiais ou pintura refletivos à radiação solar (WRAY e AKBARI, 2008). Westphal et al. (2012) define transmissividade como sendo a razão entre a taxa de radiação solar que atravessa uma superfície e a taxa de radiação solar incidente sobre a mesma superfície. A emissividade é uma característica da superfície dos corpos. Quanto menos, menor é a transferência de calor por radiação. É uma propriedade bastante importante e de grande utilidade na quantificação da participação de uma superfície nas trocas térmicas com o ambiente vizinho. Seu envolvimento pode ser no sentido de se aumentar a troca de calor. Portanto, a emissividade se define como a relação entre a radiação emitida por uma superfície real e a radiação emitida, na mesma temperatura, por um corpo negro. O corpo negro (ou superfície negra) consiste no modelo ideal para a radiação, sendo definido como o corpo ou superfície que absorve toda radiação incidente, proveniente de todas as direções, bem como emite a maior quantidade possível de energia em um determinado comprimento de onda e em uma determinada temperatura (NICOLAU et al., 2008).

A inércia térmica é o conceito utilizado para descrever o efeito da transferência de calor entre o ambiente externo e o ambiente interno, no qual as ondas de calor sofrem efeito de armazenamento e atraso através de materiais construtivos. As ondas de calor variam através de determinado período de tempo segundo um regime variável periódico. O conceito de inércia térmica está ligado à capacidade da edificação de reduzir o pico de calor transferido e de liberá-lo posteriormente (Dorneles e Roriz, 2004). Segundo Granja (2002) o estudo da

inércia térmica tem como pressuposto que o fenômeno da transmissão de calor para o ambiente interior de uma edificação, ocorre sob efeito do regime variável do tipo periódico. Nos países tropicais, do ponto de vista do conforto térmico ambiental, o intervalo de 24 h é o período de tempo mais representativo para a análise do fenômeno. A resistência térmica é a propriedade que se opõe ao fluxo de calor e depende da condutividade térmica do material (CARDOSO, 2010). Em regiões com clima quente, alta resistência térmica nas horas mais quentes do dia pode reduzir o efeito da radiação solar, porém, aumentando a resistência térmica, poderá reduzir a transferência de calor do telhado no período noturno, que é mais fresco (LIBERATI e ZAPPAVIGNA, 2007). Segundo MICHELS, (2007) quanto maior o valor da resistência térmica, maior será a resistência à passagem do fluxo de calor para o interior. A condutibilidade térmica é a propriedade do material que caracteriza o fluxo de calor transferido por unidade de espessura e por unidade de gradiente de temperatura (WESTPHAL et al., 2012). A condutibilidade térmica de alguns materiais comumente utilizados como material de coberturas é de 230, 0,76 e 0,12 ( $W m^{-1} °C$ ) para respectivamente, alumínio, fibrocimento e palha (INCROPERA et al., 2008).

A cobertura ideal de instalações para animais, nas condições brasileiras, deve apresentar grande capacidade de refletir a radiação solar, ter considerável capacidade de isolamento térmico e ainda capacidade de condutividade térmica da ordem de 12 h. Com essas características, a pequena quantidade de radiação solar absorvida pela telha terá dificuldade em atravessar o material e, ao fazê-lo, atingirá seu interior com defasagem de 12 h, aquecendo o ambiente interior quando sua temperatura estiver mais baixa. O tipo de material determinará a quantidade de radiação que passará para dentro da construção, contribuindo para a elevação da temperatura no seu interior (CONCEIÇÃO, 2008).

## **2.5 Análise da eficiência térmica das instalações**

Inicialmente a avaliação do impacto das condições do ambiente térmico sob o conforto animal, dava-se apenas pela temperatura do ar, porém, este é um fator limitado visto que o estresse térmico é ocasionado pela combinação da temperatura com outras variáveis ambientais (LIMA, 2011).

Entretanto, um ambiente é caracterizado por inúmeros fatores, que deve ser reduzido a uma única variável que represente a combinação de todos estes

valores (NEVES et al., 2009). Sendo assim, para caracterizar as zonas de conforto térmico adequadas às diferentes espécies animais e quantificar o seu afastamento em relação às temperaturas de alojamento, foram desenvolvidos os índices de conforto térmico, que resumem, numa única variável, tanto os elementos que caracterizam o ambiente térmico que circunda o animal, como o estresse que tal ambiente possa estar causando no mesmo (PERISSINOTTO, et al., 2007).

Com relação a ruminantes, principalmente das raças bovinas, existe grande variação nos valores das temperaturas crítica superior e inferior, como também nos valores dos índices de conforto (SAMPAIO et al., 2011).

Fonseca et al.(2011) fez uso dos índices de conforto térmico para avaliação da influência térmica de abrigos individuais para bezerros leiteiros, cobertos com telha de zinco, telha de fibrocimento e fibrocimento pintada de branco na face superior; os resultados indicaram que as telhas com pintura reflexiva promoveram menor carga térmica radiante e menor índice de temperatura do globo e umidade, o que favoreceu o conforto térmico dos animais.

### **2.5.1 Índice de temperatura e umidade**

O índice de temperatura e umidade (ITU) foi desenvolvido por Thom (1959) e descreve a atuação conjunta da temperatura de bulbo seco e da umidade relativa do ar sobre o desempenho dos animais (LIMA, 2011). Este índice é um dos mais utilizados em estudos sobre conforto térmico para bovinos leiteiro, embora vários autores já tenham demonstrado que, por considerar apenas temperatura e umidade do ar, apresenta limitação em representar de forma mais ampla as condições ambientais sob as quais os animais vivem (SILVA et al. 2007; ALMEIDA et al. 2009; TONELLO, 2011).

Valores de ITU iguais ou menores que 72 unidades, expressam a condição de conforto térmico para o animal; entre 73 e 78, o limite crítico; entre 79 e 83, situação de perigo, e acima de 83, situação de emergência (HAHN, 1982).

Campos et al. (2002) propuseram um limite máximo de 75 para o ITU, com ênfase no conforto térmico do rebanho leiteiro da raça Holandesa e observaram que, para valores de ITU de 70 ou menos, nenhum desconforto térmico para vacas leiteiras ocorreu; para valores de 75 ou mais, a produção de leite e a ingestão de alimentos ficaram seriamente prejudicadas. Descreve ainda, que

bovinos de todas as idades mostraram algum sinal de desconforto térmico com ITU igual ou superior a 78, tornando-se agudo com o aumento no valor deste índice. Azevedo et al. (2005) baseado na temperatura retal e frequência respiratória estimaram valores críticos superiores de ITU iguais a 80, 77 e 75 para os animais dos grupos genéticos  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{3}{4}$  e  $\frac{7}{8}$  Holandês – Zebu, respectivamente.

### **2.5.2 Índice de temperatura de globo e umidade**

O índice de temperatura de globo e umidade (ITGU) foi desenvolvido por Buffington et al. (1981), como um índice de conforto térmico para vacas leiteiras expostas a ambientes com radiação solar direta e indireta. Temperaturas retais e taxa respiratória de vacas leiteiras são diretamente relacionadas com o ITGU, enquanto a produção de leite e a eficiência reprodutiva estão inversamente relacionadas (ALMEIDA, 2009). O mesmo autor afirma que o ITGU é mais preciso para se medir o conforto térmico dos ruminantes, por englobar em um único valor os efeitos da temperatura de bulbo seco, velocidade do ar, umidade e da radiação solar direta e indireta. O ITGU, determinado por Buffington et al. (1981) é baseado nas temperatura de globo negro, na temperatura de ponto de orvalho e na temperatura ambiente.

De acordo com Souza et al. (2002), os valores de ITGU até 74 definem condição de conforto para os bovinos, entre 75 e 78 a situação é de alerta, entre 79 a 84 caracterizam perigo e acima deste, a situação é de emergência.

### **2.5.3 Entalpia**

Entalpia é uma variável física que indica a quantidade de energia contida em uma mistura de vapor d'água e ar seco. Portanto, nos casos de mudança de umidade relativa, para uma mesma temperatura, a energia envolvida nesse processo se altera e, conseqüentemente, a troca térmica que ocorre no ambiente também sofre alteração (MARTELLO et al., 2004).

A entalpia é a energia do ar úmido por unidade de massa de ar seco ( $\text{KJ kg de ar seco}^{-1}$ ), acima de uma temperatura de referência. Na prática, a temperatura de referência utilizada para o cálculo da entalpia é  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , de tal forma que o conteúdo de energia do ar seco a essa temperatura é considerado zero (MARTINELLI JÚNIOR, 2000). Quanto maior o valor da entalpia maior a quantidade de energia presente no ar e maior o desconforto encontrado pelos

animais, pois a perda de calor através de processos evaporativos torna-se mais difícil (CONCEIÇÃO, 2008).

#### **2.5.4 Carga térmica radiante**

O uso da carga térmica radiante (CTR) foi proposta por Esmay (1969), sendo um índice adotado por diversas pesquisas desde então. A CTR oferece a estimativa dos efeitos combinados da energia térmica radiante, da temperatura do ar e da velocidade do vento, dando assim uma medida do conforto térmico, desde que se suponha não haver trocas térmicas por evaporação entre o ambiente e o animal considerado.

Para determinar a CTR de um ambiente, é necessário conhecer a temperatura média adiante (TMR), que é a temperatura correspondente ao fluxo radiante emitido pela atmosfera, admitida como um corpo negro ao qual se aplica a lei da radiação de Stefan-Boltzman (CONCEIÇÃO, 2008). Também é possível determinar a temperatura radiante de uma forma simplificada, utilizando-se a temperatura do globo negro, ou globo de Vernon (SILVA, 2000).

Silva et al. (2007) afirmam que sob condições tropicais, os bovinos estão geralmente expostos à CTR elevada, favorecendo o desconforto térmico. Portanto, é necessário proteger os animais da radiação solar direta a fim de proporcionar a menor carga térmica radiante possível. O uso de abrigos com uma grande variedade de materiais de cobertura (sombreado, fibrocimento, cerâmica, etc.) promove redução de até 30% da carga térmica radiante que o animal receberia a céu aberto, minimizando o desconforto dos animais de produção (BAÊTA e SOUZA, 2010).

#### **2.6 Uso da termografia na produção animal**

A radiação incidente é o fator mais significativo, quando se trata de ambiência e conforto térmico animal em regiões semiáridas, nas quais ocorre frequentemente uma alta incidência de radiação solar, o que prejudica a qualidade do ambiente interno às instalações devido à inércia térmica dos materiais de construção e a carga térmica produzida pelos animais (ROBERTO, 2012).

A análise térmica por meio de câmera termográfica é uma técnica não invasiva de diagnóstico da temperatura de superfícies, capaz de detectar

variações mínimas da temperatura com precisão, por meio da radiação infravermelha emitida e refletida pelos objetos alvo, o que permite a geração de imagens térmicas (KOTRBA et al., 2007).

Segundo Knížková et al. (2007), alguns parâmetros são determinantes para precisão da mensuração da temperatura por meio da câmera termográfica: a emissividade do objeto alvo, a refletância da temperatura em formas de ondas infravermelhas, a distância entre o objeto alvo e a câmera e a umidade do ar.

O equipamento pode ser usado na identificação de pontos de valores distintos de temperatura radiante, para detecção das alterações no fluxo sanguíneo periférico, informação de grande importância para o reconhecimento de eventos fisiológicos, sendo útil na avaliação do estresse térmico animal (BOUZIDA et al., 2009). Segundo Zotti (2010), a utilização de imagens termográficas é uma ferramenta que pode ser empregada como forma de minimizar erros na aquisição da temperatura da superfície, por caracterizar melhor o perfil térmico dos animais.

Estudo com o uso da termografia aplicado a bovinos de leite, estabeleceram correlações entre temperaturas superficiais de diferentes regiões do corpo de vacas em lactação com a produção de calor (MONTANHOLI et al., 2008).

Fiorelli et al. (2012), avaliando a eficiência térmica de telhas onduladas de fibrocimento aplicadas em abrigos individuais para bezerros, por meio de imagens termográficas infravermelhas, portaram-se com eficiência para melhor compreensão dos processos de transferência de calor da cobertura para o interior das instalações. Trata-se, portanto, de uma alternativa eficiente para análise da distribuição da temperatura na superfície do corpo do animal, além de auxiliar na compreensão da termorregulação em razão das mudanças da temperatura da pele (KNÍŽKOVÁ et al., 2007).

O uso de novas tecnologias como a termografia infravermelho surgem como alternativas para precisar o impacto dos elementos meteorológicos na produção animal, dando suporte à tomada de decisão com ênfase na saúde e no bem-estar animal (ROBERTO, 2010).



### 3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, G. L. P. **Climatização na pré-ordenha de vacas da raça girolando e seus efeitos na produção e qualidade do leite e no comportamento animal.** 2010.135 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 14220-1: Desempenho térmico de edificações – Parte 1: Definições, símbolos e unidades. ABNT/CB-02 Construção civil, Rio de Janeiro, 2005.

AZEVEDO, M.; PIRES, M. F. A.; SATURNINO, H. M.; LANA, A. M. Q.; SAMPAIO, I. B. M.; MONTEIRO, J. B. N.; MORATO, L. E. Estimativas de níveis críticos superiores do índice de temperatura e umidade para vacas leiteiras 1/2, 3/4 e 7/8 Holandês-Zebú, em lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.34, n.6, p.2000-2008, 2005.

BACCARI JÚNIOR, F. **Manejo ambiental da vaca leiteira em climas quentes.** Londrina: UEL Editora, 2001. 141 p.

BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. **Ambiência em edificações rurais: Conforto animal.** 2. ed. Viçosa, MG: ed. UFV. 2010. 269p.

BOUZIDA, N.; BENDADA, A.; MALDAGUE, X.P. Visualization of body thermoregulation by infrared imaging. **Journal of Thermal Biology**, Oxford, v.34, n.3, p.120-126, 2009.

BUFFINGTON, D.E.; COLLAZO-AROCHO, A.; CANTON, G.H.; PITT, D. Black Globe-Humidity index (BGHI) as Comfort Equation for Dairy Cows. **Transactions of the Asae**, p.711-713, 1981.

CAMPOS, A. T.; KLOSOWSKI, E. S.; GASPARINO, E.; CAMPOS, A. T. Estudo do potencial de redução da temperatura do ar por meio do sistema de resfriamento adiabático evaporativo na região de Maringá-PR. **Acta Scientiarum**, Maringá, v.24, n.5, p.1.575-1.581, 2002.

CARDOSO, A. S. **Avaliação de materiais alternativos como coberturas em instalações para produção animal visando o conforto térmico.** 2010. 98f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

COELHO, S. G. Desafios na criação e saúde de bezerros. In: Anais do VIII Congresso Brasileiro de Buiatria. Belo Horizonte, **Anais...**, 2009. Disponível em:< [http://xa.yimg.com/kq/groups/20728998/524784205/name/UNKNOWN\\_PARAMET ER\\_VALUE](http://xa.yimg.com/kq/groups/20728998/524784205/name/UNKNOWN_PARAMET ER_VALUE)> Acesso em 13 de jan. de 2013.

CONCEIÇÃO, M. N. **Avaliação da influencia do sombreamento artificial no desenvolvimento de novilhas leiteiras em pastagem.** 2008.137f. Tese

(Doutorado em Física do Ambiente Agrícola). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

CUNHA, D. N. F. V.; CAMPOS, O. F.; PEREIRA, J. C.; PIRES, M. 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**, Viçosa, v.36, n.4, p.1140-1146, 2007a.

CUNHA, D. N. F. V.; CAMPOS, O. F.; PEREIRA, J. C.; PIRES, M. F. A.; OLIVEIRA, R. F. M.; MARTUSCELLO, J. A. Desempenho, variáveis fisiológicas e comportamento de bezerros mantidos em diferentes instalações: época seca. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.4, p.847-854, 2007b.

DIKMEN, S; HANSEN, P. J. Is the temperature-humidity index the best indicator of heat stress in lactating dairy cows in a subtropical environment? **Journal of Dairy Science**, v. 92, p. 109-116, 2009.

DORNELLES, K. A.; RORIZ, M. **Thermal Inertia, Comfort and Energy Consumption in Buildings: A Case Study in São Paulo State – Brazil**. International Journal for Housing Science and its Applications. Ed. Ural & Associates. Great Britain. 2004. VOL 28; PART 2, pages 153-162.

ESMAY, M. L. Principles of animal environment. 2. ed. Westport:CT Abi, 1969. 325p.

FAÇANHA, D. A. E.; VASCONCELOS, A. M.; SILVA, W. S. T.; CHAVES, D. F.; MORAIS, J. H. G.; OLIVO, C. J. Respostas comportamentais e fisiológicas de bezerros leiteiros criados em diferentes tipos de instalações e dietas líquidas. **Acta Veterinaria Brasilica**, Mossoró, v.5, n.3, p.250-257, 2011.

FAÇANHA, D. A. E.; SILVA, R. G.; MAIA, A. S. C.; GUILHERMINO, M. M. VASCONCELOS, A. M. Variação anual de características morfológicas e da temperatura de superfície do pelame de vacas da raça Holandesa em ambiente semiárido. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.39, n.4, p.837-844, 2010.

FAGHIH, A. K.; BAHADORI, M. N. Solar radiation on domed roofs. *Energy and Buildings*. v.41, p.1238-1245, 2009.

FERREIRA, L. C. B. **Respostas fisiológicas e comportamentais de bovinos submetidos a diferentes ofertas de sombra**. 2010. 89f. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas). Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

FERREIRA, F.; PIRES, M. F. A.; MARTINEZ, M. L.; COELHO, S. G.; CARVALHO, A. U.; FERREIRA, P. M.; FACURY FILHO, E. J.; CAMPOS, W. E. Parâmetros fisiológicos de bovinos cruzados submetidos ao estresse calórico. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.58, n.5, p. 732-738, 2006.

FIORELLI, J.; SCHMIDTI, R.; KAWABATA, C. Y.; OLIVEIRA, C. E. L.; SAVASTANO JUNIOR, 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**, Santa Maria, v.42, n.1, p.64-67, jan, 2012.

FONSECA, P. C. F.; ALMEIDA, E. A.; PASSINI, R. Thermal comfort indices in individual shelters for dairy calves with different types of roofs. **Revista de Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.31, n.6, p.1044-1051, nov./dez. 2011.

GLASER, F. D. **Aspectos comportamentais de bovinos das raças Angus, Caracu e Nelore a pasto frente à disponibilidade de recursos de sombra e água para imersão**. 2008. 117 f. Tese (Doutorado em Zootecnia). Universidade de São Paulo, Pirassununga.

GRANJA, A. D. **Transmissão de Calor em Regime Periódico: Efeito de Inércia Térmica em Fechamentos Opacos**. 2002. 132f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Universidade Estadual de Campinas. Campinas.

HAHN, G. L. Compensatory performance in livestock: influence on environmental criteria. In: INTERNATIONAL LIVESTOCK ENVIRONMENT SYMPOSIUM, 2., 1982. St. Joseph. **Proceedings...** St. Joseph, Michigan: ASAE, 1982. p.285-294.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2012. Pesquisa da agropecuária municipal. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/ppm/2011/default.shtm>>. Acesso em: 03 de jan. 2013.

IKEMATSU, P. **Estudo da reflectância e sua influencia no comportamento térmico de tintas reflectivas e convencionais de cores correspondentes**. 2007. 117f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de construção civil e urbana). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

INCROPERA, F. P.; DEWITT, D. P.; BERGMAN, T. L.; LAVINE, A. S. **Fundamentos de transferência de calor e de massa**. 6 ed. 2008. Tradução: QUEIROZ, E. M.; PESSOA, F. L. P. Rio de Janeiro: LTC, 2008. 643 p.

KNÍŽKOVÁ, I.; KUNC, P.; GÜRDİL, G.A.K.; PINAR, Y.; SELVÍ, K.Ç. Applications of infrared thermography in animal production. **Journal of the Faculty of Agriculture, Kyushu**, v.22, n.3, p.329-336, 2007.

KOTRBA, R.; KNÍŽKOVÁ, I.; KUNC, P.; BARTOS, L. Comparison between the coat temperature of the eland and dairy cattle by infrared thermography. **Journal of Thermal Biology**, v.32, p.355–359, 2007.

LIBERATI, P.; ZAPPAVIGNA, P. A dynamic computer model for optimization of the internal climate in swine housing design. *Transactions of the ASABE*, v.50, p.2179-2188, 2007.

LIMA, I. A. **Adaptabilidade ao calor de vacas da raça Girolando, em duas estações do ano.** 2011. 115f. Tese (Doutorado em zootecnia). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

MAC-LEAN, P. A. B. **Programa de suplementação de luz e relações entre variáveis fisiológicas e termográficas de bezerros em aleitamento em clima quente.** 2012. 103f. Tese (Doutorado em zootecnia). Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga.

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.

MARTELLO, L. S. **Interação animal-ambiente: efeito do ambiente climático sobre as respostas fisiológicas e produtivas de vacas Holandesas em free-stall.** 2006. Tese (Doutorado em Qualidade e Produtividade Animal), Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo. Pirassununga.

MARTELLO, L. S.; SAVASTANO JUNIOR, H.; SILVA, S. L.; TITTO, E. A. I. Respostas fisiológicas e reprodutivas de vacas holandesas em lactação submetidas a diferentes ambientes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.33, n.1, p.181-191, 2004.

MARTELLO, L. S.; SAVASTANO JÚNIOR, H.; SILVA, S. L.; TITTO, E. A. L.; PEREIRA, A. M. F. Avaliação do consumo e produção de leite de multíparas e primíparas submetidas a diferentes ambientes. In: CONGRESSO DE ZOOTECNIA, 12. 2002, Villa Real. **Anais...** Villa Real: APEZ, 2002. p. 470-473.

MARTINELLI JÚNIOR, L. C. **Tecnologia Mecânica: Refrigeração e Ar Condicionado.** Ijuí: Unijuí, n.19, cap.1, 2000.

MICHELS, C.; LAMBERTS, R.; GÜTHS, S. Evaluation of heat flux reduction provided by the use of radiant barriers in clay tile roofs. **Energy and Buildings**, Belgrade, v. 40, p. 445-451, 2008.

MICHELS, C. **Análise da transferência de calor em coberturas com barreiras radiantes.** 2007.119f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

MILANI, A. P.; SOUZA, F. A. Artigo técnico granjas leiteiras na região de Ribeirão Preto – SP. **Revista de Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.30, n.4, p.742-752, jul./ago. 2010.

Milkpoint - Dados de produção de leite: Disponível em: <<http://www.milkpoint.com.br/cadeia-do-leite/estatisticas/estatisticas-do-leite-milkpoint-80417n.aspx>>. Acesso em: 28 de janeiro de 2013.

MONTANHOLI, Y.R.; ODONGO, N. E.; SWANSON, K. C.; SCHENKEL, F. S.; McBRIDE, B. W.; MILLER, S. P. Application of infrared thermography as an

indicator heat and methane production and its use in the study of skin temperature in response to physiological events in dairy cattle (*Bos taurus*). **Journal of Thermal Biology**, v.33, p.468–475, 2008.

MORAIS, D. A. E. F.; MAIA, A. S. C.; SILVA, R. G.; VASCONCELOS, A. M.; LIMA, P. O.; GUILHERMINO, M. M. Variação anual de hormônios tireoideanos e características termorreguladoras de vacas leiteiras em ambiente quente. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.37, n.3, p.538-545, 2008.

MÜLLER, M.; SILVA, R. W. S. M.; Mielke, L. F. Efeito de diferentes instalações sobre o comportamento ingestivo de bezerros da raça holandesa. **Revista da 9ª Jornada de Pós-Graduação e Pesquisa**, 2011. Universidade da Região da Campanha, Bagé.

NÄÄS, I. A.; ROMANINI, C. E. B.; D. P.; NEVES, D. P.; NASCIMENTO, G. R.; RIMENA DO AMARAL VERCELLINO, R. A. Broiler surface temperature distribution of 42 day old chickens. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.67, n.5, p.497-502, set./out. 2010.

NAVARINI, F. C.; KLOSOWSKI, E. S.; CAMPOS, A. T.; TEIXEIRA, R. A.; CLÉCIO P. ALMEIDA, C. P. Conforto térmico de bovinos da raça nelore a pasto sob diferentes condições de sombreamento e a pleno sol. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.29, n.4, p.508-517, out./dez. 2009.

NEVES, M. L. M. W.; AZEVEDO, M.; COSTA, L. A. B.; GUIM, A.; LEITE, A. M.; CHAGAS, J. C. Níveis críticos do índice de conforto térmico para ovinos da Raça Santa Inês criados a pasto no Agreste do Estado de Pernambuco. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, v. 31, n. 2, p. 169-175, 2009.

NICOLAU, V. P.; NUNES, A. T.; SCOPEL, D. A. B.; REINALDO, E. B. determinação experimental de emissividades de materiais cerâmicos. 52º Congresso Brasileiro de Cerâmica, 2008. Florianópolis. **Anais...** 2008 art. 05-019, 12p.

NÓBREGA, G. H.; SILVA, E. M. N.; SOUZA, B. B.; MANGUEIRA, J. M. A produção animal sob a influência do ambiente nas condições do semiárido nordestino. **Revista verde de agroecologia e desenvolvimento sustentável**. Vol. 06, n. 01, p. 67- 73, 2011.

NORDLUND, K. V. Practical considerations for ventilating calf barns in winter. *Veterinary Clinics North America*, v.24, p.41-54, 2008.

OLIVEIRA, M. C. S. Cuidado com bezerros recém-nascidos em rebanhos leiteiros. Circular Técnica 68, **Embrapa Pecuária Sudeste**, São Carlos, 2012. Disponível em:<<http://www.cppse.embrapa.br/sites/default/files/principal/publicacao/Circular68.pdf>>. Acesso em: 12 de jan. 2013.

PERISSINOTTO, M.; MOURA, D. J.; CRUZ, V. F.; SOUZA, S. R. L.; LIMA, K. A. O.; MENDES, A. S. Conforto térmico de bovinos leiteiros confinados em clima subtropical e mediterrâneo pela análise de parâmetros fisiológicos utilizando a teoria dos conjuntos *fuzzy*. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, p. 1492-1498, 2009.

PERISSINOTO, M.; MOURA, D. J.; CRUZ, V. F. Avaliação da produção de leite em bovinos utilizando diferentes sistemas de climatização. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v.30, n.1, p.135-142, 2007.

PORCIONATO, M. A. F.; FERNANDES, A. M.; NETTO, A. S.; SANTOS, M. V. Influência do estresse calórico na produção e qualidade do leite. **Revista Acadêmica Ciências Agrárias Ambientais**, Curitiba, v.7, n.4, p. 483-490, out./dez. 2009.

RANDALL, M. The Physiology of Stress: Cortisol and the Hypothalamic-Pituitary-Adrenal Axis. **DUJS Online - The Dartmouth Undergraduate Journal of Science**. Fall 2010.

REECE, W. Respiração nos mamíferos. In: **Dukes: Fisiologia dos animais domésticos**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2006. p.103-134.

RIVERO, R. O. **Arquitetura e clima: condicionamento térmico natural**. 2. ed. Porto Alegre: D. C. Luzzato, 1986. 240p.

ROBERTSHAW, D. Regulação da temperatura e o ambiente térmico. In: REECE, W. O. **Dukes: Fisiologia dos animais domésticos**. 12. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2006.

ROBERTO, J. V. B. **Efeito do ambiente térmico e uso da termografia de infravermelho em caprinos Saanen e seus mestiços com o Boer no Semiárido brasileiro**. 2012. 89f. Dissertação (Mestrado em zootecnia). Centro de Saúde e Tecnologia Rural, Universidade Federal de Campina Grande, Patos.

ROBERTO, J. V. B.; SOUZA, B. B.; SILVA, A. L. N.; JUSTINIANO, S. V.; SOARES FREITAS, M. M. Parâmetros hematológicos de caprinos de corte submetidos a diferentes níveis de suplementação no semiárido paraibano. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.23, n.1, p. 127-132, jan./mar. 2010.

RODRIGUES, A. L.; SOUZA, B. B.; PEREIRA FILHO, J. M. Influência do sombreamento e dos sistemas de resfriamento no conforto térmico de vacas leiteiras. **Agropecuária Científica no Semiárido**, Patos, v.6, n.2, p. 14-22, abr./jun. 2010.

SAMPAIO, C. A. P.; CARDOSO, C. O.; SOUZA, G. P. Temperaturas superficiais de telhas e sua relação com o ambiente térmico. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.31, n.2, p.230-236, mar./abr. 2011.

SEBRAE - Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. 2010. Boletim Setorial do Agronegócio – Bovinocultura leiteira. Recife, agosto de 2010, 28 p. Disponível em: <<http://www.sebrae.com.br/setor/leite-e-derivados/Boletim%20Bovinocultura.pdf>>. Acesso em: 24 de set. de 2011

SENAR - Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. 2012. Disponível em: <<http://www.sistemafaep.org.br/noticia.aspx?id=1355>>. Acesso em: 29/12/2012.

SILVA, I. M. **Automação do sistema de resfriamento adiabático evaporativo na pré-ordenha de vacas Girolando e seus efeitos na produção de leite.** 2011. 96f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

SILVA, E. M. N.; SOUZA, B. B.; SOUSA, O. B.; SILVA, G. A.; FREITAS, M. M. S. Avaliação da adaptabilidade de caprinos ao semiárido através de parâmetros fisiológicos e estruturas do tegumento. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 23, n. 2, p. 142-148, abr./jun. 2010.

SILVA, R. G.; MORAIS, D. A. E. F.; GUILHERMINO, M. M. Evaluation of thermal stress indexes for dairy cows in tropical regions. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.4, p.1192-1198, 2007.

SILVA, R. G. **Introdução à bioclimatologia animal.** São Paulo: Nobel, 2000. 286 p.

SOUZA, B. B.; BATISTA, N. L. Os efeitos do estresse térmico sobre a fisiologia animal. **Agropecuária Científica no Semiárido**, Patos, v.8, n.3, p. 06-10, jul./ set. 2012.

SOUZA, B. B.; SILVA, I. J. O.; MELLACE, E. M.; SANTOS, R. F. S.; ZOTTI, C. A. Avaliação do ambiente físico promovido pelo sombreamento sobre o processo termorregulatório em Novilhas leiteiras. **Agropecuária Científica no Semiárido**, Patos, v.6, n.2 abr./jun. p. 59 – 65. 2010.

SOUZA, C. F.; TINÔCO, I. DE 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**, v.26, p.157-164, 2002.

SUÑÉ, R. W. Criação da terneira e da novilha leiteira. Documento Técnico 93, Embrapa Pecuária Sul, Bagé, 2009. Disponível em:<<http://www.cppsul.embrapa.br/unidade/publicacoes:list/225>>. Acesso em: 09 de Jan. de 2013.

THATCHER, W. W.; FLAMENBAUM, I.; BLOCK, J.; BILBY, T. R. Manejo de estresse calórico e estratégias para melhorar o desempenho lactacional e reprodutivos em vacas de leite. XIV CURSO NOVOS ENFOQUES NA PRODUÇÃO E REPRODUÇÃO DE BOVINOS, 2010. Uberlândia, MG. **Anais...** 2010, p. 2-25.

THOM, E. C. The discomfort index. **Weatherwise**, Philadelphia, v.12, n.1, p.57-59, 1959.

TONELLO, C. L. **Validação de índice de conforto térmico e zoneamento bioclimático da bovinocultura de leite**. 2011. 140f. Tese (Doutorado em zootecnia), Universidade Estadual de Maringá, Maringá.

VASCONCELOS, A. M.; MORAES, D. A. E. F. OLIVO, C. J.; FARIAS, D. A.; EDGAR SAENZ, A. C.; LANDIM, A. V.; GOMES, T. C. L.; ROGÉRIO, M. C. P.; K. L. S.; JOSÉ NASCIMENTO, J. R.; OLIVEIRA JÚNIOR, A. A. Desempenho de bezerros leiteiros submetidos a diferentes dietas líquidas e instalações durante o período hibernar. **Acta Veterinaria Brasilica**, v.3, n.4, p.163-171, 2009.

WRAY, C.; AKBARI, H. The effects of roof reflectance on air temperatures surrounding a rooftop condensing unit. **Energy and Buildings**, v.40, p.11–28, 2008.

WESTPHAL, F. S.; MARINOSKI, D. L.; LAMBERTS, R. **Isolantes térmicos e acústicos para construção civil**. Laboratório de eficiência energética em edificações. Disponível em:<<http://www.labcon.ufsc.br/anexosg/243.pdf>> Acesso em 10 de dezembro de 2012.

ZOTTI, C. A. **Desempenho, respostas fisiológicas e comportamentais de novilhas leiteiras mantidas em diferentes regimes de ventilação forçada**. 2010. 63f. Dissertação (Mestrado em Produção Animal Sustentável). Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, Instituto de Zootecnia, Nova Odessa.

ZWALD, A. Heifer Management Blueprints. Wisconsin: Copyright University of Wisconsin, Department of Dairy Science, 2007. Disponível em: <<http://www.uwex.edu/ces/heifermgmt/documents/heatstress.pdf>>. Acesso em: 22 de maio. 2012.



## CAPÍTULO I

### TEMPERATURA SUPERFICIAL DE MATERIAIS UTILIZADOS PARA COBERTURA DE BEZERREIROS INDIVIDUAIS

**RESUMO:** Objetivou-se com este trabalho avaliar a temperatura superficial das coberturas de abrigos individuais para bezerras na fase de aleitamento, por meio de imagens térmicas. O período experimental foi de janeiro a março de 2012, com duração de 56 dias, conduzido com 24 abrigos individuais para bezerras Girolando. Os tratamentos consistiram em três tipos de cobertura, palha de palmeira, telha de polímero reciclado e telha de fibrocimento. O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado e comparação entre as médias pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). Os resultados mostraram que houve diferença significativa entre os tratamentos estudados, em que as coberturas de telhas recicladas apresentaram menores valores de temperatura média na superfície superior em todos os horários analisados, sendo o valor máximo encontrado da ordem de 36,9 °C e o mínimo de 14,4 °C. Os abrigos cobertos por palha e telhas recicladas mostraram melhor desempenho térmico em relação à cobertura de fibrocimento, indicando que pode haver melhor condição de conforto térmico e bem-estar para os animais alojados.

**Palavras-chave:** bovinocultura de leite, conforto térmico, telha, termografia

## **SURFACE TEMPERATURE OF COVER MATERIALS FROM INDIVIDUAL CALF HUTCHES**

**ABSTRACT :** It was aimed with this work to evaluate surface temperature of cover materials used in individual hutches for calves on suckling period, through thermal images. The experiment was carried from January to March of 2012, lasting for 56 days, on 24 individual housings for Girolando calves. The treatments were composed of three types of cover materials, palm straw, recycled polymer tile and asbestos cement tile. It was adopted a completely randomized design, and in order to compare means it was used the Tukey test ( $p < 0.05$ ). The results showed that there was a significant difference among the studied treatments, in which the recycled tiles presented lower mean temperature values on the superior surface throughout the experiment period, being the maximum value of around 36.9 °C and the minimum of 14.4 °C. Straw-covered and recycled-tile-covered hutches presented a better thermal performance when compared to asbestos-cement-covered ones, indicating a better thermal comfort and welfare conditions for housed animals.

**Key-words:** Dairy cattle, thermal comfort, tile, thermography

## INTRODUÇÃO

A condição climática do Brasil é um fator que pode ocasionar estresse térmico e prejuízos na criação de bovinos, principalmente devido às altas temperaturas associadas às instalações inadequadas, o que influencia diretamente a manutenção do conforto térmico.

Dentre os componentes construtivos, o telhado destaca-se como elemento que pode reduzir significativamente o incremento térmico no interior das instalações e promover o conforto térmico dos animais (FAGHIH e BAHADORI, 2009).

A renovação dos rebanhos de bovinos leiteiros depende diretamente da criação de bezerras, alojadas em bezerreiros. Em relação à cobertura para estes abrigos, BAÊTA e SOUZA (2010) afirmam que uma ampla variedade de materiais de cobertura pode promover a redução de até 30% da carga térmica radiante, com efeito positivo no conforto térmico animal. Para quantificar a variação de temperatura dos materiais utilizados nas coberturas de instalações zootécnicas, a utilização de ferramentas de precisão torna-se indispensável. FIORELLI et al. (2012), avaliou a eficiência térmica da cobertura de bezerreiros individuais expostos ao sol e a sombra, cobertos com telhas de fibrocimento pintadas de branco, sem pintura e com sombrite posicionado internamente aos bezerreiros, por meio de termografia infravermelha. Os resultados mostraram variações significativas na temperatura de superfície das coberturas e nos índices de conforto térmico, entre os tratamentos expostos ao sol e à sombra, para todos os horários avaliados, sendo o uso de imagens térmicas eficientes para melhor compreensão dos processos de transferência de calor da cobertura para o interior das instalações.

Nesse contexto, objetivou-se com essa pesquisa avaliar por meio de imagens térmicas, o desempenho térmico proporcionado por diferentes materiais de cobertura utilizados em abrigos individuais para bezerras Girolando em fase de aleitamento.

## MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada em uma propriedade comercial de produção de queijo coalho, Fazenda Várzea Alegre, localizada no município de Pesqueira, Mesorregião Agreste e Microrregião do Vale do Ipojuca, Estado de Pernambuco, latitude 8°17'10" S, longitude de 36°53'03" O e altitude de 800 m (Figura 1). O clima da região é classificado, segundo Köppen, como BShw' semiárido quente, caatinga hiperxerófila. A média anual da umidade relativa do ar é de 73% e a velocidade média do vento é de 2,5 m s<sup>-1</sup> (SANTIAGO et al., 2004). A temperatura média é de 24,8°C com precipitação média anual e 730 mm (MONTENEGRO e MONTENEGRO, 2006).

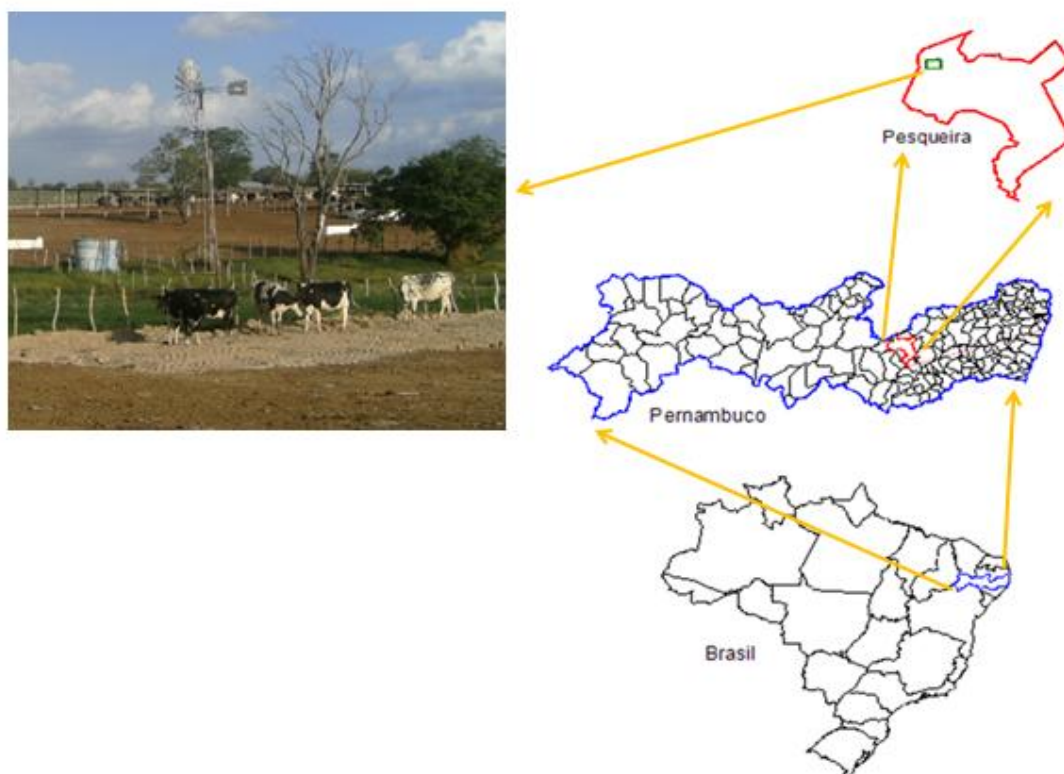


Figura 1. Localização da Fazenda Várzea Alegre no município de Pesqueira, PE, Brasil.

O experimento foi conduzido durante o verão, no período de janeiro a março de 2012, com duração de 56 dias. Foram utilizados 24 abrigos individuais para bezerros, possuindo as seguintes dimensões: 1,8 m de comprimento, 1,5 m de largura e altura média de 1,45 m sem fechamento lateral e piso revestido com cama de areia. Os tratamentos consistiram em três tipos de cobertura, palha de

palmeira (*Syagrus olearacea*), telha de polímero reciclado (25% de alumínio e 75% de polietileno) e telha de fibrocimento (Figura 2).



Figura 2. Abrigos individuais para bezerras com cobertura de telha de fibrocimento (A), palha (B) e telha reciclada (C).

As variáveis meteorológicas, temperatura de bulbo seco ( $T_{bs}, ^\circ\text{C}$ ) e umidade relativa do ar (UR%) foram registradas no interior dos abrigos e no ambiente externo, por meio de *dataloggers* modelo HOBO U12-12 (Figura 3 A). A temperatura de globo negro foi medida com auxílio de uma esfera oca de polietileno pintado de preto fosco com 15 cm de diâmetro, na qual foi inserido um sensor térmico (termistor) que registrou a temperatura, sendo imediatamente armazenada no *datalogger*. Os dados foram registrados a cada uma hora no decorrer do período experimental. Os sensores fixados no interior dos abrigos foram posicionados no centro geométrico da instalação, a 1,4 m do piso (Figura 3 B).

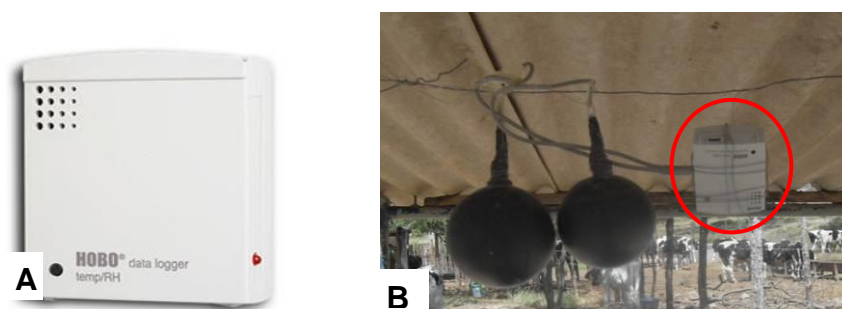


Figura 3. *Datalogger* modelo HOBO (A) e sua disposição no interior do bezerreiro (B).

No ambiente externo os sensores foram instalados em abrigo meteorológico a 1,50 m de altura do solo (Figura 4).



Figura 4. Abrigo meteorológico utilizado para o registro das variáveis ambientais externas.

Para análise térmica dos materiais de cobertura dos bezerreiros foram utilizadas imagens obtidas por meio de uma câmera termográfica, modelo FLIR i60 (Figura 5), que permitiu verificar a variação das temperaturas superficiais (externa e interna) registradas nos horários das 5, 8, 11, 14 e 17 h, duas vezes por semana durante o período experimental.



Figura 5. Câmera termográfica, modelo FLIR i60.

A fim de padronizar a distância entre a câmera e a superfície analisada, considerou-se a distância de 0,5 m entre a câmera e a superfície superior (face externa) e inferior (face interna) das coberturas. A análise das imagens foi realizada pelo programa computacional FLIR QuickReport, em que ajustou-se os valores da emissividade em função do tipo de material utilizado, sendo 0,92 para cobertura de telha de fibrocimento (ISSO-SYSTEMS, 2012), 0,75 para cobertura de palha (SANTOS, 2005) e 0,65 para cobertura de telha reciclada (MICHELS,

2007) e as variáveis termohigrométricas que foram obtidas no instante do registro da imagem.

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado com oito repetições. Para a análise estatística das temperaturas superficiais das coberturas dos abrigos individuais utilizou-se o programa SAS - *Statistical Analytical System* (SAS, 2007) e as inferências obtidas foram avaliadas pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 mostra a variação da temperatura nos diferentes horários de registro, nas superfícies externa e interna dos materiais de cobertura utilizados nos abrigos. Observa-se que nos horários das 5, 8, 14 e 17 h, houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) na variação da temperatura da superfície externa entre os tratamentos com cobertura de telhas de fibrocimento e telhas recicladas, em que as telhas recicladas apresentaram menores valores de temperatura média em todos os horários analisados, sendo o valor máximo encontrado às 11 h de 36,9 °C e o mínimo de 14,4 °C às 5 h. Esse desempenho da cobertura justifica-se pelas propriedades físicas do material que constitui a telha (alumínio e polímeros), pois, de acordo com Michels (2007), os polímeros dispõem de boa resistência térmica, o que dificulta a passagem de calor; o alumínio é um material comumente utilizado como isolante térmico reflexivo, devido a sua baixa emissividade e alta refletividade, que reduz a emissão da radiação de onda longa para o interior da instalação. Assim, os ganhos térmicos no verão e as perdas de calor no inverno são reduzidos.

Tabela 1. Valores médios, desvio padrão e coeficiente de variação da temperatura das superfícies externa e interna da cobertura dos abrigos individuais nos horários de registro das imagens termográficas.

Horário (h)	Temperatura da Superfície (°C)	Tratamentos			CV (%)
		Fibrocimento	Palha	Reciclada	
5	Externa	16,8 a $\pm 1,48$	16,02 ab $\pm 1,44$	14,4 b $\pm 1,64$	9,66
	Interna	17,6 b $\pm 1,55$	18,8 b $\pm 1,06$	20,6 a $\pm 0,87$	6,26
8	Externa	28,8 a $\pm 1,71$	27,0 ab $\pm 2,14$	25,3 b $\pm 1,29$	6,46
	Interna	28,1 a $\pm 1,54$	24,2 b $\pm 1,39$	26,6 b $\pm 0,73$	4,82
11	Externa	44,1 a $\pm 6,18$	36,9 a $\pm 5,86$	36,9 a $\pm 7,13$	16,32
	Interna	41,9 a $\pm 4,91$	30,7 b $\pm 1,91$	33,3 b $\pm 4,05$	10,87
14	Externa	41,4 a $\pm 4,12$	38,0 ab $\pm 5,95$	34,2 b $\pm 4,91$	13,34
	Interna	40,5 a $\pm 3,56$	32,1 b $\pm 2,21$	31,7 b $\pm 2,79$	8,36
17	Externa	26,3 a $\pm 1,31$	25,2 a $\pm 1,38$	21,9 b $\pm 1,49$	5,70
	Interna	27,2 a $\pm 1,72$	26,0 a $\pm 2,90$	24,7 a $\pm 0,85$	7,74

Médias seguidas pela mesma letra na mesma linha não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Quanto às superfícies internas, verifica-se que às 5 h, as coberturas de telhas recicladas apresentaram valor médio superior as demais, diferindo significativamente ( $p < 0,05$ ) das outras coberturas estudadas. Nos horários das 8, 11 e 14 h, apenas as coberturas de telhas de fibrocimento mostraram diferença significativa ( $p < 0,05$ ) e apresentaram valores médios entre 17,6 e 41,9 °C. O valor máximo está acima do máximo encontrado por Sampaio et al. (2011) que foi de 34,27 °C para telhas de fibrocimento em experimento realizado em Lages-SC, durante o verão. As coberturas de palha e telhas recicladas apresentaram melhor desempenho térmico em comparação com as telhas de fibrocimento. Os valores médios de temperatura máxima e mínima atingidas pela cobertura de palha foram de 18,8 e 32,1°C e de 20,6 e 33,3°C para telhas recicladas. A semelhança dos valores da temperatura da superfície inferior também ocorreu em estudo realizado por Abreu et al. (2011) ao avaliar a temperatura superficial de telhas com uso da termografia. O fato das menores temperaturas terem ocorrido nestas coberturas foi em decorrência da porosidade do material, formado pelos espaços vazios entre as camadas de palha, dessa forma sendo o ar mau condutor térmico, atua como isolante, reduzindo o fluxo de radiação e no caso da cobertura reciclada pela baixa emissividade do material metálico da sua composição.

Nota-se na Figura 6, que nos intervalos entre 11 e 14 h, as coberturas de palha e telhas recicladas apresentaram temperatura média da superfície inferior,



menor que a temperatura ambiente. Nos horários de temperatura do ar mais amena, 5 e 17 h, todos os tratamentos apresentaram temperatura média menor na face externa da cobertura, diferindo dos resultados encontrados por Sampaio et al. (2011), em experimento com diferentes materiais de coberturas realizado no Sul do País, em que obteve temperaturas maiores na face superior das coberturas em todos os horários avaliados. A justificativa para esse evento deve-se a condensação do vapor d'água sob a cobertura, a medida em que a temperatura do ar decresce. O mesmo foi evidenciado por Michels (2007), ao analisar as telhas cerâmicas que também apresentam a capacidade de absorção de água devido a sua porosidade e conseqüentemente levam mais tempo para aquecer.

Os menores valores de temperatura das superfícies das telhas não significam, necessariamente, situação de conforto térmico aos animais. Esta condição deve ser confirmada por meio da carga térmica de radiação recebida pelos animais alojados sob essas coberturas (Abreu et al., 2011).

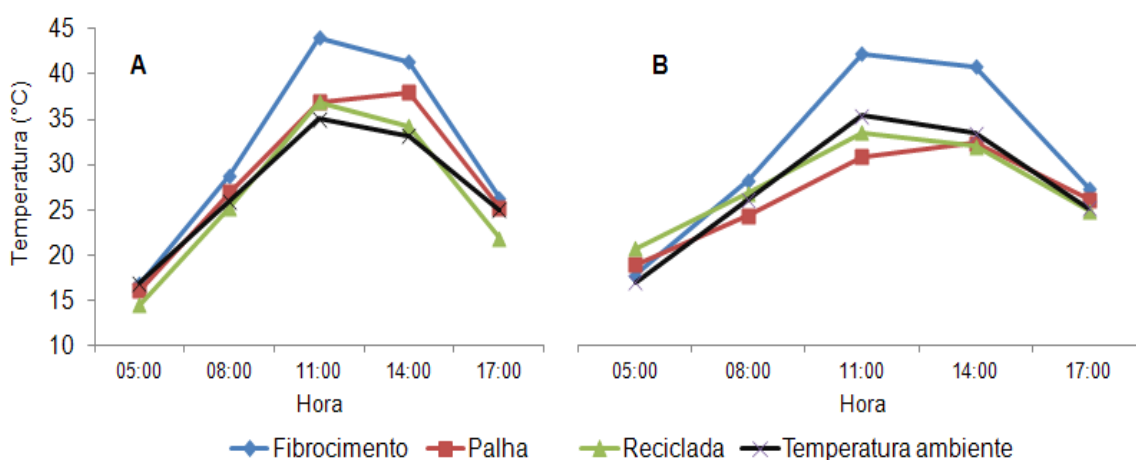


Figura 6. Valores médios da temperatura da superfície externa (A) e interna (B) das coberturas dos abrigos e da temperatura ambiente nos horários de registro das imagens termográficas.

A Figura 7 representa a variação da temperatura e da umidade relativa do ar no interior dos abrigos e no ambiente externo, ao longo do período experimental, pode-se então perceber que em todos os tratamentos a temperatura do ar superou a temperatura crítica superior recomendada para bovinos recém-nascidos, que é de 26 °C segundo Baêta e Souza (2010). Souza e Batista (2012)

afirmam que o aumento gradativo da temperatura do ar dificulta a dissipação de energia, sendo necessária a ativação dos mecanismos latentes de perda de calor, como a sudorese e o aumento da frequência respiratória, influenciadas pela umidade relativa do ar, de modo que, quanto maior a umidade do ar, menos eficiente é a dissipação do calor. Porém, a umidade relativa do ar é inversamente proporcional a temperatura, o que favorece a perda de calor, assim como foi comprovado por Maia et al. (2008) em estudo que determinou simultaneamente as taxas de evaporação cutânea e respiratória em ambiente tropical para vacas em lactação; os autores observaram que um aumento da temperatura de 10 para 36 °C e queda da umidade relativa de 90 para 30%, fez com que aumentasse a perda de energia pela evaporação respiratória de 5 para 57 W m<sup>-2</sup> e a evaporação na superfície corporal passou de 30 para 350 W m<sup>-2</sup>.

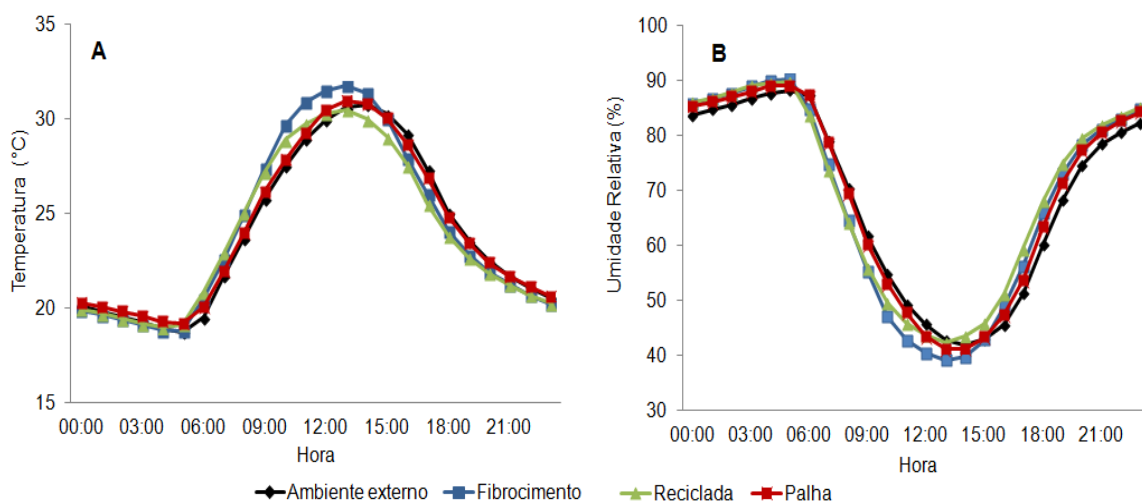


Figura 7. Variação da temperatura do ar (A) e da umidade relativa do ar (B) no interior dos abrigos e no ambiente externo

As imagens termográficas registradas para as diferentes coberturas (Figura 8) apresentam as diferenças de temperatura entre as superfícies interna e externa das coberturas no horário das 14 h para o dia de maior temperatura média do ar (25,7 °C). A imagem térmica da cobertura de telha de fibrocimento, mostra que houve uma diferença de apenas 0,6 °C entre as temperaturas mínimas e 2,5 °C entre as temperaturas máximas das superfícies inferior e superior da cobertura. Nota-se que a imagem térmica proveniente da cobertura de palha apresentou maior diferença entre as temperaturas das superfícies externas e internas quando

comparado aos demais tratamentos, sendo estas diferenças da ordem de 10,4 °C para temperatura mínima e de 19,7 °C máxima. Esses valores podem indicar uma possível melhor condição de conforto térmico para os animais alojados nesses abrigos, porém de acordo com Abreu et al. (2011), a confirmação da condição dar-se por meio da medida da carga térmica de radiação recebida pelos animais alojados sob essas coberturas. Quanto a cobertura de telha reciclada, verifica-se na imagem térmica, que para temperaturas mínimas a superfície externa apresentou um menor valor maior que a superfície interna, sendo esta diferença da ordem de 11,9 °C e para temperatura máxima a diferença foi de 2,1 °C sendo menor na superfície interna.

Abreu et al. (2011) realizou análise termográfica da temperatura superficial de telhas e as variações de temperatura da superfície alvo ao longo do dia, o que permitiu verificar qual material estudado apresentou melhor desempenho térmico. Fiorelli et al. (2012), também utilizou câmera termográfica para analisar a eficiência térmica de telhas onduladas de fibrocimento em abrigos individuais para bezerros expostos ao sol e à sombra e, obteve resultados satisfatórios quanto ao uso do equipamento.

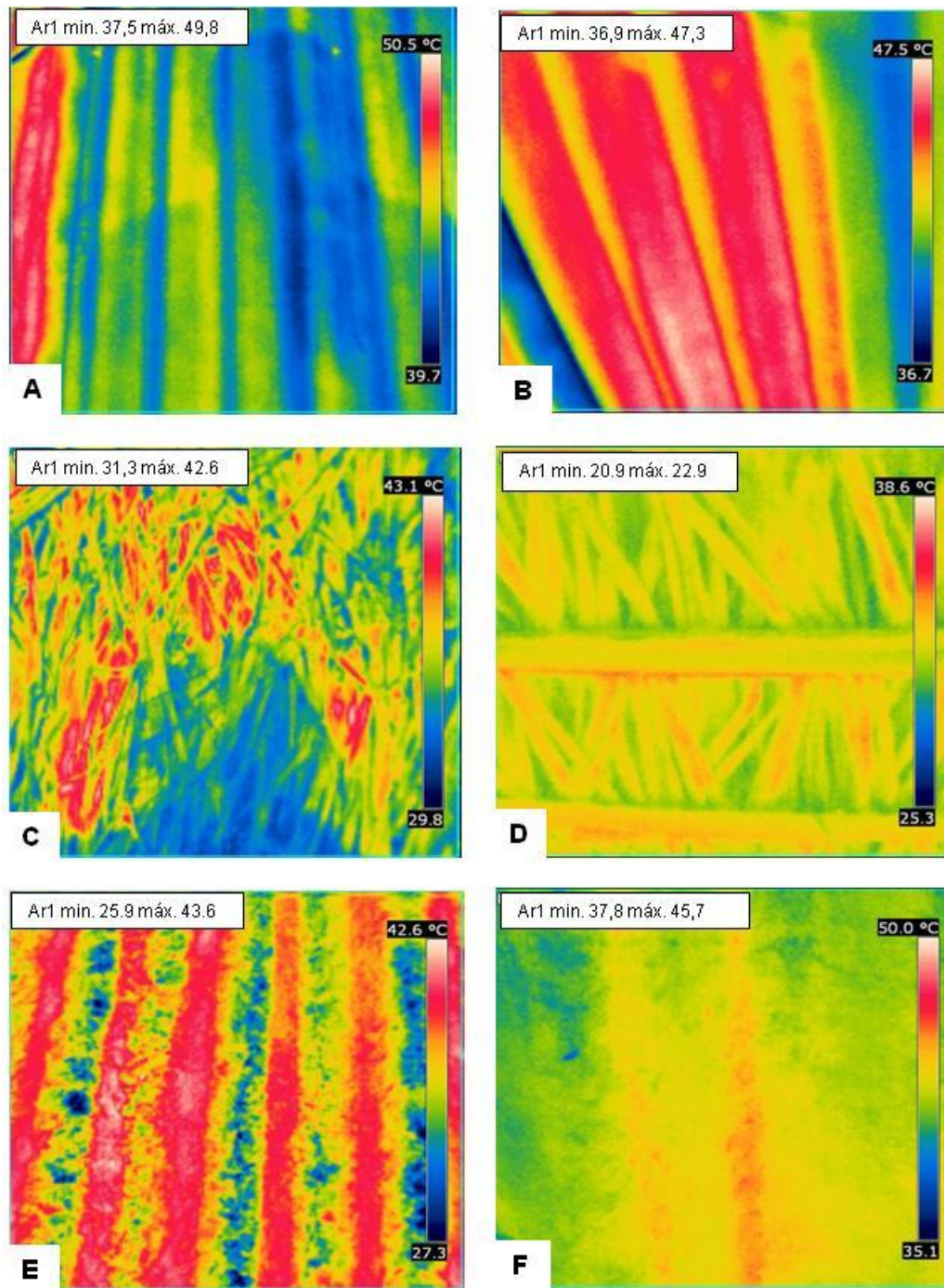


Figura 8. Imagens termográficas das superfícies externa e interna das diferentes coberturas: telha de fibrocimento – superfície externa (A) e interna (B), cobertura de palha – superfície externa (C) e interna (D), telha reciclada – superfície externa (E) e interna (F).

## **CONCLUSÕES**

Os abrigos cobertos com cobertura de palha e telha reciclada mostraram melhor desempenho térmico em relação à cobertura de fibrocimento, indicando que possa haver melhor condição de conforto térmico e bem-estar para os animais alojados.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, P. G.; ABREU, V. M. N.; COLDEBELLA, A.; LOPES, L. S.; CONCEIÇÃO, V.; TOMAZELLI, I. L. Análise termográfica da temperatura superficial de telhas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.15, n.11, p.1193–1198, 2011.

BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. **Ambiência em edificações rurais – Conforto animal**. 2.ed. Viçosa: UFV. 2010. 246p.

FAGHIH, A. K.; BAHADORI, M. N. Solar radiation on domed roofs. **Energy and Buildings**. v.41, p.1238-1245, 2009.

FIORELLI, J.; SCHMIDTI, R.; KAWABATA, C. Y.; OLIVEIRA, C. E. L.; SAVASTANO JUNIOR, H.; ROSSIGNOLO, J. A. Eficiência térmica de telhas onduladas de fibrocimento aplicadas em abrigos individuais para bezerros expostos ao sol e à sombra. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v.42, n.1, p.64-67, jan, 2012.

ISSO-SYSTEMS. <<http://www.iso-systems.com.br/produtos-para-isolamento-termico-acustico-e-impermeabilizacao/isolante-termico-iso-hd1>>. Acesso em: 11 de julho de 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.

MICHELS, C. **Análise da transferência de calor em coberturas com barreiras radiantes**. 2007.119f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

MONTENEGRO, A. A. A.; MONTENEGRO, S. M. G. L. Variabilidade espacial de classes de textura, salinidade e condutividade hidráulica de solos em planície aluvial. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, n.1, p.30–37, 2006.

SAMPAIO, C. A. P.; CARDOSO, C. O.; SOUZA, G. P. Temperaturas superficiais de telhas e sua relação com o ambiente térmico. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.31, n.2, p.230-236, mar./abr. 2011.

SANTIAGO, F. S.; MONTENEGRO, A. A. A. Avaliação de parâmetros Hidráulicos e manejo da irrigação por microaspersão em área de assentamento. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.24, p.632-643, 2004.

SANTOS, F. A. **Modelo matemático para a combustão de partícula isolada de biomassa**. 2005. 85p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) universidade de Brasília, Brasília.

SAS - Statistical Analysis System. SAS Companion for the Microsoft Windows Environment. Version 8, Cary: 2007. CD-Rom.

SOUZA, B. B.; BATISTA, N. L. Os efeitos do estresse térmico sobre a fisiologia animal. **Agropecuária Científica no Semiárido**, Patos, v.8, n.3, p. 06-10, jul./ set. 2012.

## CAPÍTULO II

### CONFORTO TÉRMICO EM ABRIGOS INDIVIDUAIS PARA BEZERRAS GIROLANDO E SUA INFLUÊNCIA NO DESEMPENHO ANIMAL

**RESUMO:** Esta pesquisa foi desenvolvida com o objetivo de caracterizar os efeitos do ambiente térmico nas respostas fisiológicas, nos índices de conforto e no desempenho de bezerras Girolando, alojadas em abrigos individuais cobertos com diferentes materiais. O período experimental foi de janeiro a março de 2012, com duração de 56 dias, conduzido com 24 bezerras de composição genética 7/8 Holandês-Gir. Os tratamentos consistiram em três tipos de cobertura, palha de palmeira, telha de polímero reciclado e telha de fibrocimento. O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado e comparação entre médias pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). A entalpia e a carga térmica radiante diferiram estatisticamente em todos os tratamentos, sendo os menores valores apresentados pelos abrigos com cobertura de telhas recicladas,  $59,3 \text{ kJ kg ar seco}^{-1}$  e  $444,8 \text{ W m}^{-2}$ , respectivamente. Para as variáveis fisiológicas, não houve diferença significativa em nenhuma das variáveis estudadas, porém, a frequência respiratória em todos os tratamentos esteve elevada, sendo mais acentuada nos animais sob cobertura de fibrocimento que foi de  $57,2 \text{ mov. min}^{-1}$ , o que indicou que os animais estavam submetidos a estresse térmico.

**Palavras chave:** ambiência animal, bovinos de leite, ganho de peso, materiais de cobertura



## THERMAL COMFORT IN INDIVIDUAL HOUSINGS FOR GIROLANDO CALVES AND ITS INFLUENCE ON ANIMAL PERFORMANCE

**ABSTRACT:** This research was developed with the aim to characterize the effects of thermal ambience on physiological responses, comfort indices and Girolando calves performance, housed in individual hutches covered with different materials. The experimental period was from January to March of 2012, lasting for 56 days, conducted by 24 crossbred calves with genetic composition of 7/8 Holstein-Gir. The treatments consisted of three types of covering materials, palm straw, recycled polymer tile and asbestos cement tile. It was adopted a completely randomized design, and in order to compare means it was used the Tukey test ( $p < 0.05$ ). The enthalpy and the radiant thermal load have differed statistically in all treatments, being the lowest values presented by the recycled- tile-covered housings,  $59.3 \text{ kJ kg dry air}^{-1}$  and  $444.8 \text{ W m}^{-2}$ , respectively. As for the physiological variables, there has not been a significant difference in any of the studied variables, however, the respiratory frequency in all treatments has been high, and more emphasized on animals under asbestos-cement-covered hutches, which was  $57.2 \text{ mov. min}^{-1}$ , indicating that the animals were under thermal stress.

**Keywords:** Ambience animal, dairy cattle, weight gain, roofing materials

## INTRODUÇÃO

Apesar das condições climáticas desfavoráveis devido ao clima essencialmente tropical, o Brasil destaca-se como grande produtor de leite, possuindo um dos maiores rebanhos mundial. A criação de bezerras leiteiras trata-se de uma etapa de grande importância, pois, esses animais serão destinados à renovação do rebanho. Segundo Coelho, (2009) cada bezerra representa oportunidade de melhoramento genético e expansão do rebanho. Desta forma, o crescimento deve ser otimizado e os problemas de saúde minimizados para que esta meta seja alcançada.

O ambiente térmico exerce forte influência sobre o desempenho animal, uma vez que afeta os mecanismos de transferência de calor e conseqüentemente a regulação do balanço térmico entre o animal e o ambiente (PERISSINOTO e MOURA, 2007). Portanto, o estresse térmico é apontado como limitante a produção animal nos trópicos (NÓBREGA et al., 2011). Souza et al., (2010) afirmam que, mesmo os animais com boa capacidade morfofisiológica para dissipar calor, necessitam de sombra natural ou artificial para se protegerem da radiação solar direta.

Quando os mecanismos de termólise dos animais homeotérmicos não são eficientes, o calor metabólico somado com o calor recebido do ambiente torna-se maior que a quantidade de calor dissipada para o ambiente, em consequência pode-se observar aumento da temperatura retal. Com a temperatura corpórea elevada, o organismo reage aumentando a sudorese e a frequência respiratória para eliminar o excesso de calor (MORAIS et al., 2008). O ganho de peso pode ser afetado pelas condições climáticas adversas, ocasionando perdas na produção e produtividade individual (FURTADO, et al. 2012). Assim, o entendimento das variações diárias e sazonais das respostas fisiológicas, permite a adoção de ajustes que promovam maior conforto aos animais (NÓBREGA et al., 2011).

Portando, objetivou-se com essa pesquisa caracterizar os efeitos do ambiente térmico nas respostas fisiológicas e nos índices zootécnicos de bezerras Girolando em fase de aleitamento, alojadas em abrigos individuais cobertos com diferentes materiais.

## MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada em uma propriedade comercial de produção de queijo coalho, Fazenda Várzea Alegre, localizada no município de Pesqueira, Mesorregião Agreste e Microrregião do Vale do Ipojuca, Estado de Pernambuco, latitude 8°17'10" S, longitude de 36°53'03" O e altitude de 800 m. O clima da região é classificado, segundo Köppen, como BShw' semiárido quente, caatinga hiperxerófila. A média anual da umidade relativa do ar é de 73% e a velocidade média do vento é de 2,5 m s<sup>-1</sup> (SANTIAGO et al., 2004). A temperatura média é de 24,8°C com precipitação média anual e 730 mm (MONTENEGRO e MONTENEGRO, 2006).

O experimento foi conduzido durante o verão, no período de janeiro a março de 2012, com duração de 56 dias. Foram utilizadas 24 bezerras Girolando em aleitamento (15 dias de vida), de composição genética 7/8 Holandês-Gir. As bezerras foram apartadas da mãe 24 h após o nascimento e foram alojadas em abrigos individuais, contidas por meio de cordas (1,8 m de comprimento), fixadas ao solo em uma das extremidades e acopladas a uma coleira, de modo a impedir o contato físico entre os animais. Até o terceiro dia de vida receberam colostro (4 L/animal/dia), fornecidos duas vezes ao dia (manhã e tarde). A partir do quarto dia de vida, as bezerras receberam leite integral (4 L/animal/dia), também fracionados em duas refeições diárias (manhã e tarde). O desmame ocorreu aos 71 dias de idade, conforme manejo adotado pela unidade de produção (Figura 9).



Figura 9. Vista do recipiente utilizado para o fornecimento de leite aos animais.

A partir da primeira semana de vida, foi oferecido à vontade em baldes individuais o concentrado, contendo 18% de proteína bruta, composto por: milho integral moído, fosfato bicálcico, farelo de soja, farelo de trigo, melão, cloreto de sódio, calcário calcítico, monóxido de manganês, óxido de zinco, sulfato de cobre, sulfato de cobalto, iodato de cálcio, selenito de sódio, vitamina A, vitamina D3, vitamina E, aditivo antioxidante, monensina sódica, casca de arroz e carbonato de cálcio. Os animais tinham livre acesso a água que era disponibilizada em baldes com capacidade para 10 L.

Os tratamentos consistiram em três tipos de cobertura para os abrigos individuais: palha de palmeira (*Syagrus olearacea*), telha reciclada (25% de alumínio e 75% de polietileno) e telha de fibrocimento. Os abrigos individuais possuíam dimensões de 1,8 m de comprimento, 1,5 m de largura e altura média de 1,45 m, sem fechamento lateral e piso revestido com cama de areia.

As variáveis meteorológicas foram registradas no interior dos abrigos e no ambiente externo, por meio de *dataloggers* modelo HOBO U12-12, o que permitiu o registro da temperatura do bulbo seco ( $T_{bs}, ^\circ\text{C}$ ), da umidade relativa do ar (UR%) e da temperatura de globo negro ( $T_g, ^\circ\text{C}$ ). A temperatura de globo negro foi medida com auxílio de uma esfera oca de polietileno pintado de preto fosco com 15 cm de diâmetro, na qual foi inserido um sensor térmico (termistor) que registrou a temperatura, sendo imediatamente armazenada no *datalogger*. Os dados foram registrados a cada uma hora, no decorrer do período experimental. Os sensores fixados no interior dos abrigos foram posicionados no centro geométrico da instalação, a 1,4 m do piso. No ambiente externo os sensores foram instalados em abrigo meteorológico a 1,50 m de altura do solo. Para a determinação da velocidade do vento ( $V_v, \text{m s}^{-1}$ ) utilizou-se um termoanemômetro digital, modelo TAFR-180, escala de 0,1 a 20,0  $\text{m s}^{-1}$  e resolução de 0,1  $\text{m s}^{-1}$ , os registros foram realizados a cada uma hora, durante todo o período de avaliação (Figura 10).



Figura 10. Termoanemômetro digital, modelo TAFR-180 (A) utilizado para a determinação da velocidade do vento (Vv) (B).

Para determinação da eficiência térmica das instalações, com os dados referentes às variáveis meteorológicas registradas nos ambientes estudados, foram determinados a carga térmica radiante CTR ( $W m^{-2}$ ), índice de temperatura e umidade (ITU), índice de temperatura de globo e umidade (ITGU) e entalpia específica  $h$  ( $kJ kg^{-1}$  de ar seco) por meio das seguintes equações:

a) índice de carga térmica radiante (CTR), proposto por Esmay (1982):

$$CTR = \tau(TRM)^4$$

$$TRM = 100 \left\{ \left[ 2,51(V_v)^{0,5}(T_{gn} - T_{bs}) + \left( \frac{T_{gn}}{100} \right)^4 \right]^{0,25} \right\}$$

em que: TRM - temperatura média radiante (K); Vv - velocidade do vento (m/s); Tgn - temperatura de globo negro (K); Tbs - temperatura de bulbo seco (K);  $\tau = 5,67 * 10^{-8} K^{-4} W m^{-2}$  (Constante de Stefan-Boltzmann).

b) índice de temperatura e umidade (ITU), proposta por Thom (1959):

$$ITU = T_{bs} + 0,36.T_{po} + 41,5$$

$$T_{po} = 273,15 \left[ 0,971452 - 0,057904 \log_e P_p \{t_a\} \right] - 1 - 273,15$$

em que: Tbs - temperatura do bulbo seco (°C); Tpo - temperatura de ponto de orvalho (°C).

c) Índice de temperatura de globo e umidade ITGU, proposta por Buffington et al. (1981):

$$ITGU = Tgn + 0,36 Tpo + 330,08$$

em que: Tgn - temperatura de globo negro (K); Tpo - temperatura de ponto de orvalho (K).

d) entalpia específica h (kJ kg ar seco<sup>-1</sup>), proposta por Rodrigues et al. (2011):

$$h = 1,006 \cdot T_{bs} + \frac{UR}{P_{atm}} \cdot 10^{\left(\frac{7,5 \cdot T_{bs}}{237,3} + T_{bs}\right)} \cdot (71,28 + 0,052 \cdot T_{bs})$$

em que: Tbs - temperatura de bulbo seco (°C); UR - umidade relativa (%); P<sub>atm</sub> - pressão atmosférica do local (mmHg).

Para avaliação dos parâmetros fisiológicos, registraram-se os dados de temperatura retal (TR; °C), frequência respiratória (FR; mov min<sup>-1</sup>) e temperatura do pelame (TP; °C), realizados nos horários das 5, 8, 11, 14 e 17 h, duas vezes por semana. Todos os animais de cada tratamento foram submetidos a essas medidas.

A verificação da FR deu-se a partir da contagem do número de movimentos da região do flanco realizados pelo animal, no intervalo de 1 min (Figura 11).



Figura 11. Identificação da região do flanco do animal para registro da frequência respiratória.



Após o registro da FR, foram tomadas as medidas da TR, com auxílio de termômetro digital de uso veterinário com escala entre 20 e 50 °C e precisão de +/- 0,1 °C, introduzido no reto dos animais por 1 min, para estabilização e obtenção do valor da temperatura (Figura 12).



Figura 12. Registro da temperatura retal por meio de termômetro de uso veterinário.

Para determinação da temperatura de superfície dos animais foram utilizadas imagens térmicas, obtidas por meio de uma câmera termográfica, modelo FLIR i60. As imagens foram registradas nos horários das 5, 8, 11, 14 e 17 h, duas vezes por semana durante o período experimental. As imagens foram registradas do lado esquerdo dos animais e considerou-se uma distância padrão de 2,5 m entre a câmera e o animal (Figura 13).



Figura 13. Registro de imagem termográfica para análise térmica da temperatura de superfície do corpo do animal.

A análise das imagens termográficas foi realizada pelo programa computacional FLIR QuickReport, em que ajustou-se o valor da emissividade para 0,95 e as variáveis termohigrométricas que foram obtidas no instante do registro da imagem. Assim, delimitou-se uma área que compreendeu a região do tórax dos animais, a fim de ter-se superfície representativa do corpo do animal, reduzindo-se possíveis interferências da condição de entorno (Figura 14).

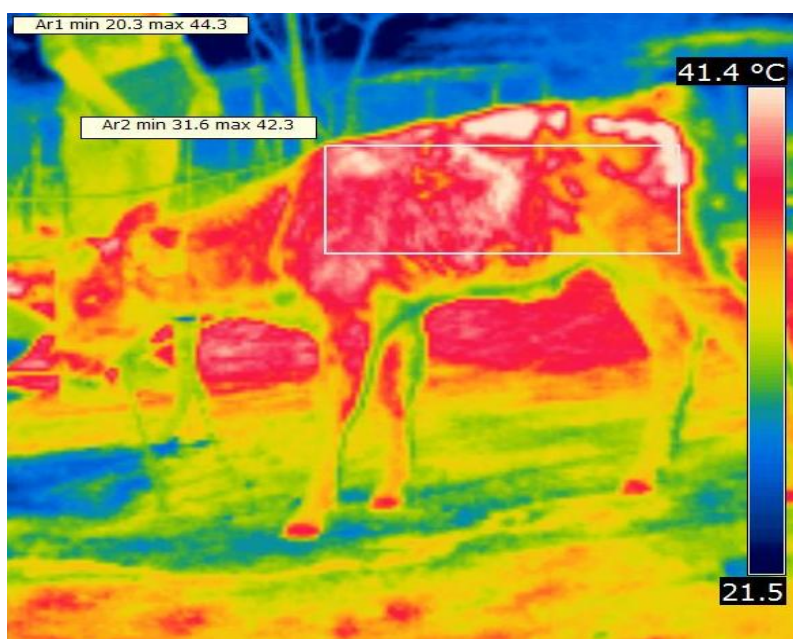


Figura 14. Imagem térmica da superfície do animal obtida a partir do registro da câmera termográfica.

A determinação do desempenho dos animais foi avaliada por meio do ganho de peso (GP, kg), onde os mesmos foram pesados no primeiro e no último dia do período experimental em uma balança eletrônica modelo ID-M 300/4, com escala entre 2 e 300 kg, e precisão de 0,1 kg, acoplada a uma gaiola de contenção (Figura 15). Desse modo por meio da seguinte equação, foi obtido o ganho de peso.

$$GP = PF - PI$$

em que: GP= Ganho de peso; PF= Peso ao final do experimento; PI= Peso ao início do experimento.





Figura 15. Detalhe da pesagem dos animais com auxílio de balança eletrônica.

Cada tratamento contou com oito repetições, utilizando-se delineamento inteiramente casualizado. A análise estatística das variáveis fisiológicas e dos índices de conforto foi realizada por meio do programa computacional *Statistical Analysis System* (SAS, 2007) e as inferências obtidas foram avaliadas pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ). Para avaliações das variáveis ambientais, foram realizadas análises de regressão.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Variáveis ambientais

#### Temperatura e umidade relativa do ar

Observa-se na Figura 16 A, variação similar da temperatura média do ar no interior dos abrigos e no ambiente externo, onde o abrigo coberto com telhas de fibrocimento apresentou temperaturas mais elevadas. A Figura 16 B, demonstra a relação funcional entre a temperatura do ambiente externo e no interior do abrigo coberto com telhas de fibrocimento, que apresentou coeficiente de determinação da ordem de 0,9395, o que denota boa associação linear entre os valores. A temperatura interna do abrigo foi 0,68% maior do que no ambiente externo.

A relação funcional entre a temperatura do abrigo com cobertura de palha e o ambiente externo, aponta variação de 0,58% superior àquela que se verifica no ambiente externo (Figura 16 C). Os abrigos com cobertura de telhas reciladas

apresentam temperatura interior menor (0,079%) que a do ambiente externo (Figura 16 D).

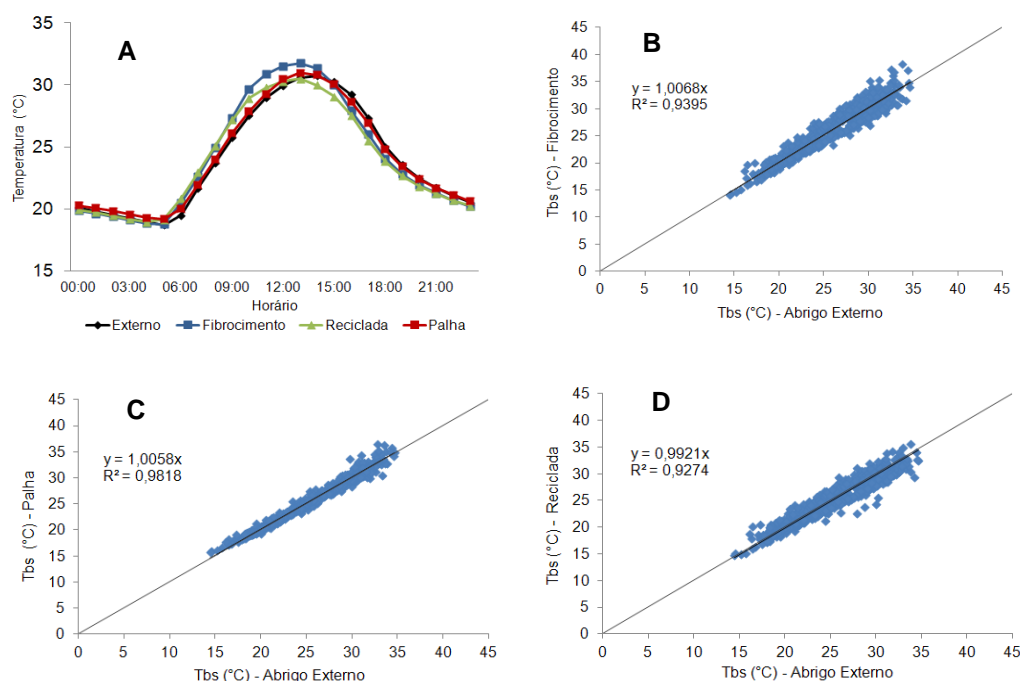


Figura 16. Variação da temperatura de bulbo seco (A) no interior dos abrigos nos diferentes tratamentos e ambiente externo e relação entre a temperatura do ambiente externo no interior dos abrigos cobertos com: (B) telha de fibrocimento, (C) palha e (D) telha reciclada.

A Figura 17 A representa a variação da umidade relativa do ar no interior dos abrigos e no ambiente externo, verifica-se que todos os abrigos apresentaram valores bem próximos, com destaque para as pequenas diferenças dos abrigos com telhas de fibrocimento e telhas recicladas que reduziram sua umidade relativa mais rapidamente. Essa variação se explica pelas propriedades dos materiais, sendo uma delas condutibilidade térmica que é de 230, 0,76 e 0,12  $W m^{-1} °C$ , para o alumínio, fibrocimento e a palha, respectivamente (INCROPERA et al., 2008). Para os polímeros os valores se encontram entre 0,15 e 0,30  $W m^{-1} °C$ . Isso indica que os materiais que possuem maior condutibilidade irão favorecer o aquecimento no interior da instalação mais rapidamente, o que implica na redução da umidade relativa do ar num menor intervalo de tempo.

A Figura 17 B, apresenta a relação funcional entre a umidade relativa do ar no ambiente externo e no interior do abrigo coberto com telhas de fibrocimento, em que se observa coeficiente de determinação da ordem de 0,9466, o que

representa boa associação linear entre os valores. A umidade relativa do ar no abrigo foi 0,47% maior do que no ambiente externo.

No abrigo com cobertura de palha, a umidade relativa do ar no interior do abrigo foi 1,05% maior que no ambiente externo (Figura 17 C). Os abrigos cobertos por telhas reciladas apresentaram umidade relativa do ar 1,53% maior que o ambiente externo (Figura 17 D).

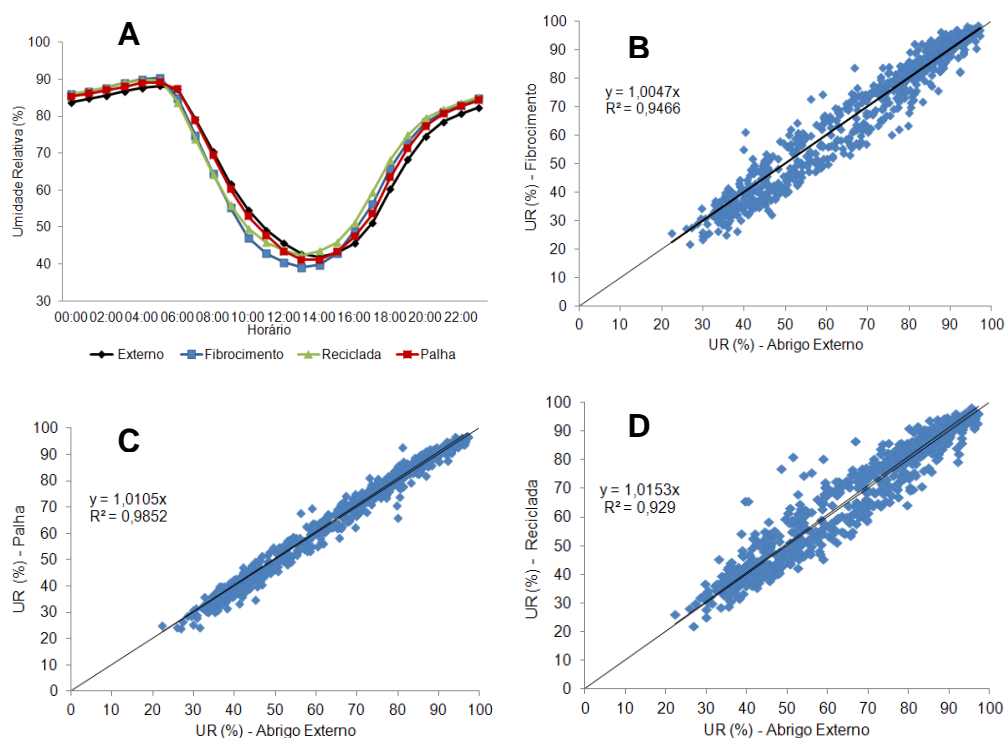


Figura 17. Variação da umidade relativa (A) no interior dos abrigos nos diferentes tratamentos e ambiente externo e relação entre a umidade relativa do ambiente externo no interior dos abrigos com cobertos com: (B) telha de fibrocimento, (C) palha e (D) telha reciclada.

### Temperatura de bulbo seco nos dias de maior e menor entalpia

Para evidenciar o efeito do condicionamento térmico dos animais, adotou-se o dia de maior e menor entalpia. A entalpia específica é utilizada para avaliação de ambientes, baseando-se no princípio de que essa grandeza expressa à quantidade de energia presente em uma mistura de ar seco e vapor d'água (CASTRO, 2011). Baêta e Souza (2010) citam os limites de temperatura do ar para bezerros de 10, 18 a 21 e 26 °C, para temperatura crítica inferior (TCI), zona de conforto térmico (ZCT) e temperatura crítica superior (TCS), respectivamente.

Observa-se na Figura 18 A o dia de maior entalpia (20/fev.), que apresentou média de 62,75 kJ kg ar seco<sup>-1</sup>, o que indica que todos os animais, em seus

respectivos abrigos, estiveram submetidos a ZCT até as 6 h, após esse horário precisaram utilizar-se de seus mecanismos termoregulatórios, a fim de manter a homeotermia. A partir das 8 h os abrigos com cobertura de telhas de fibrocimento e recicladas ultrapassaram a temperatura TCS, mantendo-se nesta condição até às 14 h. Verifica-se que o abrigo com cobertura de palha apresentou pequeno retardo para ultrapassar a TCS, quando comparado as outras coberturas, devido a umidade armazenada na porosidade das palhas, por se tratar de um material orgânico e fibroso, dessa forma o interior da instalação vai aquecer mais lentamente. Os abrigos com cobertura de telhas recicladas reduziram a temperatura do ar mais rapidamente que os demais. Neste dia as bezerras estiveram acima da ZCT por um período de aproximadamente 16 h, sendo pelo menos 6 h desse intervalo correspondente ao tempo em que estiveram submetidas a TCS.

Durante o dia de menor entalpia (16/01), verificou-se valor médio da ordem de  $52,84 \text{ kJ kg ar seco}^{-1}$ , as temperaturas do ar em todos os abrigos, apresentaram variações bem semelhantes. Os animais saíram da ZCT por volta das 6 h aproximadamente e às 8 h atingiram a TCS. As bezerras estiveram submetidas a temperaturas acima da ZCT por um período mínimo de 15 h, sendo 10 h desse intervalo correspondente ao tempo em que estiveram acima da TCS (Figura 18 B).

Nota-se que nos dias de maior e menor entalpia os animais estiveram sob condição de desconforto térmico na maior parte do dia. Segundo Rodrigues et al. (2010) a intensidade e o tempo de permanência a que os bovinos leiteiros estão submetidos ao estresse térmico, dita o ritmo na escala de perda produtiva, e ainda, conduzem as consequências de tal estresse por um período superior àquele que foram expostos.

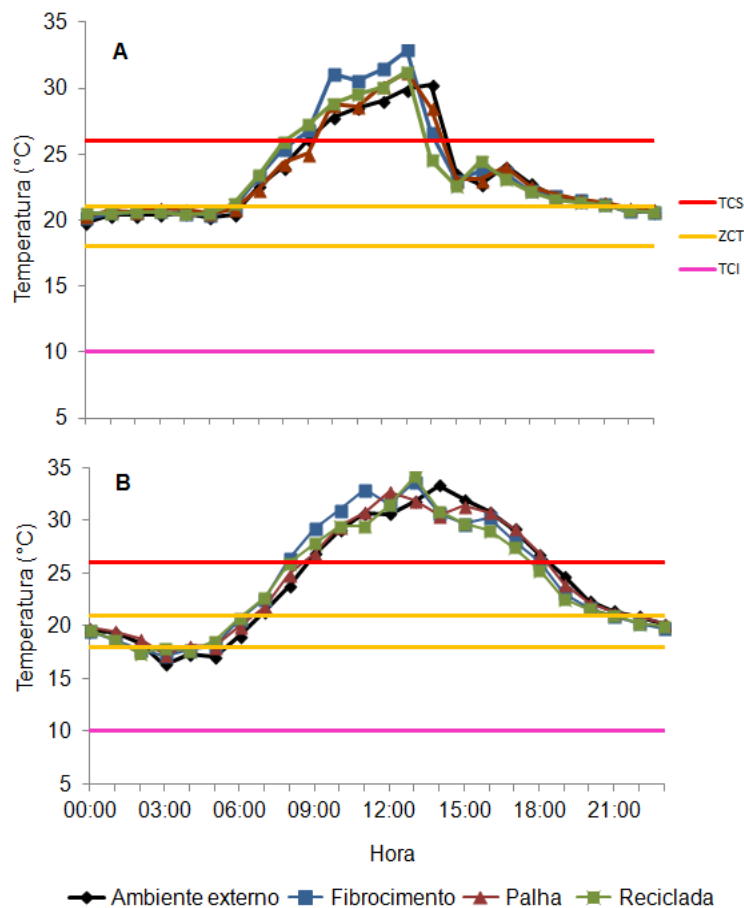


Figura 18. Variação da temperatura de bulbo seco (Tbs °C) no interior dos abrigos nos diferentes tratamentos e no ambiente externo nos dias de maior (A) e menor entalpia (B), temperatura crítica inferior (TCI), zona de conforto térmico (ZCT) e temperatura crítica superior para bezerros.

### Índices de conforto térmico

O índice de temperatura e umidade (ITU) apontou efeito significativo ( $p < 0,05$ ) para o abrigo com cobertura de palha em comparação aos demais tipos de cobertura e o ambiente externo, com valor da ordem de 76,3, ultrapassando o limite máximo de ( $ITU > 75$ ) para o conforto térmico de bovinos da raça Holandês, proposto por Campos et al. (2002). Os valores de ITU para as coberturas de fibrocimento e reciclada, foram de 72,0 e 71,6, respectivamente, estão de acordo com os indicados por Conceição et al. (2008), em Piracicaba-SP, avaliando telhas de cimento-amianto pintadas com tinta reflexiva, telhas cerâmicas e telhas compostas de uma matriz à base de cimento Portland CII 32Z + escória de alto-forno e sílica ativa, reforçadas com fibras de polpa celulósica de sisal (*Agave sisalana*). Os valores de ITU encontrados pelo referido estudo foram, 72,18 para

telha composta, 71,97 para telha de cimento-amianto e 72,29 para telha cerâmica (Tabela 2).

Tabela 2. Valores médios, desvio padrão e coeficiente de variação dos índices de conforto térmico obtidos no interior dos abrigos e no ambiente externo.

Variáveis	Tratamentos				CV (%)
	Externo	Fibrocimento	Palha	Reciclada	
ITU	71,8 b ± 0,13	72,0 b ± 0,22	76,3 a ± 6,10	71,6 b ± 0,05	4,84
ITGU	73,9 a ± 0,05	72,9 a ± 0,26	73,9 a ± 4,13	71,9 a ± 0,03	2,93
h (kJ kg ar seco <sup>-1</sup> )	58,9 d ± 0,04	59,6 b ± 0,05	59,7a ± 0,05	59,3 c ± 0,04	0,49
CTR (W.m <sup>-2</sup> )	467,9 a ± 0,06	455,4 b ± 3,34	449,5 c ± 0,07	444,8 d ± 0,04	1,97

Médias seguidas das mesmas letras nas mesmas linhas não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey. ITU – Índice de temperatura e umidade; ITGU – Índice de temperatura de globo e umidade; h– Entalpia específica CTR – Carga térmica de radiação.

Não houve diferença estatística ( $p>0,05$ ) entre os tipos de cobertura e o ambiente externo para o índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU), no entanto, os valores verificados indicam condição de conforto para os bovinos ( $ITGU<75$ ), de acordo com Souza et al. (2002). O valor do ITGU obtido no abrigo com cobertura de fibrocimento está dentro do intervalo encontrado por Sampaio, et al. (2011), em estudo com o mesmo tipo de cobertura realizado em Lages - SC, os quais ficaram entre 64,2 e 73,5 e, menores que os obtidos por Fonseca et al. (2011) que avaliou coberturas de telha de zinco; telha de cimento amianto e telha de cimento amianto pintada de branco na face superior, em abrigos individuais para bezerros leiteiros, no município de Gameleira - GO, os valores de ITGU encontrado foram 81,63, 77,41 e 76,84 para os respectivos materiais. Cardoso (2010) avaliou diferentes tipos de cobertura, entre elas telhas recicladas à base de tubos de pasta de dente, em Viçosa-MG e obteve valor máximo de ITGU para ambiente para criação de bovinos sem sobre cobertura às 14 h que foi de 78,2.

A variável entalpia apresentou diferença significativa ( $p<0,05$ ) para todos os tratamentos, e para o ambiente externo, embora tenha apresentado valores bem próximos, sendo a menor média apresentada pelo ambiente externo. Tais valores foram inferiores aos encontrados por Fonseca et al. (2011) que verificaram valor mínimo de 63,94 e máximo de 70,38 kJ kg ar seco<sup>-1</sup>. Kawabata et al. (2005) também obteve valores bem superiores aos deste estudo ao analisar em Pirassununga – SP, bezerreiros cobertos com telhado de cimento-amianto, cimento-celulose, cimento-celulose pintado de branco e duplo de cimento-celulose

com duas camadas de telhas espaçadas de 0,05 m uma da outra, os valores de entalpia encontrados estiveram entre 70,42 e 104,86 kJ kg<sup>-1</sup> ar seco.

Todos os tratamentos e o ambiente externo apresentaram diferença significativa ( $p < 0,05$ ) para carga térmica radiante (CTR), em que o abrigo coberto com telha reciclada apresentou melhor desempenho e o de telha de fibrocimento o pior, sendo que todos foram melhores que o ambiente externo, como era esperado. A CTR quantifica a radiação solar incidente sobre o animal, sendo necessário protegê-lo da radiação solar direta, promovendo menor carga térmica radiante (Lima, 2011). Cardoso (2010) mostrou em avaliação com materiais alternativos para cobertura de instalações para produção animal, que as instalações atenuam a CTR exterior sobre os animais nos períodos críticos do dia e cita como exemplo que próximo às 13 h, a redução ou amortecimento da CTR pode chegar até 35 a 41%, dependendo do tipo de material utilizado.

Os resultados de CTR obtidos foram semelhantes aos encontrados por Sampaio et al. (2011), que verificou valores entre 406,7 a 479,2; 405,0 a 480,52 e 406,2 a 518,3 W m<sup>-2</sup>, para telhas cerâmicas, fibrocimento e metálicas, respectivamente. Esses resultados mostraram que as telhas cerâmicas e de fibrocimento, possuem variação similar. Os tratamentos com cobertura de telhas de fibrocimento e recicladas apresentaram resultados inferiores aos encontrados por Conceição et al. (2008). Fiorelli et al. (2010) avaliou durante o inverno, em Dracena – SP, protótipos de galpões com diferentes materiais de cobertura a diferentes alturas (0,30 e 0,70 m) do solo e, obteve média diária para CTR de 525,01 W m<sup>-2</sup> para cobertura de telhas fibrocimento e, de 527,01 W m<sup>-2</sup> para cobertura de telhas recicladas a base de embalagem longa vida para a cobertura instalada a 0,70 m de altura. Esse resultado apontou que as telhas recicladas tiveram pior desempenho térmico que as de fibrocimento, diferindo do resultado deste experimento.

### **Variáveis fisiológicas**

Verificou-se que não houve diferença significativa ( $p > 0,05$ ) entre os parâmetros fisiológicos e ganho de peso dos animais submetidos aos abrigos com seu respectivos materiais de cobertura (Tabela 3).

A frequência respiratória (FR, mov. min<sup>-1</sup>) dos animais em todos os abrigos, encontra-se acima da faixa normal recomendado por Reece (2006) que é de 21 a 25 mov.min.<sup>-1</sup>, para bovinos de até um ano de idade. Os valores encontrados foram, mínimo de 53,5 e máximo de 57,2 mov. min.<sup>-1</sup>. Mac-Lean (2012) avaliando em Ribeirão Preto – SP, bezerros da raça Jersey puros e mestiços alojados em cabanas individuais cobertas com telha de fibrocimento com e sem programa de suplementação de luz artificial de 25 W, obteve valores de FR que variaram de 27 a 80 mov. min<sup>-1</sup>.

Tabela 3. Valores médios, desvio padrão e coeficiente de variação das variáveis fisiológicas dos animais.

Variáveis	Tratamentos			CV (%)
	Fibrocimento	Palha	Reciclada	
FR (mov min <sup>-1</sup> )	57,2 a ± 6,61	53,5 a ± 5,97	54,4 a ± 2,48	9,73
TR (°C)	39,0 a ± 0,29	38,8 a ± 0,18	38,9 a ± 0,28	0,64
TP (°C)	32,1 a ± 1,33	32,6 a ± 0,49	32,0 a ± 0,94	3,02
GP (Kg)	34,7a ± 1,33	32,6 a ± 7,88	39,0 a ± 14,58	33,82

Médias seguidas das mesmas letras nas mesmas linhas não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey. FR – Frequência respiratória; TR – Temperatura retal; TP – Temperatura da superfície do pelame; GP – Ganho de peso.

Quando um animal encontra-se em estado de estresse térmico o primeiro mecanismo visível de termorregulação é a frequência respiratória, para promover perda de calor por via evaporativa (FONSECA, 2010). Portanto, este é um sinal de que os animais intensificaram os processos latentes de perda de calor na tentativa de manter a temperatura corporal dentro da normalidade fisiológica (CUNHA et al., 2007).

Os valores da temperatura retal (TR, °C) estão dentro do considerado normal para rebanhos leiteiros de acordo com Robertshaw, (2006) que podem variar de 38,0 a 39,3 °C. A manutenção da temperatura retal dentro da faixa de normalidade pode ser justificada pelo mecanismo fisiológico de aumento da FR. Em todos os tratamentos a média da TR foi superior às encontradas por Mac-Lean (2012), que foi de 38,1 para os animais alojados nas cabanas sem suplementação de luz e 37,9 °C para aqueles submetidos à iluminação artificial.

Furtado et al. (2012) em estudo com tourinhos das raças Sindi e Guzerá mantidos em regime de 12 h de confinamento (5 h às 17 h) e 12 h em piquetes (17 h às 5 h), no Agreste paraibano, encontrou valores médios diários de 38,89



e 38,88 °C de TR, 23,57 e 23,65 mov. min.<sup>-1</sup> de FR e, 30,74 e 30,58 °C de temperatura de pelame (TP), para as respectivas raças. Portanto, todos os valores obtidos exceto a TR para o tratamento cobertura de palha encontram-se superiores aos encontrados no referido estudo.

A menor média da TP deu-se para os animais alojados sob cobertura de telha reciclada, a ocorrência pode ser em virtude das propriedades físicas do material que a constitui, que proporciona a capacidade de refletir radiação solar.

Oliveira et al. (2012) avaliaram o efeito das variáveis meteorológicas e das dietas com diferentes níveis de feno de erva-sal e palma forrageira sobre as respostas horárias dos parâmetros fisiológicos e comportamento ingestivo dos novilhos da raça Sindi, distribuídos em baias individuais (1,00 x 1,60 m) cobertas com tela de polietileno preta, com capacidade de retenção de iluminação de 70%, em Petrolina-PE, local de condições climáticas semelhantes as deste trabalho e, obtiveram valores médios de 23,2 mov. min.<sup>-1</sup> para FR, 32,8 °C para TP e 38,88 °C para TR.

Os animais abrigados sob cobertura de telha reciclada tiveram maior ganho de peso (GP, kg), quando comparados aos submetidos aos abrigos cobertos por palha e fibrocimento, apesar dos dados não apresentarem efeito significativo para GP. Rodrigues et al. (2010), afirmam que em condições ambientais de alto desconforto térmico pelo calor, os animais têm seu consumo alimentar reduzido, com interferência direta no GP.

## **CONCLUSÕES**

A análise dos índices de conforto mostrou que os abrigos cobertos com telhas recicladas apresentaram melhor desempenho térmico. Quanto às variáveis fisiológicas, a frequência respiratória esteve acima da faixa normal para bovinos naquela idade, o que indicou que os mesmos estavam submetidos a estresse térmico, porém esse mecanismo foi capaz de manter a temperatura retal dentro dos limites normais.

## REFERÊNCIAS

BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. **Ambiência em edificações rurais – Conforto animal**. 2.ed. Viçosa: UFV. 2010. 246p.

BUFFINGTON, D. E.; COLLASSO-AROCHO, A.; CANTON, G. H.; PIT, D. Black globe-humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.24, n.3, p. 711-714. 1981.

CAMPOS, A. T.; KLOSOWSKI, E. S.; GASPARINO, E.; CAMPOS, A. T. Estudo do potencial de redução da temperatura do ar por meio do sistema de resfriamento adiabático evaporativo na região de Maringá-PR. **Acta Scientiarum**, Maringá, v.24, n.5, p.1.575-1.581, 2002.

CARDOSO, A. S. **Avaliação de materiais alternativos como coberturas em instalações para produção animal visando o conforto térmico**. 2010. 98f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

CASTRO, A. C. **Avaliação da eficiência térmica de materiais utilizados como sistemas de cobertura em instalações avícolas**. 2011. 100f. Dissertação (Mestrado Agronomia: Física do Ambiente Agrícola), Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. Piracicaba.

COELHO, S. G. Desafios na criação e saúde de bezerros. In: Anais do VIII Congresso Brasileiro de Buiatria. Belo Horizonte, **Anais...**, 2009. Disponível em:< [http://xa.yimg.com/kq/groups/20728998/524784205/name/UNKNOWN\\_PARAMET ER\\_VALUE](http://xa.yimg.com/kq/groups/20728998/524784205/name/UNKNOWN_PARAMET ER_VALUE)> Acesso em 13 de jan. de 2013.

CONCEIÇÃO, M. N.; ALVES, S. P.; TELATIN JÚNIOR, A.; SILVA, I. J. O; PIEDADE, S. M. S.; SAVASTANO JÚNIOR, H.; TONOLI, G. Desempenho de telhas de escória de alto forno e fibras vegetais em protótipos de galpões. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental**, v.12, n.5, p.536–539, 2008.

CUNHA, D. N. F. V.; CAMPOS, O. F.; PEREIRA, J. C.; PIRES, M. F. A.; OLIVEIRA, R. F. M.; MARTUSCELLO, J. A. Desempenho, variáveis fisiológicas e comportamento de bezerros mantidos em diferentes instalações: época seca. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.4, p.847-854, 2007.

ESMAY, M. L. **Principles of animal environment**. Westport: Avi, 1982. 325 p.

FIORELLI, J.; FONSECA, R.; MORCELI, J. A.; DIAS, A. A. Influência de diferentes materiais de cobertura no conforto térmico de instalações para frangos de corte no oeste paulista. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.30, n.5, p.986-992, set./out. 2010.

FONSECA, P. A. F.; ALMEIDA, E. A.; PASSINI, R. Thermal comfort indices in individual shelters for dairy calves with different types of roofs. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.31, n.6, p.1044-1051, nov./dez. 2011.

FONSECA, P. A. F. **Efeito do manejo de cobertura sobre índices de conforto térmico, variáveis fisiológicas e desempenho de bezerros leiteiros**. 2010. 67f.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola – Engenharia de Sistemas Agroindustriais). Universidade Estadual de Goiás - UEG, Unidade Universitária de Ciências Exatas e Tecnológicas. Anápolis.

FURTADO, D. A. F.; PEIXOTO, A. P.; REGIS, J. E. F.; NASCIMENTO, J. W. B.; ARAUJO, T. G. P.; LISBOA, A. C. Termorregulação e desempenho de tourinhos Sindi e Guzerá, no agreste paraibano. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.9, p.1022–1028, 2012.

INCROPERA, F. P.; DEWITT, D. P.; BERGMAN, T. L.; LAVINE, A. S. **Fundamentos de transferência de calor e de massa**. 6 ed. 2008. Tradução: QUEIROZ, E. M.; PESSOA, F. L. P. Rio de Janeiro: LTC, 2008. 643 p.

KAWABATA, C. Y.; CASTRO, R. C.; SAVASTANO JÚNIOR, H. Índices de conforto térmico e respostas fisiológicas de bezerros da raça holandesa em bezerreiros individuais com diferentes coberturas. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.25, n.3, p.598-607, set./dez. 2005.

LIMA, I. A. **Adaptabilidade ao calor de vacas da raça Girolando, em duas estações do ano**. 2011. 115f. Tese (Doutorado em zootecnia). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

MAC-LEAN, P. A. B. **Programa de suplementação de luz e relações entre variáveis fisiológicas e termográficas de bezerros em aleitamento em clima quente**. 2012. 103f. Tese (Doutorado em zootecnia). Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga.

MONTENEGRO, A. A. A.; MONTENEGRO, S. M. G. L. Variabilidade espacial de classes de textura, salinidade e condutividade hidráulica de solos em planície aluvial. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, n.1, p.30–37, 2006.

MORAIS, D. A. E. F., MAIA A. S. C.; SILVA R. G., VASCONSELOS A. M.; LIMA P. O.; GUILHERMINO, M. M. Variação anual de hormônios tireoideanos e características termorreguladoras de vacas leiteiras em ambiente quente. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 3. Viçosa, MG, Mar 2008.

NÓBREGA, G. H.; SILVA, E. M. N.; SOUZA, B. B.; MANGUEIRA, J. M. A produção animal sob a influência do ambiente nas condições do semiárido nordestino. **Revista verde de agroecologia e desenvolvimento sustentável**. Vol. 06, n. 01, p. 67- 73, 2011.

OLIVEIRA, P. T. L.; TURCO, S. H. N.; ARAÚJO, G. G. L.; VOLTOLINI, T. V.; MENEZES, D. R.; SILVA, T. F. Comportamento ingestivo e parâmetros fisiológico de bovinos Sindi alimentados com teores crescentes de feno de erva-sal. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.7, p.180-188, 2012.  
PERISSINOTO, M.; MOURA, D. J. Determinação do conforto térmico de vacas leiteiras utilizando a mineração de dados. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, Campinas, v.1, n.2, p.117-126, 2007.

REECE, W. Respiração nos mamíferos. In: **Dukes: Fisiologia dos animais domésticos**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2006. p.103-134.

ROBERTSHAW, D. Regulação da temperatura e o ambiente térmico. In: REECE, W. O. **Dukes: Fisiologia dos animais domésticos**. 12. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2006.

RODRIGUES, V.C.; SILVA, I.J.O.; VIEIRA, F.M.C.; NASCIMENTO, S.T. A correct enthalpy relationship as thermal comfort index for livestock. **International Journal of Biometeorology**, Lisse, v. 55, n.3, p.455-459, 2011.

RODRIGUES, A. L.; SOUZA, B. B.; PEREIRA FILHO, J. M. Influência do sombreamento e dos sistemas de resfriamento no conforto térmico de vacas leiteiras. **Agropecuária Científica no Semiárido**, Patos, v.6, n.2, p. 14-22, abr./jun. 2010.

SAMPAIO, C. A. P.; CARDOSO, C. O.; SOUZA, G. P. Temperaturas superficiais de telhas e sua relação com o ambiente térmico. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.31, n.2, p.230-236, mar./abr. 2011.

SANTIAGO, F. S.; MONTENEGRO, A. A. A. Avaliação de parâmetros Hidráulicos e manejo da irrigação por microaspersão em área de assentamento. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.24, p.632-643, 2004.

SAS - Statistical Analysis System. SAS Companion for the Microsoft Windows Environment. Version 8, Cary: 2007. CD-Rom.

SOUZA, B. B.; SILVA, I. J. O.; MELLACE, E. M.; SANTOS, R. F. S.; ZOTTI, C. A.; GARCIA, P. R. Avaliação do ambiente físico promovido pelo sombreamento sobre o processo termorregulatório em novilhas leiteiras. **Agropecuária Científica no Semiárido**. Vol.06, n. 02, p. 59 - 65, 2010.

SOUZA, C. F; TINÔCO, I. DE 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**, v.26, p.157-164, 2002.

THOM, E. C. **The discomfort index**. *Weatherwise*, v.12, p.57-59,1959.

#### **4. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O estudo realizado apresentou respostas que reafirmam a necessidade de proteção dos animais das ações dos agentes estressores, principalmente da radiação solar em regiões semiáridas. Visto que, as bezerras serão responsáveis pela futura produção de leite e renovação do rebanho, devendo receber maior atenção quanto ao microclima proporcionado pelo sistema de contenção, para que possam chegar à fase produtiva com saúde e mais precocemente.

A análise dos diferentes materiais utilizados na cobertura dos abrigos apontou as telhas recicladas como a mais indicada para essa finalidade, por apresentaram melhor desempenho térmico, promovendo melhores condições de conforto para as bezerras alojadas.