



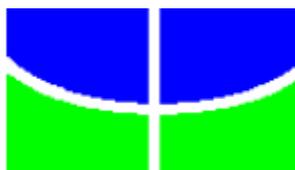
**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA**

**TOLERÂNCIA AO CALOR EM BOVINOS ZEBUÍNOS**

**CAIO CESAR CARDOSO**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM CIÊNCIAS ANIMAIS**

**BRASÍLIA / DF  
JANEIRO / 2015**



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA**

**TOLERÂNCIA AO CALOR EM BOVINOS ZEBUÍNOS**

**CAIO CESAR CARDOSO**

**ORIENTADORA: CONCEPTA MARGARET MCMANUS PIMENTEL  
CO-ORIENTADOR: CARLOS FREDERICO MARTINS**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM CIÊNCIAS ANIMAIS**

**PUBLICAÇÃO: 128/2015**

**Brasília / DF  
JANEIRO / 2015**

**REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA E CATALOGAÇÃO**

CARDOSO, C. C. **Tolerância ao calor em bovinos zebuínos**. Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2014, 46 p. Dissertação de Mestrado.

Documento formal, autorizando reprodução desta dissertação de mestrado para empréstimo ou comercialização, exclusivamente para fins acadêmicos, foi passada pela autora à Universidade de Brasília e acha-se arquivado na Secretaria do Programa. A autora e sua orientadora reservam para si os direitos autorais, de publicação. Nenhuma parte desta dissertação pode ser reproduzida sem autorização por escrito da autora ou de sua orientadora, Citações são estimuladas, desde que citada a fonte.

Cardoso, Caio Cesar.  
C268t Tolerância ao calor em bovinos zebuínos / Caio Cesar  
Cardoso. -- 2015.  
ix, 46 f. : il. ; 30 cm.

Dissertação (mestrado) - Universidade de Brasília,  
Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2015.  
Inclui bibliografia.  
Orientação: Concepta McManus Pimentel ; Coorientação:  
Carlos Frederico Martins.

1. Bovino. 2. Calor. I. Pimentel, Concepta McManus.  
II. Martins, Carlos Frederico. III. Título.

CDU 636.2

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA**

**TOLERÂNCIA AO CALOR EM BOVINOS ZEBUÍNOS**

**CAIO CESAR CARDOSO**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA À FACULDADE DE AGRONOMIA  
E MEDICINA VETERINÁRIA DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, COMO PARTE  
DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS À OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM  
CIÊNCIAS ANIMAIS.**

**APROVADA POR:**

---

**CONCEPTA MARGARET MCMANUS PIMENTEL, PhD, (Universidade de Brasília),  
(Orientadora), E-mail: concepta @unb.br**

---

**FRANCISCO ERNESTO MORENO BERNAL, Dr, (Universidade de Brasília),  
(Examinador Interno). E-mail. framobe@unb.b**

---

**VANESSA PERIPOLLI, Dra, (Bolsista PDJ CNPq), (Examinador Externo). E-mail:  
vanessa.peripolli@hotmail.com**

**Brasília/DF, 23 de janeiro de 2015.**

Dedico este trabalho aos meus pais, Luciano Artur Cardoso e Rute Souza Lima, que sempre me apoiaram em todos os momentos.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço à Deus por todas as conquistas e bênçãos que Ele nos dá diariamente.

Agradeço à minha orientadora Connie pela confiança em mim depositada desde a minha primeira iniciação científica, pela sua dedicação e ajuda em todos os momentos, mesmo à distância.

Agradeço a minha família pelo apoio e compreensão. Ao meu pai Luciano que me incentivou desde pequeno a seguir essa profissão e à minha mãe Rute que é pra mim modelo de dedicação e persistência.

Agradeço a minha futura esposa Samara, pela compreensão e companheirismo em todos os momentos de dificuldade e pela sua ajuda no desenvolvimento deste trabalho.

Aos colegas de trabalho Fernanda Galdino, Geisa Esteves, Felipe Barbosa, Matheus França e Eduardo Brandão, que me ajudaram a realizar o experimento de campo. Aos colegas do Laboratório de Patologia Clínica do Hospital Veterinário da UnB, Mariana Lima, Simone Mesquita, Maia Araújo, Wanessa Aparecida e Filipe Tavares pela dedicação na parte de apoio laboratorial.

À EMBRAPA, ao Centro de Transferência de Tecnologias de Raças Zebuínas com Aptidão Leiteira (CTZL), na pessoa do meu co-orientador, o pesquisador Carlos Frederico Martins por ter permitido a realização do experimento nas instalações da instituição e por toda ajuda prestada durante o trabalho dos técnicos e veterinários.

Aos professores da Pós-Graduação da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília (UnB), pela colaboração e a CAPES pela concessão da bolsa de pós-graduação.

## ÍNDICE

RESUMO .....	viii
TOLERÂNCIA AO CALOR EM BOVINOS ZEBUÍNOS.....	viii
ABSTRACT .....	ix
HEAT TOLERANCE IN ZEBU CATTLE.....	ix
CAPÍTULO 1 .....	1
1 INTRODUÇÃO.....	2
1.1 Problemática e Relevância.....	4
1.2 Objetivos.....	5
Geral .....	5
Objetivos específicos.....	5
2 REVISÃO DE LITERATURA .....	6
2.1 Bovinocultura no Brasil.....	6
2.2 Sistema de produção.....	10
2.3 Termorregulação.....	11
2.4 Novas perspectivas na produção.....	12
2.5 Uso da termografia .....	13
CAPÍTULO 2 .....	15
TOLERÂNCIA AO CALOR EM BOVINOS ZEBUÍNOS.....	15
RESUMO .....	16
ABSTRACT .....	17
HEAT TOLERANCE IN ZEBU CATTLE.....	17
1 INTRODUÇÃO.....	18
2 MATERIAIS E MÉTODOS.....	20
3 RESULTADOS .....	22
4 DISCUSSÃO.....	34
5 CONCLUSÃO.....	41
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	42

## RESUMO

### TOLERÂNCIA AO CALOR EM BOVINOS ZEBUÍNOS

Caio Cesar Cardoso <sup>1</sup>, Concepta Margaret McManus Pimentel <sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária – UnB, DF.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a tolerância ao calor de cinco raças zebuínas utilizando a termografia infravermelha. Foram avaliadas 40 vacas das raças Gir, Girolando, Nelore, Sindi, Indubrasil com aproximadamente três anos de idade. O experimento foi realizado no Centro de Transferência de Tecnologias de Raças Zebuínas com Aptidão Leiteira, da EMBRAPA Cerrados, na localidade de Ponte Alta, no Distrito Federal. Foram registrados o peso corporal, a altura de cernelha, altura do cupim, comprimento do corpo e circunferência torácica de carcaça. A densidade da pelagem e altura do pelo foi obtido através da coleta de um centímetro quadrado de pelo da região da garupa e a coloração da pele utilizando o sistema CIELAB L\*, a\* e b\*. Foram avaliadas a temperatura retal, frequência cardíaca e respiratória no turno da manhã, às 04:30h, e no turno da tarde, às 14:30h, durante três dias. Foram coletadas amostras de sangue para avaliação hematológica. A temperatura superficial foi obtida através da câmera infravermelha. Foram registradas duas imagens por animal, uma de todo o corpo lateralmente e outra da região da cabeça. Utilizando uma estação meteorológica, foi registrada a temperatura do ar, a velocidade do vento e a umidade relativa. As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do programa SAS e os procedimentos usados foram análise de variância, correlações, componentes principais, análise discriminante, análise canônica, regressão logística e *odds ratio*. A temperatura do ar chegou à 35,9°C, ficando acima da temperatura da zona de conforto para bovinos. Os animais Indubrasil e Girolando tiveram o maior peso e o maior perímetro torácico, enquanto que os animais Gir apresentaram a menor altura de cernelha e a menor perímetro torácico. A raça afetou todos os parâmetros fisiológicos e todas as temperaturas superficiais. Em geral, as correlações entre todos os pontos da análise da imagem termográfica foram altas e positivas. Os componentes ambientais também tiveram alta correlação com as temperaturas das imagens termográficas, sendo que, a correlação com umidade foi negativa. A análise de componentes principais demonstrou que a temperatura superficial do corpo aumentou quando a temperatura corporal aumentou no período da tarde e com aumento do estresse térmico o animal aumentou a sua frequência respiratória na tentativa de perder calor. No turno da tarde, apenas 16% das coletas das temperaturas retais dos animais Girolando estavam acima dos valores de referência, enquanto que nos animais Gir, essa porcentagem chegou aos 58%. Os principais pontos para avaliação do estresse térmico foram a axila, o pescoço e o olho.

**Palavras-chave:** características corporais, estresse térmico, fisiologia, termografia

## ABSTRACT

### HEAT TOLERANCE IN ZEBU CATTLE

Caio Cesar Cardoso <sup>1</sup>, Concepta Margaret McManus Pimentel <sup>1</sup>.

<sup>1</sup> School of Agronomy and Veterinary Medicine – UnB, DF.

The objective of this study from to the evaluate heat tolerance of five zebu breeds using infrared thermography. 40 cows Gir, Girolando, Nellore, Sindhi and Indubrasil breeds with approximately three years of age were evaluated. The experiment took place at the Center for Technology Transfer of Zebu Breeds, of EMBRAPA Cerrados, in Ponte Alta in the Federal District. Body weight, wither height, height of the hump, body length and chest circumference were recorded. The density and height of the coat was obtained by collecting a square centimeter in the rump region and skin color using the CIELAB L\*, a\* and b\* system. Rectal temperature, heart and respiratory rate during the morning (04:30h), and in the afternoon, at 14:30h, during the three days. Blood samples were collected for hematological evaluation. The surface temperature was obtained using an infrared camera FLIR-T400. Two images were recorded per animal, one of the whole body and the other of the side of the head. Using a weather station, the air temperature, wind speed and relative humidity were obtained. The statistics were performed using the SAS program and the procedures used were analyses of variance, correlation, principal components, discriminant analysis, canonical analysis, logistic regression and odds ratio. The air temperature reached 35.9° C, above the temperature of the comfort zone for cattle. The Indubrasil and Girolando animals had greater weight and heart girth, but Gir animals showed lowest of the wither height and heart girth. Breed affected all physiological parameters and all surface temperatures. In general, the correlations between all points of analysis of thermographic images were high and positive. Environmental components were also highly correlated with the temperatures of the thermographic images, and the correlation was negative with relative humidity. The principal component analysis showed that the surface temperature of the body increases when the body temperature rises in the afternoon and with increased heat stress, the animal increased its respiratory rate in an attempt to lose heat. In the afternoon, only 16% of the rectal temperatures of animals Girolando were above the reference values. In Gyr, this percentage reached 58%. The main points for evaluation of heat stress were the armpit, neck and eye.

**Keywords:** Body traits, heat stress, physiology, thermography

## **CAPÍTULO 1**

## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil se destaca no cenário mundial na produção animal, pois possui atualmente o maior rebanho comercial de bovinos do mundo e é o maior exportador de carne bovina (USDA, 2014). Em 2013 as exportações chegaram a US\$ 6,658 bilhões de acordo com o Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (Brasil, 2014). A expectativa do Ministério da Agricultura é que a produção nacional de carnes suprirá 44,5% do mercado mundial até 2020. Isso será possível graças a uma grande oferta de grãos, principalmente na região Centro Oeste, a oferta de grandes áreas de pastagem para criação durante o ano e aumento da demanda mundial no consumo. Mas o aumento da temperatura devido às mudanças climáticas pode se tornar o novo desafio para a agropecuária brasileira. De acordo com o Primeiro Relatório de Avaliação Nacional do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas, até 2070 as temperaturas aumentarão entre 1°C e 5,8°C no Centro-Oeste brasileiro e um aumento do período de estiagem com duração de sete meses. Os efeitos dessas mudanças já podem ser vistos em regiões produtoras de bovinos, como a sudeste, que passando atualmente por uma longa escassez de chuvas, e no Centro Oeste onde são registrados recordes de temperaturas máximas (INPE, 2014).

As condições climáticas encontradas na maior parte do Brasil, de temperatura e umidade elevadas, causam no animal estresse térmico que leva a redução da produtividade e ainda pode deixar os animais mais susceptíveis a doenças. Sabe-se que o calor excessivo causa diminuição na ingestão de alimentos e distúrbios no metabolismo de proteínas, energia, balanço mineral, reações enzimáticas, secreções de hormônios e metabólitos no sangue (Marai et al., 2007; Delfino et al., 2012). Todos esses fatores afetam negativamente a produção, gerando perdas econômicas para o produtor. Uma das alternativas para reduzir os efeitos do estresse térmico é a seleção de animais adaptados a estas condições (Nardone et al., 2010).

Animais adaptados caracterizam-se pela habilidade em se ajustar às condições ambientais médias, assim como aos extremos climáticos e manutenção ou mínima redução no desempenho produtivo, pela elevada eficiência reprodutiva, resistência às doenças, longevidade e baixa taxa de mortalidade durante a exposição ao estresse (Baccari Júnior, 1990). Entretanto ao longo dos anos a seleção de animais para tolerância ao calor foi ignorada porque os índices de herdabilidade foram considerados baixos ou de difícil registro e maior importância a seleção para produtividade (Goddard, 2009).

## **1.1 Problemática e Relevância**

A principal forma de avaliação de estresse térmico é através das variáveis fisiológicas de temperatura retal e frequência cardíaca (Abbi Saab & Sleiman, 1995). Esse tipo de avaliação pode ser demorado e às vezes tem a necessidade de contenção do animal. Entretanto novas técnicas de sensoriamento remoto para avaliação de adaptação às condições climáticas têm se desenvolvido ao longo das últimas décadas. Uma delas é o uso de câmeras infravermelhas para avaliar as repostas fisiológicas de maneira rápida e eficiente. A câmera infravermelha captura imagens através da radiação emitida pela superfície do animal (Holst, 2000). Estudos demonstram que a temperatura superficial tem correlação com as repostas fisiológicas dos animais ao estresse e no desenvolvimento de algumas patologias devido à alteração do fluxo sanguíneo (Knizkova et al., 2007). Com isso o uso da termografia pode se tornar uma ferramenta para a seleção de indivíduos e grupos genéticos melhor adaptados às condições ambientais.

## **1.2 Objetivos**

### **Geral**

- Avaliar a tolerância ao calor de raças de bovinos zebuínos.

### **Objetivos específicos**

- Avaliar as alterações fisiológicas (temperatura retal, frequência cardíaca) e hematológicas causadas pelo estresse térmico em bovinos zebuínos.
- Avaliar as características morfológicas que contribuem com o equilíbrio térmico dos animais.
- Avaliar o uso da termografia para teste de tolerância ao calor em bovinos zebuínos

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Bovinocultura no Brasil

Os primeiros bovinos foram trazidos para o Brasil no início da colonização portuguesa no século XVI. As primeiras raças eram de origem Ibérica (*Bos taurus*) (McManus et al., 2009). Essas raças evoluíram ao longo dos séculos adaptando-se às condições sanitárias, climáticas e de manejo encontrados nos mais diferentes habitats, dando origem às raças naturalizadas brasileiras, também denominadas de locais ou raças crioulas. Podemos citar entre os representantes dessas raças, os bovinos Curraleiro Pé-duro, o Franqueiro ou Junqueiro, o Caracu, o Mocho Nacional, o Crioulo Lageano e o Pantaneiro (Egito et al., 2007). Mas pelo processo de adaptação, os animais naturalizados se tornaram, na visão do produtor, animais pouco produtivos pelo seu tamanho e pelo longo tempo de crescimento. Com isso, no início do século XX se iniciou a importação de gado zebuino (*Bos primigenius indicus*) na tentativa de aumentar a produtividade (Santos et al., 2005a).

O bovino *Bos indicus* é um animal nativo do sul e sudeste asiático. O zebuino foi escolhido devido ao seu porte maior, já se encontrava em um ambiente parecido ao brasileiro, predominantemente quente e úmido, e possuía características de um animal rústico (Mazza et al., 1994). Inicialmente houve o cruzamento com raças naturalizadas com gado zebu que produziram descendentes superiores aos pais por causa dos efeitos da heterose, mas o efeito de superioridade foi atribuído somente ao gado Zebu (Mazza et al., 1994), até que a maior parte do gado naturalizado foi substituída por gado de origem zebuina. A principal raça introduzida no Brasil foi a Nelore.

O Nelore (figura 1.1) é conhecido por ser um animal rústico, com boa habilidade materna e de maior porte quando comparado a raças naturalizadas (Santos et al., 2005b), com boa produtividade de carne e que, inicialmente, conseguiu se adaptar em algumas regiões, como o Pantanal e o Cerrado. O animal tem pelagem branca a cinza-claro e a pele preta ou escura com orelhas curtas e voltadas para frente (ACNB, 2014). Atualmente é considerado o maior rebanho bovino e está presente em todas as regiões do país, mas o rebanho se concentra no centro oeste, sudeste e nordeste brasileiro e expansão na região norte (Bowman et al., 2012).



Figura 1.1: Bovino Nelore Criado a pasto. Fonte: Sebastião Nacismeto, 2012.

Já a raça Sindi (figura 1.2) foi introduzida no nordeste brasileiro pela sua grande rusticidade. Originário da região central da Ásia tem como características principais o porte pequeno, cabeça pequena, chifres grossos e curtos, orelhas de tamanho médio e largas, pelagem avermelhada ou castanha, e uma boa produção leiteira (Faria et al., 2001). A raça chegou no país no ano de 1930 e atualmente se encontra em um número reduzido com o rebanho concentrado na região nordeste, com 77% dos criadores localizados nessa região (Mitsuishi & Josahkian, 2011). O desinteresse dos produtores pela raça foi causado pelo seu porte pequeno e principalmente pela ascensão de outras raças como o Gir.



Figura 1.2: Bovinos Sindi. Fonte: ABCZ, [www.abcz.org.br](http://www.abcz.org.br).

A raça zebuína Gir (figura 1.3) tem origem da Índia e foi por muitos anos a principal raça importada pela boa aceitação dos produtores. Foi introduzida no país a partir do ano de 1870 e a escolha dessa raça se deve as suas características físicas, boa produtividade, rusticidade e pela boa produção de carne, e adaptabilidade a vários sistemas de produção (Santana Jr. et al., 2014). A partir do ano de 1960 alguns produtores iniciaram a seleção para o aumento da produtividade de leite e em 1985 a Embrapa Gado de Leite junto com a Associação dos Criadores do Gir Leiteiro consolidaram o Programa Nacional de Melhoramento do Gir Leiteiro (ABCGIL, 2014). As principais características físicas da raça são a pele escura, pelagem vermelha a amarela, orelhas pendulares de tamanho médio e voltadas para frente, os cornos voltados para trás e curvados geralmente de cor escura.



Figura 1.3: Vaca Gir de aptidão leiteira. Fonte: [www.fazendasagarana.com.br](http://www.fazendasagarana.com.br).

Após a introdução de raças zebuínas puras no Brasil, alguns produtores passaram a investir no melhoramento genético e no cruzamento para aumento da produção de carne e leite. Um dos cruzamentos realizados foi entre as raças Gir e a raça Guzerá, utilizando também outras raças como o Sindi, que originou a raça Indubrasil (Santiago, 1986). O Indubrasil foi o primeiro zebuínio brasileiro (figura 1.4). Surgiu na região do triângulo mineiro por volta de 1930. Sua principal aptidão é a carne e suas características são animais de pele escura e pelagem curta de cor branca a acinzentada, orelhas grandes, espalmadas e voltadas para frente. Atualmente se concentra nas regiões sudeste e centro oeste do Brasil (ABCI, 2014).



Figura 1.4: Indubrasil, o primeiro produto zebuino brasileiro. Fonte: [www.acrissul.com.br](http://www.acrissul.com.br)

Com o objetivo de incrementar a produção leiteira sem perder em rusticidade, os produtores das principais bacias leiteiras começaram, entre as décadas de 1930 e 1940, a realizar o cruzamento do gado Gir com animais da raça Holandesa. A raça Holandesa tem origem europeia e teve um processo de seleção de produção leiteira superior do que os animais zebuínos, entretanto é uma raça de baixa rusticidade que não se adaptou bem as condições climáticas e de produção brasileira. Já o produto desse cruzamento gerou um animal com boa rusticidade e produtividade. Guimarães et al. (2002) observou maior produtividade de animais cruzados do que animais puros da raça Gir e Holandês em condições de campo. O cruzamento ainda mantém a possibilidade do aproveitamento de machos para corte. As características físicas são variáveis de acordo com os níveis de cruzamento, mas a padronização racial do animal puro sintético da Associação Brasileira dos Criadores de Girolando, de  $\frac{5}{8}$  Holandês são animais de pelos curtos de cor escura, cabeça de perfil retilíneo com as orelhas voltadas para frente, corpo de porte médio, úbere bem desenvolvido com tetos médios (figura 1.5).



Figura 1.5: Girolando puro sintético. Fonte: [www.girolando.com.br](http://www.girolando.com.br)

## 2.2 Sistema de produção

Atualmente o rebanho bovino brasileiro é composto por 80% de animais de origem zebuína (ABCZ, 2014). O maior rebanho é composto de animais da raça Nelore. Mas apesar do melhoramento genético para o aumento da produtividade, o sistema de criação predominante da bovinocultura brasileira ainda é o do sistema de pastejo extensivo (Ferraz & Felício, 2010). Esse tipo de criação no Brasil se caracteriza por uso de grandes áreas de pastagem com baixa densidade animal, com baixo nível de suplementação, com pouco manejo sanitário animal e baixo uso de tecnologias (figura 1.6).

A vegetação natural é substituída por pastagem cultivada, e geralmente não se mantêm áreas com sombreamento natural. Logo os animais não têm lugar para se abrigar nos horários de maior incidência solar e de calor. Segundo o censo agropecuário de 2006 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), mais de 52% da população bovina se concentra nas regiões centro oeste e norte do país. Essas regiões têm como característica climática altas temperaturas, com médias acima de 30°C, acima da zona de conforto térmico (10 a 27°C) dos bovinos de corte (Silva, 2000). Efeitos diretos do estresse térmico incluem redução na produção, efeitos na reprodução e na resistência ou susceptibilidade de doenças (Bernabucci et al., 2010). Com isso a capacidade do animal para se adaptar às condições ambientais adversas se torna um importante fator para o desenvolvimento da pecuária nacional.



Figura 1.6: Propriedade de bovinos de corte no Brasil.

### 2.3 Termorregulação

Os bovinos, assim como todos os mamíferos, são animais homeotérmicos que possuem a capacidade de manter, em condições normais, a temperatura corporal profunda constante, independentemente da temperatura que os rodeia (Swenson e Reece, 1996). Quando houver alterações na temperatura do ambiente, os animais têm mecanismos de produzir ou perder calor para o meio. Os animais homeotérmicos possuem uma zona de termo neutralidade que é uma faixa de temperatura ambiente em que o animal não precisa produzir ou perder temperatura corporal e seu metabolismo é mínimo (Curtis, 1983). Essa faixa é conhecida como zona de conforto térmico. A temperatura de conforto dos bovinos leiteiros em lactação está entre 5 e 25 °C (Roefeldt, 1998), mas na maior parte do Brasil encontramos temperaturas máximas acima desses valores (McManus et al., 2011). As altas temperaturas ambientais, exposição à incidência solar prolongada e ventilação inadequada podem levar a hipertermia (Radostits et al., 2002).

O calor é perdido do corpo através de três processos físicos: radiação, condução, convecção (Despopoulos, 2003). Esses são os mecanismos da perda de calor sensível. Quando há desequilíbrio, entre o ganho e a perda calórica, são ativados ajustes fisiológicos em resposta ao calor. As principais alterações no organismo são a vasodilatação cutânea, que produz aumento na temperatura da pele e assim facilita as trocas térmicas com o ambiente, e a perda calórica evaporativa (perda de calor insensível), que se dá pelo aumento da sudorese e pelo aumento da frequência respiratória (polipnéia) (Swenson & Reece, 1996).

Quando esses mecanismos não são suficientes para a manutenção do equilíbrio calórico, o animal começa a sofrer estresse térmico. O animal reduz ingestão de alimento para reduzir a produção de calor e o metabolismo se torna mais lento, causando hipofunção da tireoide (Bernabucci et al., 2010), redução da produção da somatotropina (Rhoads et al., 2009) e aumento da insulina (Wheelock et al., 2010). Isto afeta o crescimento, a eficiência reprodutiva, a conversão alimentar e a produção e qualidade do leite, causando consideráveis perdas econômicas de curto e de longo prazo. Nos Estados Unidos da América, o estresse térmico gera um prejuízo anual de aproximadamente um bilhão de dólares somente na bovinocultura leiteira (St-Pierre et al., 2003).

## 2.4 Novas perspectivas na produção

Surgem novos desafios para a produção animal em regiões tropicais quanto ao conforto térmico. O Primeiro Relatório de Avaliação Nacional do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (PBMC, 2013) prevê um aumento médio de 3°C na temperatura do ar no Brasil, além de ondas de calor maiores e mais frequentes e com alterações nos níveis de chuva.

Essas mudanças climáticas podem levar a alterações do atual sistema produtivo no Brasil, na sua maior parte extensivo. O uso de técnicas para a melhoria do conforto térmico utilizando ventilação forçada, aspersão de água e sombreamento se apresentam como alternativas na redução de perdas na produção (Renaudeau et al., 2011).

Em sistemas de confinamento a utilização de galpões com sistema de resfriamento com aspersão e ventilação contínua para manutenção de temperatura é um dos métodos para reduzir o estresse relacionado às condições ambientais (Collier et al., 2006). Esse tipo de estrutura é geralmente encontrado para vacas leiteiras de origem europeia que apresentam maior produtividade e são mais sensíveis aos efeitos de altas temperaturas. Entretanto este sistema ainda é pouco utilizado no Brasil devido ao seu alto custo de implementação e manutenção (Botega et al., 2007)

O uso de alternativas para reduzir a incidência solar e diminuir o estresse térmico, como o uso de sombrites e a arborização, têm se mostrado como alternativas de baixo custo que podem ser utilizadas para animais em sistemas extensivos (Tucker et al., 2008). Entretanto o animal ainda fica vulnerável a outros fatores ambientais como a temperatura ambiental e a umidade do ar. Já em outra frente, pesquisadores defendem o avanço genético que inclua a seleção para a tolerância ao calor ou a identificação de traço genético que aumente a tolerância ao calor (West, 2003) para redução das perdas causadas pelo estresse térmico.

As avaliações de adaptabilidade dos animais aos ambientes quentes podem ser realizadas por meio de testes de adaptabilidade fisiológica ou de tolerância ao calor (Bacari Júnior, 1990). Os critérios de tolerância e adaptação dos animais são determinados principalmente através dos parâmetros fisiológicos de frequência respiratória e temperatura corporal (Abbi Saab & Sleiman, 1995). Burrow & Prayaga (2003) avaliaram a seleção de bovinos para ganho de peso e de animais termotolerantes através da temperatura retal e

concluíram que a seleção para resistência ao estresse térmico em linhagens de alto crescimento teve resposta favorável para redução da temperatura retal.

O maior problema desses métodos que utilizam indicadores fisiológicos de estresse é a necessidade da contenção e os procedimentos de manipulação que podem causar uma resposta ao estresse alterando os resultados (Stewart, 2008). Com isso existe a necessidade de métodos não invasivos que não causam estresse no animal e não interfiram nas avaliações de estresse térmico. O uso de novas tecnologias, como a termografia infravermelho, surgem como alternativa para medir o impacto dos fatores ambientais na produção animal, promovendo a saúde e o bem estar animal (Roberto, 2012).

## **2.5 Uso da termografia**

A termografia é uma técnica emergente na qual se obtém uma imagem que representa a temperatura superficial do animal, sendo uma técnica de sensoriamento remoto que se baseia na detecção da radiação térmica emitida por todos os corpos à temperatura não nula (Holst, 2000). Alterações na circulação vascular irão criar mudanças na temperatura do tecido e esta é utilizada para avaliar a área (Harper, 2000). Com isso podemos identificar desde alterações circulatórias inflamatórias (Berry et al., 2013), bem como alterações circulatórias fisiológicas para termorregulação (Knizkova et al., 2007) e alterações pelo estresse causada por dor. O uso da imagem termográfica é uma ferramenta não estressante porque normalmente não precisa de contato ou de contenção (Stewart, 2008), e também há possibilidade de avaliar muitos animais em curto espaço de tempo (McManus et al., 2011b).

Montanholi et al. (2011) concluíram que as imagens termográficas podem avaliar fenômenos fisiológicos através da variação da temperatura da pele de bovinos. Hoffmann et al. (2012), estudando a variação entre a temperatura superficial através da câmera infravermelha em relação à temperatura retal e vaginal, demonstraram um aumento da temperatura superficial da região da cabeça e do corpo quando a temperatura retal se elevava. Collier et al. (2006) encontraram correlações entre a temperatura superficial de bovinos holandeses, obtida através da termografia infravermelha, com a resposta fisiológica dos animais quanto a temperatura retal e a frequência respiratória. Oliveira (2011) concluiu que as temperaturas da superfície corporal e da garupa de ovinos mensuradas com o termógrafo podem ser utilizadas para identificar o estresse causado pelo calor devido à sua correlação positiva desses pontos com a frequência respiratória e a temperatura retal.

Weschenfelder et al. (2013) concluíram que imagem da superfície do olho é capaz de detectar às alterações de temperatura associada com condições fisiológicas em suínos. Stewart et al. (2008), utilizando vacas de leite, correlacionaram o aumento de temperatura ocular com o aumento de estresse (figura 1.7). Entretanto, variáveis ambientais como incidência solar e velocidade do vento bem como variáveis técnicas, como a distância da câmera podem influenciar negativamente os resultados da mensuração da temperatura do olho (Church et al. 2014).

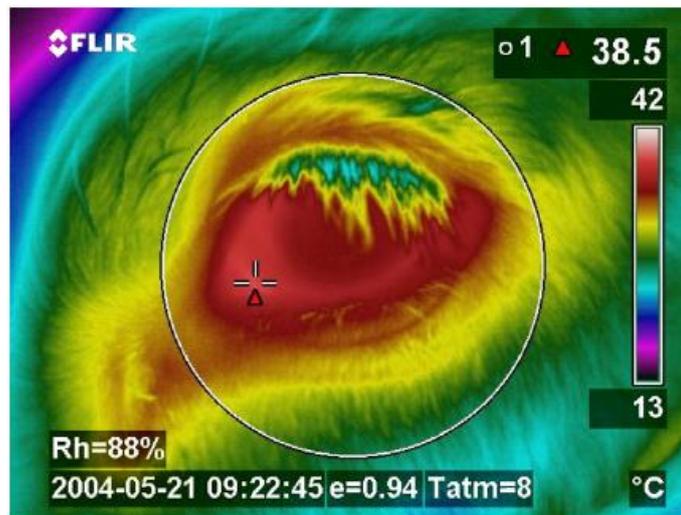


Figura 1.7: Imagem termográfica do olho de bovino (Stewart et al., 2008).

Santos et al. (2005a) avaliaram a tolerância ao estresse térmico das raças bovinas naturalizadas, como Pantaneira e Junqueira, e raças exóticas introduzidas no Brasil, como Nelore e Holandesa, utilizando a temperatura superficial e os parâmetros fisiológicos. A correlação entre as temperaturas ambiental e superficial foram altas e os bovinos pantaneiros ou mestiços tiveram temperaturas de pele e retal menor se comparada com animais Nelore. Paim et al. (2012), avaliaram a temperatura superficial de quatro grupo genéticos de ovinos utilizando a termografia infravermelha. Os autores caracterizaram diferentes respostas ao estresse térmico dependendo do grupo genético, concluindo que a termografia infravermelha é uma promissora técnica para avaliar a resposta dos animais para o estresse térmico.

Com isso a termografia se torna uma ferramenta capaz de auxiliar na avaliação da adaptação às condições climáticas de um determinado ambiente e na seleção de indivíduos ou grupos genéticos que sejam mais bem adaptados ao estresse térmico.

## **CAPÍTULO 2**

### **TOLERÂNCIA AO CALOR EM BOVINOS ZEBUÍNOS**

## RESUMO

Objetivo deste trabalho foi avaliar a tolerância ao calor em cinco raças zebuínas utilizando a termografia infravermelha. Foram avaliadas 40 vacas das raças Gir, Girolando, Nelore, Sindi, Indubrasil com aproximadamente três anos de idade. O experimento aconteceu no Centro de Transferência de Tecnologias de Raças Zebuínas com Aptidão Leiteira, da EMBRAPA Cerrados, na localidade de Ponte Alta, no Distrito Federal. Foram registrados o peso corporal, a altura de cernelha, altura do cupim, comprimento do corpo e circunferência torácica de carcaça. A densidade da pelagem e altura do pelo foi obtido através da coleta de um centímetro quadrado de pelo da região da garupa e a coloração da pele utilizando o sistema CIELAB L\*, a\* e b\*. Foram avaliadas a temperatura retal, frequência cardíaca e respiratória no turno da manhã, às 4:30h, e no turno da tarde, às 14:30h, durante três dias. Foram coletadas amostras de sangue para avaliação hematológica. A temperatura superficial foi obtida através da câmera infravermelha. Foram registradas duas fotografias por animal, uma de todo o corpo lateralmente e outra da região da cabeça. Utilizando uma estação meteorológica, foi registrada a temperatura do ar, a velocidade do vento e a umidade relativa. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o programa SAS e os procedimentos usados foram análise de variância, correlações, análise de componentes principais, análise discriminante, análise canônica, regressão logística e *odds ratio*. Houve diferença significativa na temperatura retal, frequência cardíaca e respiratória entre os grupos genéticos. Os animais Gir registraram a maior temperatura retal média mas não houve diferença estatística com a raça Indubrasil. O fator raça foi altamente significativo para a resposta das temperaturas superficiais, demonstrando que fatores físicos e fisiológicos afetam grupos de animais de maneiras distintas. A temperatura superficial do olho foi o único ponto que interagiu com todos os parâmetros ambientais. No teste *odds ratio*, demonstrou que a raça Sindi tem três vezes mais chances de ter a maior temperatura retal se comparada com a raça Gir. Na Roc Curve, a curva ficou acima de 0,78, demonstrando que o modelo utilizado teve uma alta sensibilidade para tolerância ao calor. Os animais da raça Gir foram os menos adaptados às condições ambientais durante o período de avaliação e os animais Girolando e Sindi apresentaram os melhores índices fisiológicos nas condições térmicas de campo.

**Palavras-chave:** características corporais, estresse térmico, fisiologia, termografia

## ABSTRACT

### HEAT TOLERANCE IN ZEBU CATTLE

Objective of this study was to evaluate the heat tolerance of five zebu breeds using infrared thermography. 40 cows Gir, Girolando, Nellore, Sindhi and Indubrasil breeds with approximately three years of age were evaluated. The experiment took place at the Center for Technology Transfer of Zebu Breeds, of EMBRAPA Cerrados, in Ponte Alta in the Federal District. Body weight, withers height, height of hump, body length and chest circumference were recorded carcass. The density and height of the coat was obtained by collecting a square centimeter in the rump region and skin color using the CIELAB L\*, a\* and b\* system. Rectal temperature, heart and respiratory rate during the morning, were evaluated at 4:30h, and in the afternoon, at 14:30h, during the three days. Blood samples were collected for hematological evaluation. The surface temperature was obtained using an infrared camera FLIR T400. Images were recorded per animal, one of the whole body and the other of the side of the head. Using a weather station, air temperature, wind speed, relative humidity were obtained. The statistics were performed using the SAS program and the procedures used were of variance, correlation, principal factors, discriminant analysis, canonical analysis, logistic regression and odds ratio. Significant difference in rectal temperature, heart rate and respiratory between groups. The animals in the Gir group had the highest mean rectal but there was no statistical difference with Indubrasil breed. The race factor was highly significant for the response of surface temperatures, demonstrating that physical and physiological factors affect groups of animals in different ways. The surface temperature of the eye is the only point that interacted with all environmental parameters. At odds ratio test showed that the Sindhi breed has three times more likely to have the highest rectal temperature compared with Gir. In Roc Curve, the curve was above 0.78, demonstrating that the model used had a high sensitivity to heat tolerance. The animals Gir was the group that least adapted to climate conditions of the experiment and the Sindhi and Gir cows presented the best physiological parameters to thermal stress.

**Keywords:** body traits, heat stress, physiology, thermography

## 1 INTRODUÇÃO

O bovino *Bos indicus* é um animal nativo do sul e sudeste asiático, regiões com climas tropicais. Como características corporais principais são animais com cupim, barbela abundante e pregueada, pele pigmentada e solta, pelos curtos e finos. No início do século XX se iniciou a importação de gado *Bos indicus* para o Brasil na tentativa de aumentar a produtividade das raças naturalizadas brasileiras, *Bos taurus*, também denominadas de locais ou raças crioulas através de cruzamentos (Santos et al., 2005b).

Inicialmente o cruzamento entre raças naturalizadas (*Bos taurus*) com gado zebuino (*Bos indicus*) produziram descendentes superiores aos pais para corte por causa dos efeitos da heterose, mas o efeito de superioridade foi atribuído somente ao gado Zebu (Mazza et al., 1994). Com isso, ao longo do século XX ocorreu a substituição das raças naturalizadas brasileiras por raças de origem zebuínas.

A escolha da importação de animais *Bos indicus* foi por seu maior frame e principalmente sua adaptação às condições climáticas e ao sistema de produção semelhante ao encontrado no país. O bovino zebuino tem habilidade termorregulatória superior ao bovino de origem europeia como resultado da redução na produção de calor e aumento na capacidade de perda de calor para o ambiente. A menor produção de calor se deve as baixas taxas metabólicas resultante em parte da redução nas médias de crescimento e produção de leite (Hansen, 2004).

Mas com o melhoramento genético desenvolvido no Brasil, realizado principalmente pelas associações de produtores com objetivo no aumento da produtividade, as vacas da raça Gir aumentaram, entre os anos 1987 e 2004, a média de produção anual de leite de 2,200 para 4,300 kg (Rebouças et al., 2008). Entretanto a correlação entre o efeito genético aditivo para a produção de leite e crescimento e o efeito genético aditivo para tolerância ao

calor é negativo (Mackinnon et al., 1991; Finocchiaro et al., 2005). Logo, a tolerância ao calor desses animais está sendo reduzida com o aumento da produtividade.

Sabe-se que o calor excessivo causa diminuição da ingestão de alimentos e distúrbios no metabolismo de proteínas, energia, balanço mineral, reações enzimáticas, secreções de hormônios e metabólitos no sangue (Marai et al., 2007; Delfino et al., 2012). Os distúrbios metabólicos causados pelo estresse térmico causam a redução da produção de leite, redução no crescimento, dos índices reprodutivos e aumentam a susceptibilidade do animal a doenças gerando um grande prejuízo econômico. Alterações climáticas previstas, como aumento da temperatura média e redução das chuvas, colocam a sustentabilidade do sistema de produção animal em risco (Nardone et al., 2010), principalmente em países como o Brasil, que apresenta médias de temperatura do ar elevada e o sistema de pastagem dependente do período de chuvas (Ferraz e Felício, 2010). O esforço na seleção de animais que até agora tem sido orientada principalmente para características produtivas, a partir de agora, também deve ser orientado também para a robustez e, sobretudo, a adaptabilidade ao estresse térmico (Nardone et al., 2010).

Avaliações de adaptabilidade e de tolerância ao calor dos animais são determinadas principalmente através dos parâmetros fisiológicos de frequência respiratória e temperatura corporal (Abbi Saab & Sleiman, 1995). Normalmente é necessária a contenção e procedimentos de manipulação para obter esse tipo de parâmetro que podem causar uma resposta ao estresse alterando os resultados (Stewart, 2008). Neste contexto o uso de novas ferramentas como a termografia de infravermelho surge como alternativa para avaliar o impacto dos fatores ambientais sobre o estresse térmico. Imagens termográficas podem indicar alterações circulatórias induzidas pelo aumento da temperatura corporal relacionado com estresse térmico ambiental através das temperaturas superficiais dos animais. Os principais benefícios desta ferramenta são a melhoria do bem estar animal no momento da avaliação e um maior número de avaliações em menor espaço de tempo.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a tolerância ao calor em bovinos zebuínos avaliando as alterações fisiológicas, hematológicas e o uso da termografia para o estresse térmico.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Centro de Transferência de Tecnologias de Raças Zebuínas com Aptidão Leiteira, da EMBRAPA Cerrados, na localidade de Ponte Alta, no Distrito Federal. Foram utilizadas 40 fêmeas, não gestantes e fora do período de lactação, de aproximadamente três anos de idade, oito de cada raça (Nelore, Gir, Sindi, Girolando e Indubrasil). Foi registrado o peso, a altura de cernelha, altura do cupim, comprimento do corpo e circunferência torácica. Com ajuda de um alicate, foi coletado na região da garupa todos os pelos de uma área de um centímetro quadrado para realizar a contagem, e utilizando paquímetro foi feita a medição do comprimento dos dez maiores pelos para obter a altura média da pelagem. Para medir a coloração da pele na região da garupa foi usado o colorímetro do modelo Minolta Chrome por meio do sistema CIELAB  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ , onde ( $L^*$ ) é a luminosidade, ( $a^*$ ) é o teor de vermelho e ( $b^*$ ) o teor de amarelo. Foram realizadas três medições seguidas e calculada a média. A medida da espessura da pele da região da paleta foi obtida utilizando cutímetro.

Os animais foram mantidos em um único grupo e foram mantidos com as mesmas condições ambientais e de tratamento. Antes das coletas os animais eram conduzidos para o curral e contidos utilizando tronco de contenção. Foram registradas as frequências cardíacas e respiratórias, temperatura retal e superficial dos animais e do chão aproximadamente às 04:30h e às 14:30h por três dias consecutivos. A obtenção da frequência cardíaca foi através de auscultação com estetoscópio, enquanto que a frequência respiratória foi obtida através da observação de movimentos respiratórios. A temperatura retal foi registrada com o auxílio de um termômetro digital. Após a coleta dos parâmetros fisiológicos foram coletadas amostras de sangue utilizando tubos do tipo *vacuntainer* com anticoagulante EDTA. O número de células vermelhas e brancas, plaquetas e de hemoglobina foram obtidas através de contador automático de células CC550 Cellm<sup>TM</sup>. O parâmetro de volume

corpúscular médio (VCM) foi calculado utilizando a fórmula (Hematócrito x 10/Hemácias) e a concentração de hemoglobina corpúscular média (CHCM) através da fórmula (Hemoglobina x 100/Volume Globular). Os números de linfócitos, neutrófilos segmentados, eosinófilos foram obtidos através de contagem manual de cem células ao microscópio Olympus® CX41 com aumento de 400 vezes. A concentração de proteína plasmática total foi determinada através do refratômetro manual.

Para obtenção das temperaturas superficiais dos animais e do chão foram utilizadas imagens termográficas obtidas por meio de uma câmera infravermelha FLIR® system série-T400. Foram tiradas duas fotos de cada animal, uma de todo o corpo e outra da região frontal da cabeça, sob o sol e dentro do curral com uma distância média de dois metros. Utilizou-se o software QuickReport® (figura 2.1) para análise de dados das imagens termográficas. A ferramenta “linha” foi usada para obter a média de temperatura nas regiões da calota encefálica e do pescoço do animal. A ferramenta “ponto” foi utilizada para obter a maior temperatura nas regiões da axila, da soldra, da garupa e do olho dos animais e ainda utilizou-se a ferramenta “área” para aferir a temperatura média do corpo dos animais, da região das narinas, do chanfro e a temperatura em duas áreas distintas do chão do local, próximas onde estavam os animais. As temperaturas do globo negro ao sol (Gnsol - °C) e à sombra (Gnsombra - °C) também foram registradas. A temperatura ambiental (TempAM - °C), a umidade relativa do ar (Um - %) e a velocidade do vento (VV - m/s) foram obtidos de uma estação meteorológica local. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o pacote Statistical Analysis System® (SAS Inc, Cary, NC, USA), avaliando o efeito das temperaturas do chão, ambiente e globo negro, bem como umidade do ar, velocidade do vento, e do grupo genético dos animais sobre as temperaturas corporais, os parâmetros sanguíneos, e as medidas fisiológicas. As análises estatísticas incluíram análise de variância, correlações, fatores, componentes principais, análise discriminante, análise canônica, regressão logística e cálculo de *odds ratio*.

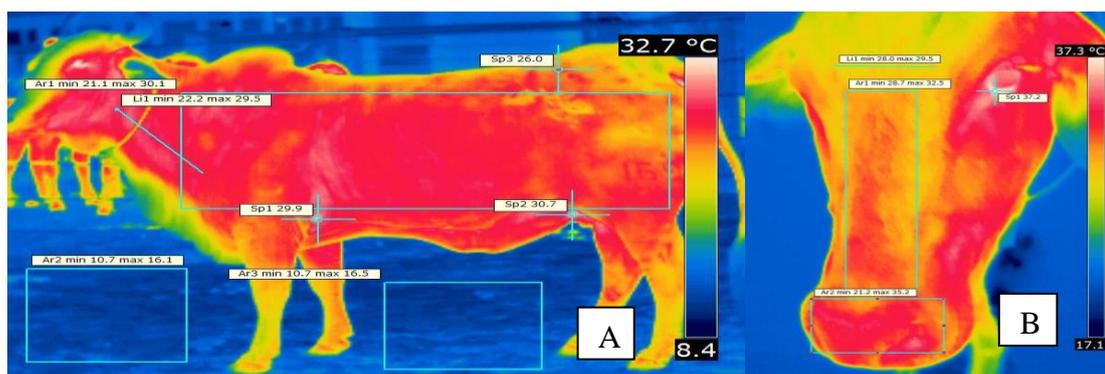


Figura 2.1: Análise das imagens termográficas do corpo (A) e da região da cabeça (B).

### 3 RESULTADOS

A temperatura máxima durante o experimento foi de 35,9°C e a mínima de 11,5°C. Foram registradas temperaturas acima da zona de conforto dos bovinos (27°C) nos três dias, e a umidade do ar variou entre 25 a 88%. A velocidade máxima do vento registrada foi de 28 km/h, entretanto, a média ficou em 5,8 km/h. Foi observada uma variação entre os dias dois e três com uma redução significativa na temperatura e aumento na umidade do ar (tabela 2.1).

Tabela 2.1: Temperatura e umidade média do ar durante os três dias de experimento.

	Manhã			Tarde		
	TA (°C)	UR (%)	VV (km/h)	TA (°C)	UR (%)	VV (km/h)
Dia 1	19,2	48,6	6,0	30,6	25,4	5,8
Dia 2	20,5	51,0	3,6	31,8	25,7	5,8
Dia 3	11,9	86,6	1,0	27,8	38,2	9,0

A raça influenciou todas as características físicas estudadas. Os animais da raça Indubrasil e Girolando tiveram os maiores pesos corporais e perímetros torácicos, entretanto, os animais Girolando e Nelore tiveram as maiores alturas de cernelha. Quanto à espessura da pele, as raças Indubrasil e Sindi obtiveram os maiores valores e, na coloração, as raças Nelore e Girolando apresentaram os menores valores de luminosidade (pele mais escura). Animais Girolando também tiveram a maior densidade e comprimento médio dos pelos. (Tabela 2.2).

Tabela 2.2: Quadrados médios das características físicas em animais zebuínos.

	A.Cern	EP	PT	Peso	Pelo	C.Pelo	L*	a*	b*	A.Cupm	Dif
Nelore	1,39 <sup>a</sup>	0,77 <sup>ab</sup>	1,96 <sup>b</sup>	510,13 <sup>b</sup>	1220 <sup>a</sup>	0,757 <sup>b</sup>	19,50 <sup>b</sup>	4,30 <sup>a</sup>	-1,18 <sup>c</sup>	1,47 <sup>a</sup>	0,08 <sup>b</sup>
Indu	1,35 <sup>b</sup>	0,83 <sup>a</sup>	2,04 <sup>a</sup>	559,75 <sup>a</sup>	1201 <sup>ab</sup>	0,748 <sup>b</sup>	22,77 <sup>a</sup>	1,76 <sup>b</sup>	2,27 <sup>ab</sup>	1,46 <sup>a</sup>	0,10 <sup>ab</sup>
Girol	1,40 <sup>a</sup>	0,73 <sup>b</sup>	2,04 <sup>a</sup>	552,13 <sup>a</sup>	1283 <sup>a</sup>	0,998 <sup>a</sup>	18,96 <sup>b</sup>	2,87 <sup>ab</sup>	1,66 <sup>b</sup>	1,38 <sup>b</sup>	0,04 <sup>c</sup>
Sindi	1,32 <sup>c</sup>	0,83 <sup>a</sup>	1,93 <sup>b</sup>	514,63 <sup>b</sup>	1185 <sup>ab</sup>	0,671 <sup>b</sup>	20,54 <sup>ab</sup>	2,69 <sup>b</sup>	3,13 <sup>ab</sup>	1,41 <sup>ab</sup>	0,09 <sup>b</sup>
Gir	1,26 <sup>d</sup>	0,74 <sup>b</sup>	1,83 <sup>c</sup>	409,00 <sup>c</sup>	1105 <sup>b</sup>	0,942 <sup>a</sup>	23,01 <sup>a</sup>	3,01 <sup>ab</sup>	4,36 <sup>a</sup>	1,38 <sup>b</sup>	0,12 <sup>a</sup>

A.Cern: altura de cernelha (m); EP: espessura de pele (cm); PT: perímetro torácico (m); Pelo: número de pelos em 1cm<sup>2</sup>; C.Pelo: comprimento do pelo (cm); L\*: luminosidade; a\*: teor de vermelho; b\*: teor de amarelo; A.Cupm: altura de cupim; Dif: diferença entre altura de cernelha e altura de cupim; Indu: Indubrasil; Girol: Girolando. \*P<0,05; \*\*P<0,01; \*\*\* P<0,001; <sup>a, b, c</sup> Letras diferentes na mesma coluna significa diferença entre as médias usando teste de Tukey (P<0,05).

Apesar das diferenças físicas entre as raças, somente a espessura de pele e luminosidade afetaram as temperaturas analisadas pelo termógrafo e o número de pelos e o valor de b\* afetaram a frequência cardíaca. O perímetro torácico influenciou na frequência respiratória.

Os parâmetros sanguíneos estudados foram afetados pelas características físicas (tabela 2.3). A espessura de pele teve interação com a quantidade de células brancas, proteína plasmática total, neutrófilos segmentados, linfócitos e plaquetas. O perímetro torácico afetou o volume globular, as células vermelhas e com a quantidade de hemoglobina. A luminosidade influenciou no volume globular, nas células brancas e de eosinófilos sendo que o valor b\* teve alta interação com a quantidade de linfócitos e de células brancas. O comprimento do pelo e o peso não afetaram nenhum dos parâmetros hematológicos avaliados.

Tabela 2.3: Efeito das características físicas e sobre os parâmetros sanguíneos em bovinos zebuínos.

	VG	PPT	CB	CV	HGB	CHCM	VCM	Mono	Linf	Segm	Eosi	Plaquetas
EP	NS	*	**	NS	NS	NS	NS	NS	**	***	NS	*
PT	***	NS	NS	**	**	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Peso	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Pelo	*	NS	*	NS	*	NS	NS	NS	NS	*	NS	NS
C.pelo	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
L*	*	NS	***	NS	NS	*	NS	NS	NS	NS	***	NS
a*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
b*	*	*	***	NS	NS	*	NS	NS	***	**	*	NS

EP: espessura de pele, PT: perímetro torácico; VG: volume globular, PPT: proteína plasmática total; CB: células brancas; CV: células vermelhas; HGB: hemoglobina, CHCM: concentração de hemoglobina corpuscular média; VCM: volume corpuscular média; Linf: Linfócitos; Segm: neutrófilos segmentados; Eosi: eosinófilos. \*P<0,05; \*\*P<0,01; \*\*\* P<0,001; NS: não significativo.

A raça afetou todos os pontos da imagem termográfica e os parâmetros fisiológicos (tabela 2.4). Os principais pontos foram corpo, garupa, narina, calota encefálica e olho. A temperatura do chão afetou a temperatura do corpo, pescoço, axila, soldra e garupa. A umidade do ar interagiu com a temperatura superficial sendo que o principal ponto de influência foi o olho. A temperatura ambiental afetou a frequência respiratória e as temperaturas do olho e da garupa.

O fator raça afetou todos os parâmetros fisiológicos e todas as temperaturas superficiais. Animais da raça Girolando tiveram, numericamente, a menor temperatura retal, entretanto não houve diferença estatística com os grupos Sindi e Nelore. As raças Gir e Girolando obtiveram as maiores temperaturas superficiais de garupa. Os animais Indubrasil tiveram a menor frequência respiratória mas não se diferenciou dos animais Sindi e Gir.

Animais Girolando tiveram a maior temperatura superficial do olho mas não houve diferença significativa com animais do grupo Sindi. A temperatura superficial da soldra não se diferenciou entre os grupos estudados.

Tabela 2.4: Temperaturas superficiais e parâmetros fisiológicos das raças.

	TR	FC	FR	Corpo	Pescoço	Axila	Soldra	Garupa	Chanfro	Narina	CE	Olho
TA	**	NS	**	NS	NS	NS	NS	*	NS	NS	NS	*
UR	NS	NS	**	NS	NS	NS	NS	NS	**	**	**	***
VV	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	**	NS	NS	NS	**
TGN	**	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	***
TGNU	**	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	**
Chão	NS	NS	NS	***	***	****	***	***	NS	NS	**	NS
Raça	**	**	**	***	**	**	*	***	**	***	***	***
Nelore	38.71 <sup>ab</sup>	65.5 <sup>ab</sup>	40.34 <sup>a</sup>	32.19 <sup>ab</sup>	32.53 <sup>ab</sup>	33.40 <sup>ab</sup>	32.59	30.61 <sup>b</sup>	29.15 <sup>ab</sup>	28.71 <sup>a</sup>	30.37 <sup>a</sup>	35.51 <sup>c</sup>
Indubrasil	39.00 <sup>a</sup>	63.17 <sup>ab</sup>	33.51 <sup>b</sup>	31.86 <sup>b</sup>	31.95 <sup>ab</sup>	33.28 <sup>ab</sup>	33.22	30.76 <sup>b</sup>	28.35 <sup>b</sup>	27.97 <sup>ab</sup>	29.46 <sup>b</sup>	35.67 <sup>bc</sup>
Girolando	38.63 <sup>b</sup>	58.54 <sup>b</sup>	39.47 <sup>a</sup>	32.70 <sup>a</sup>	32.52 <sup>ab</sup>	33.5 <sup>a</sup>	32.86	32.72 <sup>a</sup>	29.13 <sup>ab</sup>	28.98 <sup>a</sup>	29.7 <sup>b</sup>	36.33 <sup>a</sup>
Sindi	38.86 <sup>ab</sup>	58.56 <sup>b</sup>	36.33 <sup>ab</sup>	31.79 <sup>b</sup>	31.88 <sup>b</sup>	32.06 <sup>b</sup>	32.62	31.04 <sup>b</sup>	29.40 <sup>a</sup>	29.07 <sup>a</sup>	30.01 <sup>ab</sup>	36.04 <sup>ab</sup>
Gir	39.01 <sup>a</sup>	67.64 <sup>a</sup>	36.26 <sup>ab</sup>	32.54 <sup>ab</sup>	32.64 <sup>a</sup>	34.05 <sup>a</sup>	33.5	31.49 <sup>ab</sup>	28.41 <sup>ab</sup>	27.1 <sup>b</sup>	29.44 <sup>b</sup>	35.68 <sup>bc</sup>

TA: temperatura ambiental; UR: umidade relativa do ar; VV: velocidade dos ventos; TGN: temperatura do globo negro; TGNU: temperatura do globo negro úmido; TR: temperatura retal; FC: frequência cardíaca; FR: frequência respiratória; CE: calota encefálica \*P<0,05; \*\*P<0,01; \*\*\* P<0,001; NS: não significativo; a, b, c: Letras diferentes na mesma coluna significa diferença entre as médias usando teste de Tukey (P<0,05).

Os parâmetros sanguíneos foram afetados pela raça e os fatores ambientais (tabela 2.5). O volume globular foi afetado pela temperatura ambiente, umidade relativa e velocidade do vento. Todos os fatores climáticos afetaram a quantidade de hemácias e as temperaturas dos globos negro seco e úmido interagiram com quantidade de hemoglobina, concentração de hemoglobina corpuscular média e volume corpuscular médio. As células brancas foram afetadas somente pela raça. A raça também afetou o volume globular, proteína plasmática total, a concentração de hemoglobina corpuscular média, linfócitos, neutrófilos segmentados e eosinófilos.

Os animais da raça Nelore tiveram o menor volume globular e os animais da raça Indubrasil e Nelore o menor valor de proteína plasmática total. Não houve diferença significativa entre as raças para o valor de hemoglobina. Já os animais da raça Sindi tiveram a menor concentração de hemoglobina corpuscular média e a maior número de eosinófilos. Não houve diferença entre as raças quanto ao número de plaquetas, monócitos, volume corpuscular médio, hemoglobina e de células vermelhas.

Tabela 2.5: Análise de variância dos fatores ambientais e as médias por raça.

	VG	PPT	CB	CV	HGB	CHCM	VCM	Mono	Linf	Segm	Eosi	Plaq
TA	*	NS	NS	***	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
UR	*	NS	NS	***	NS	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS
VV	**	NS	NS	***	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
TGN	NS	NS	NS	***	***	***	***	NS	NS	NS	NS	NS
TGNU	NS	NS	NS	***	***	***	***	NS	NS	NS	NS	NS
Chão	NS	NS	NS	NS	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Raça	*	***	***	NS	*	**	NS	NS	**	***	***	NS
Nelore	37,35 <sup>b</sup>	7,59 <sup>b</sup>	9,26 <sup>b</sup>	7,99	12,91	34,63 <sup>a</sup>	49,10	2,77	89,51 <sup>a</sup>	32,33 <sup>ab</sup>	5,40 <sup>abc</sup>	361
Indubrasil	38,65 <sup>ab</sup>	7,47 <sup>b</sup>	11,95 <sup>a</sup>	8,23	13,22	34,26 <sup>a</sup>	48,95	2,53	56,97 <sup>b</sup>	36,25 <sup>a</sup>	4,20 <sup>c</sup>	375,10
Girolando	40,17 <sup>a</sup>	7,95 <sup>a</sup>	11,05 <sup>a</sup>	8,33	13,40	33,48 <sup>ab</sup>	50,06	2,45	63,56 <sup>a</sup>	27,82 <sup>b</sup>	6,15 <sup>ab</sup>	320,80
Sindi	39,97 <sup>a</sup>	7,92 <sup>a</sup>	9,26 <sup>b</sup>	8,21	12,34	30,96 <sup>b</sup>	52,12	2,64	56,60 <sup>b</sup>	33,87 <sup>a</sup>	6,85 <sup>a</sup>	393,50
Gir	38,86 <sup>ab</sup>	7,73 <sup>ab</sup>	11,84 <sup>a</sup>	8,50	12,76	32,94 <sup>ab</sup>	47,33	3,00	59,5 <sup>ab</sup>	33,10 <sup>a</sup>	4,36 <sup>bc</sup>	378,20

TA: temperatura ambiental; UR: umidade relativa do ar; VV: velocidade dos ventos; TGN: temperatura do globo negro; TGNU: temperatura do globo negro úmido; VG: volume globular; PPT: proteína plasmática total; CB: células brancas; CV: células vermelhas; HGB: hemoglobina; CHCM: concentração de hemoglobina corpuscular média; VCM: volume corpuscular médio; Linf: Linfócitos; Segm: neutrófilos segmentados; Eosi: eosinófilos; Plaq: plaquetas; \*P<0,05; \*\*P<0,01; \*\*\* P<0,001; NS: não significativo; <sup>a,b,c</sup> Letras diferentes na mesma coluna significa diferença entre as médias usando teste de Tukey (P<0,05).

Não houve interação entre raça e dia para nenhum dos parâmetros fisiológicos e temperaturas superficiais avaliados. Não houve interação entre raça e horário exceto para as temperaturas termográficas da narina, calota encefálica e olho. Houve somente interação entre raça, dia e horário para temperatura superficial do corpo. Os efeitos de dia e horário, foram significativos para todas características avaliadas, exceto com a frequência cardíaca.

Não houve diferença significativa entre as médias da temperatura retal entre os dias analisados, que ficaram dentro do parâmetro fisiológico (tabela 2.6). A frequência respiratória foi maior no segundo e terceiro dia. Entretanto, o último dia diferenciou-se com as menores temperaturas superficiais, exceto axila. Houve diferença entre turnos sendo que a tarde apresentou as maiores temperaturas superficiais e retais e a maior frequência respiratória.

Tabela 2.6. Interação entre dia, horário e raça e as médias dos dias e horário dos parâmetros fisiológicos e temperaturas superficiais.

	TR	FC	FR	Corpo	Pesco	Axila	Soldra	Garupa	Chanfro	Narina	CE	Olho
Raça	**	**	**	*	*	**	NS	**	**	***	***	***
Dia	*	NS	*	***	***	**	***	***	***	***	***	***
Raça*Data	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Horário	***	NS	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
Raça*Horário	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	*	**	*
Data*Horário	NS	NS	NS	***	***	*	***	***	***	***	***	*
Raça*Data*Horário	NS	NS	NS	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Dia 1	38.78	63.55	35.50 <sup>b</sup>	32.85 <sup>a</sup>	32.9 <sup>a</sup>	33.75 <sup>a</sup>	33.57 <sup>a</sup>	31.97 <sup>a</sup>	30.38 <sup>a</sup>	30.02 <sup>a</sup>	31.03 <sup>b</sup>	36.38 <sup>a</sup>
Dia 2	38.97	62.72	39.72 <sup>a</sup>	32.69 <sup>a</sup>	32.79 <sup>a</sup>	33.49 <sup>ab</sup>	33.42 <sup>a</sup>	32.26 <sup>a</sup>	30.50 <sup>a</sup>	29.84 <sup>a</sup>	31.47 <sup>a</sup>	36.39 <sup>a</sup>
Dia 3	38.77	61.77	36.72 <sup>ab</sup>	31.10 <sup>b</sup>	31.23 <sup>b</sup>	32.54 <sup>b</sup>	31.88 <sup>b</sup>	29.74 <sup>b</sup>	25.77 <sup>b</sup>	25.28 <sup>b</sup>	26.91 <sup>c</sup>	34.78 <sup>b</sup>
Manhã	38.62 <sup>b</sup>	61.03	34.94 <sup>b</sup>	28.83 <sup>b</sup>	29.76 <sup>b</sup>	30.99	30.39 <sup>b</sup>	25.33 <sup>b</sup>	24.88 <sup>b</sup>	24.97 <sup>b</sup>	26.15 <sup>b</sup>	34.86 <sup>b</sup>
Tarde	39.06 <sup>a</sup>	64.31	39.44 <sup>a</sup>	35.60 <sup>a</sup>	34.86 <sup>a</sup>	35.53	35.53 <sup>a</sup>	37.32 <sup>a</sup>	32.89 <sup>a</sup>	31.72 <sup>a</sup>	33.41 <sup>a</sup>	36.82 <sup>a</sup>

TR: temperatura retal; FC: frequência cardíaca; FR: frequência respiratória; CE: calota encefálica  
 \*P<0,05; \*\*P<0,01; \*\*\* P<0,001; NS: não significativo; <sup>a, b, c</sup> Letras diferentes na mesma coluna significa diferença entre as médias usando teste de Tukey (P<0,05).

Não houve interação entre raça e data para nenhum parâmetro hematológicos (tabela 2.7). A raça foi altamente significativa para proteína total, células brancas, neutrófilos segmentados e eosinófilos e a data com células vermelhas e volume corpuscular médio. Houve interação significativa entre data e horário para proteína plasmática total, células vermelhas, hemoglobina, volume corpuscular médio e concentração de hemoglobina corpuscular média.

No primeiro dia de avaliação, foi registrado o maior valor de células vermelhas e a menor quantidade de proteínas plasmática totais, de linfócitos e de volume corpuscular médio. Foi observada uma redução no volume globular, neutrófilos segmentados e aumento de linfócito durante o experimento. Não foi observada diferença entre os dias nos valores de células brancas, hemoglobina, concentração de hemoglobina corpuscular média, monócitos, eosinófilos e de plaquetas. Houve diferença entre os horários de coletas, com redução no volume globular, hemoglobina, concentração de hemoglobina corpuscular média e aumento das células brancas à tarde.

Tabela 2.7: Interação entre dia, horário e raça e as médias do dia e horário dos parâmetros sanguíneos.

	VG	PPT	CB	CV	HGB	CHCM	VCM	Mono	Linfo	Segm	Eosi	Plaquetas
Raça	*	***	***	NS	NS	**	NS	NS	**	***	***	NS
Data	*	*	NS	***	NS	NS	***	NS	*	**	NS	*
Raça*data	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Horário	*	NS	*	NS	***	***	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Raça*hora	NS	NS	NS	NS	NS	**	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Data*hora	NS	***	*	***	***	***	***	NS	NS	NS	NS	NS
Raça*data*hora	NS	NS	NS	NS	NS	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Dia 1	40,12 <sup>a</sup>	7,63 <sup>b</sup>	11,18	9,49 <sup>a</sup>	13,24	33,00	43,94 <sup>b</sup>	2,58	57,50 <sup>b</sup>	34,61 <sup>a</sup>	5,27	358,10
Dia 2	38,71 <sup>ab</sup>	7,87 <sup>a</sup>	11,05	7,52 <sup>b</sup>	12,48	32,47	54,01 <sup>a</sup>	2,52	58,57 <sup>ab</sup>	33,45 <sup>a</sup>	5,45	353,15
Dia 3	38,23 <sup>b</sup>	7,72 <sup>ab</sup>	10,71	7,73 <sup>b</sup>	13,03	34,13	50,90 <sup>a</sup>	2,93	61,56 <sup>a</sup>	29,95 <sup>b</sup>	5,55	453
Manhã	39,64 <sup>a</sup>	7,77	10,55 <sup>b</sup>	8,26	13,54 <sup>a</sup>	34,30 <sup>a</sup>	49,70	2,62	59,37	32,86	5,58	421,18
Tarde	38,41 <sup>b</sup>	7,70	11,41 <sup>a</sup>	8,25	12,31 <sup>b</sup>	32,15 <sup>b</sup>	49,40	2,73	59,10	32,42	5,26	329,60

VG: volume globular; PPT: proteína plasmática total; CB: células brancas; CV: número de células vermelhas; HGB: hemoglobina; CHCM: concentração de hemoglobina corpuscular média; VCM: volume corpuscular médio; Mono: Monócitos; Linfo: linfócitos; Segm: neutrófilos segmentados; Eosi: eosinófilos; \*P<0,05; \*\*P<0,01; \*\*\* P<0,001; NS: não significativo; <sup>a, b, c</sup>: Letras diferentes na mesma coluna significa diferença entre as médias usando teste de Tukey (P<0.05).

Em geral, as correlações entre todos os pontos da análise de imagem termográfica foram altas e positivas. Componentes ambientais, como a temperatura ambiental, tiveram alta correlação com a temperatura apresentada pelos animais nas imagens termográficas, sendo que a correlação com umidade foi negativa. A temperatura retal teve uma baixa correlação com a temperatura do ar e, com a umidade, teve correlação baixa e negativa. As temperaturas superficiais da calota encefálica e do chanfro tiveram a maior correlação com a temperatura retal. A temperatura superficial da narina teve correlação baixa e negativa com a quantidade de plaquetas. O número de

células vermelhas teve correlação com a quantidade de hemoglobina e alta correlação negativa com o volume corpuscular médio. O número de linfócitos teve correlação alta e negativa para neutrófilos segmentados. Os componentes morfológicos do animal não tiveram correlações significativas com parâmetros fisiológicos, sanguíneos e nas temperaturas superficiais. Inserir tabela correlação

A correlação canônica pela manhã demonstrou que o principal componente físico que se relacionou com as variáveis fisiológicas foi à luminosidade da pele seguida pela circunferência torácica. A quantidade de células brancas foi a variável hematológica que teve a maior correlação com as variáveis físicas do animal. Durante o turno da tarde a circunferência torácica manteve uma correlação canônica média e positiva com os parâmetros fisiológicos, mas a frequência respiratória foi o componente fisiológico que teve a maior correlação com os parâmetros físicos, seguido pelo volume globular e a temperatura superficial do corpo, sendo estas correlações médias e positivas.

Na análise de componentes principais (figura 2.1) mostrou que, pela manhã, 63,31% da variação foi explicada pelas variáveis fisiológicas e físicas dos animais. Os componentes físicos de circunferência torácica, comprimento de corpo, altura de cernelha e peso se agruparam. A frequência cardíaca se relacionou com a temperatura superficial do corpo e a frequência respiratória com a espessura de pele. Quanto maior o valor para luminosidade e de  $b^*$  menor a frequência cardíaca e maior a frequência respiratória. No turno da tarde, 80,95% da variação foi explicada pelas características estudadas. Não houve alteração do agrupamento dos componentes físicos dos animais, mas houve um agrupamento dos parâmetros fisiológicos temperatura retal, frequência respiratória e temperatura da superfície corporal, evidenciando uma maior relação entre esses parâmetros nos momentos de maiores temperaturas ambientais.

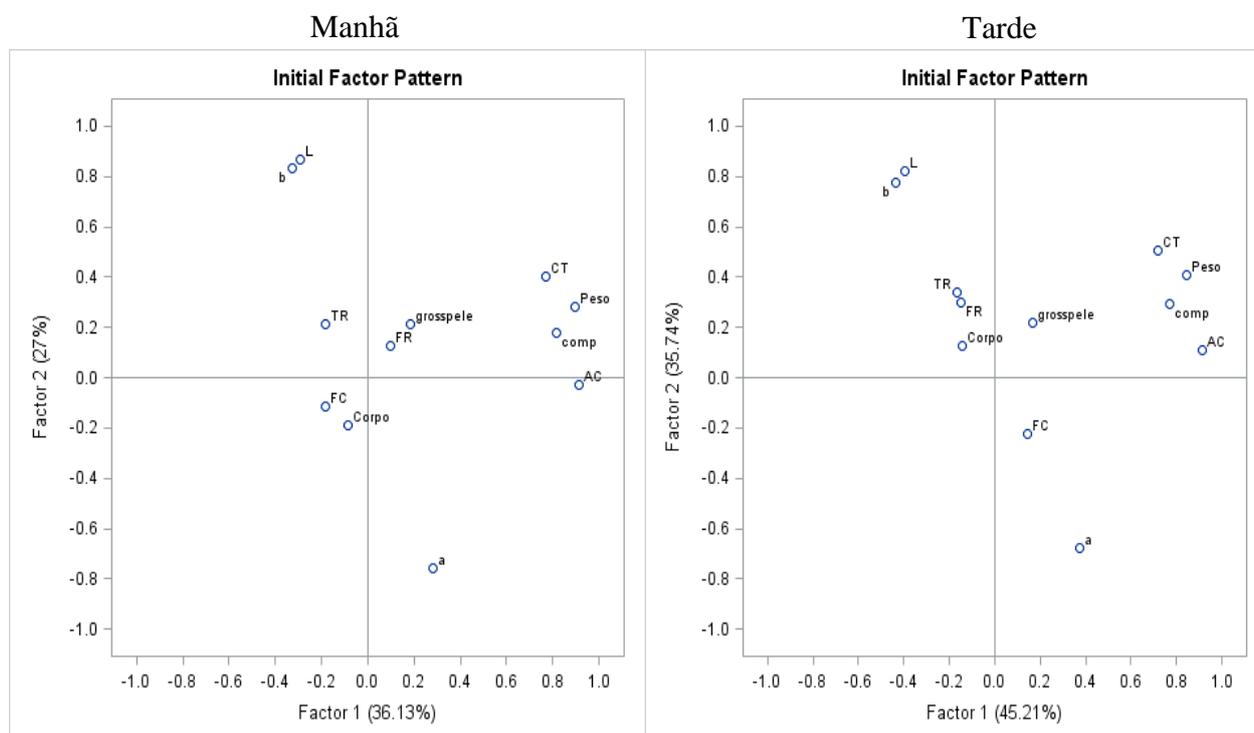


Figura 2.1: Análise de componentes principais para os parâmetros fisiológicos, físico e temperatura superficial. (FC: frequência cardíaca; FR: frequência respiratória; TR: temperatura retal; Corpo: temperatura superficial; AC: altura de cernelha; CT: circunferência torácica; Comp.: comprimento do pelo; L: luminosidade; a: teor de vermelho; b: teor de amarelo).

Os dendogramas dos parâmetros fisiológicos de manhã e de tarde demonstram uma separação entre as raças em dois blocos, um formado pela raça Sindi e Girolando e outro formado pela raça Nelore, Gir e Indubrasil (figura 2.2). No turno da manhã, o grupo Nelore foi fisiologicamente mais próximo com os animais Gir e no turno da tarde o Nelore se agrupou com o Indubrasil e Gir. Já no dendograma das temperaturas superficiais foi observada uma separação entre dois blocos, sendo que o grupo Gir ficou isolado em um bloco e os outros dividiram-se em três subblocos nos dois turnos. Também houve uma divisão em dois blocos nos parâmetros sanguíneos. O Girolando formou um grupo nos dois turnos. A tarde, os grupos Gir e Indubrasil e os grupos Sindi e Nelore formaram blocos menores.

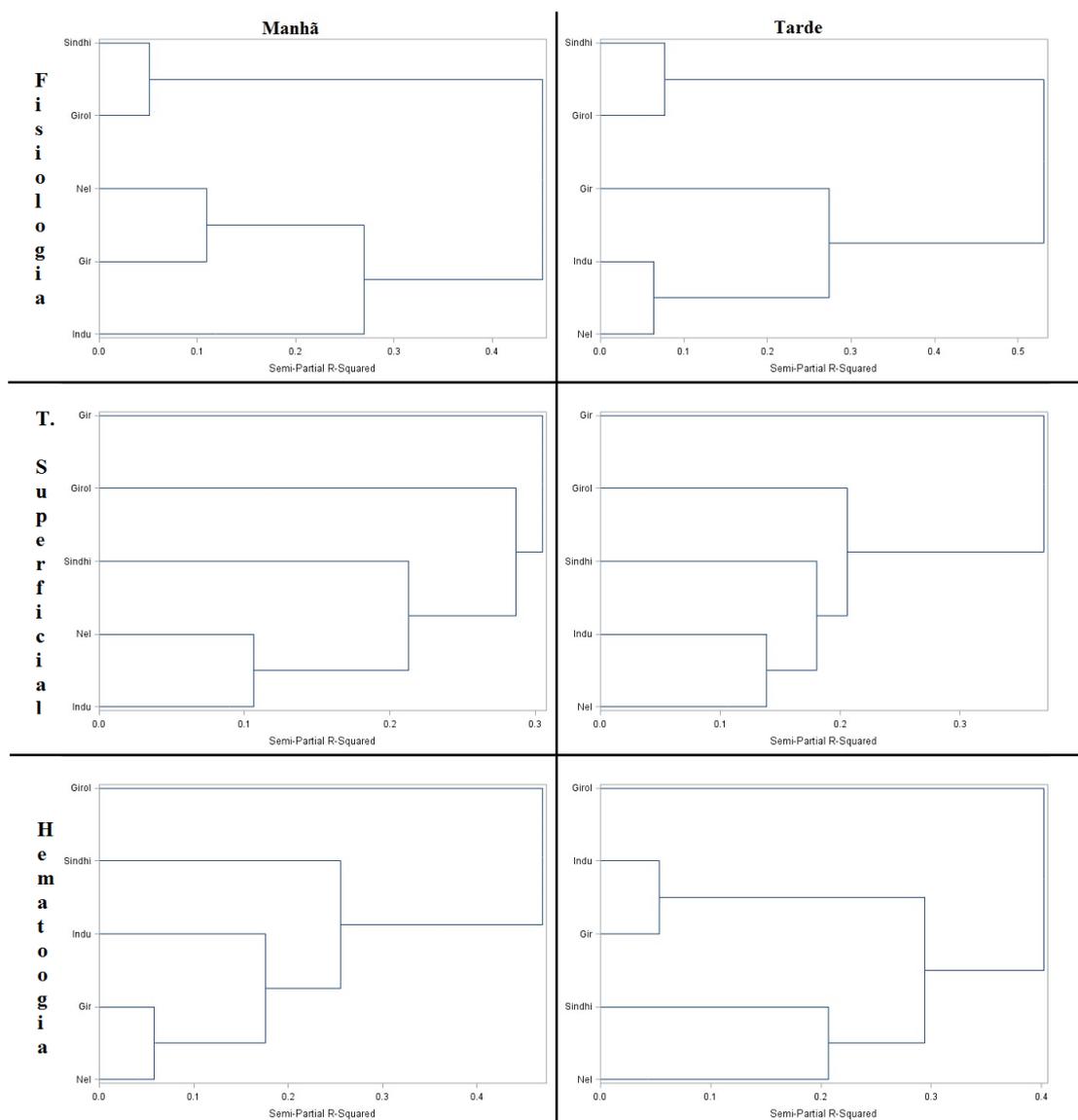


Figura 2.2: Dendrogramas da análise de cluster pela manhã e à tarde dos parâmetros fisiológicos, temperatura superficial e parâmetros hematológicos. (Girol.: Girolando; Nel.: Nelore; Indu.: Indubrasil)

Nenhuma animal do grupo Girolando e Sindi tiveram a temperatura retal acima do valor de referência (39,1 °C) pela manhã (tabela 2.8). À tarde, 58,33% dos animais Gir registraram temperatura retal acima do valor de referência e os animais Girolando apenas 16,67%. As frequências respiratórias ficaram no geral dentro dos valores de referência no turno da manhã. A tarde, não foi observada alteração na frequência respiratória no grupo Indubrasil. O grupo Girolando manteve a mesma porcentagem entre os dois turnos e o grupo Nelore teve a maior porcentagem de frequência respiratória acima do valor de referência (26-50 movimentos por minuto).

Tabela 2.8: Porcentagem das coletas que ficaram acima dos valores de referência.

	Temperatura Retal (°C)		F. Respiratória (mov./min.)	
	Manhã	Tarde	Manhã	Tarde
Gir	29,17	58.33	4.17	16.67
Girolando	0,00	16.67	8.33	8.33
Indubrasil	16,67	54.17	4.17	0,00
Nelore	12,50	41.67	4.17	20.83
Sindi	0,00	45.83	4.17	8.33

Na análise discriminante, os animais Gir e Girolando foram classificados 100% dentro de seus próprios grupos nas suas características físicas. Os animais das raças Indubrasil e Sindi foram classificados 62,5% e os bovinos do grupo Nelore foram classificados 87,5% dentro do seu próprio grupo. Nos parâmetros fisiológicos, o grupo Gir foi o melhor classificado dentro do seu próprio grupo no turno da manhã (54,17%), mas a tarde o melhor grupo foi o Girolando. Apenas 12,5% dos animais Sindi foram classificados no seu grupo (tabela 2.9).

Tabela 2.9: Análise de discriminantes (%) nos turnos da manhã e tarde para os parâmetros fisiológicos.

	Manhã					Tarde				
	Gir	Girol	Indu	Nelore	Sindi	Gir	Girol	Indu	Nelore	Sindi
Gir	54,17	8,33	12,50	12,50	12,50	20,83	20,83	37,50	20,83	0,00
Girolando	4,17	50,00	8,33	16,67	20,83	0,00	54,17	4,17	25,00	16,67
Indubrasil	34,78	13,04	21,74	4,35	26,09	20,83	12,50	45,83	4,17	16,67
Nelore	16,67	25,00	8,33	33,33	16,67	12,50	16,67	8,33	50,00	12,50
Sindi	8,33	37,50	20,83	0,00	33,33	20,83	37,50	20,83	8,33	12,50

Para as temperaturas superficiais, os grupos Gir, Girolando e Nelore foram classificados em seus grupos acima de 60% durante a manhã (tabela 2.10). No período da tarde houve redução na classificação dos animais em seus grupos. O grupo Nelore teve a melhor classificação em seu grupo, com 54%. Nenhum animal Gir foi classificado como Sindi nos dois turnos.

Tabela 3: Análise de discriminantes (%) nos turnos da manhã e tarde para a temperatura superficial.

	Manhã					Tarde				
	Gir	Girol	Indu	Nelore	Sindi	Gir	Girol	Indu	Nelore	Sindi
Gir	60,87	17,39	13,04	8,70	0,00	50,00	12,5	16,67	20,83	0,00
Girolando	25,00	66,67	0,00	4,17	4,17	12,50	37,5	12,5	20,83	16,67
Indubrasil	20,83	8,33	37,5	20,83	12,5	20,83	20,83	41,67	8,33	8,33
Nelore	4,35	4,35	17,39	65,22	8,7	25,00	0,00	20,83	54,17	0,00
Sindi	0,00	20,83	8,33	16,67	54,17	8,33	12,5	12,5	16,67	50,00

Nos parâmetros sanguíneos foram avaliados os valores de células vermelhas e brancas. Pela manhã, o grupo Indubrasil teve classificação de 52,38% em seu grupo para o valor de células vermelhas. À tarde, somente 4,35% dos animais do grupo Girolando foram caracterizados como animais Gir. Os animais Sindi foram os melhores classificados em seu próprio grupo (54,17%). A análise de discriminante para células brancas mostrou que 30,43% dos animais Gir foram classificados como Indubrasil pela manhã (tabela 2.11). À tarde, 30,43% dos animais do grupo Nelore foram classificados como Girolando e apenas 17,39% foram classificados dentro do próprio grupo. O grupo Sindi teve a melhor classificação nos dois turnos.

Tabela 4: Análise de discriminantes (%) nos turnos da manhã e tarde para os parâmetros hematológicos células vermelhas e brancas.

	Células Vermelhas										
	Manha					Tarde					
	Gir	Girol	Indu	Nelore	Sindi	Gir	Girol	Indu	Nelore	Sindi	
Gir	30,43	26,09	8,70	17,39	17,39	17,39	13,04	17,39	30,43	21,74	
Girolando	17,39	43,48	13,04	13,04	13,04	4,35	30,43	21,74	17,39	26,09	
Indubrasil	14,29	9,52	52,38	19,05	4,76	13,64	18,18	45,45	13,64	9,09	
Nelore	18,18	4,55	27,27	40,91	9,09	13,04	4,35	21,74	47,83	13,04	
Sindi	16,67	25,00	8,33	25,00	25,00	4,17	25,00	12,50	4,17	54,17	
	Células Brancas										
	Gir	17,39	21,74	30,43	8,70	21,74	47,83	17,39	17,39	8,70	8,70
	Girolando	4,35	43,48	13,04	13,04	26,09	13,04	52,17	4,35	8,70	21,74
	Indubrasil	4,76	9,52	52,38	14,29	19,05	22,73	4,55	50,00	0,00	22,73
	Nelore	0,00	27,27	18,18	27,27	27,27	8,70	30,43	17,39	17,39	26,09
	Sindi	12,50	12,50	12,50	8,33	54,17	8,33	20,83	0,00	8,33	62,50

A análise canônica discriminante dos componentes fisiológicos, os animais do grupo Nelore registraram a maior frequência respiratória e juntamente com o grupo Gir apresentaram a maior frequência cardíaca. Os animais Indubrasil e Gir apresentaram as maiores temperaturas retais e a maior temperatura superficial foi do grupo Girolando.

O teste *odds ratio* (figura 2.3), demonstrou que a raça Sindi teve três vezes mais chances de ter a maior temperatura retal se comparada com a raça Gir. Não houve diferença entre os grupos Indubrasil e Sindi e entre o grupo Nelore e Sindi. A regressão logística demonstrou que, quando a temperatura do globo negro se aproximou dos 35°C, a probabilidade dos animais Girolando terem as maiores temperaturas retais foi menor que 25% e o grupo Gir tiveram 70% aproximadamente de probabilidade. Na Roc Curve, a curva ficou acima de 0,78, demonstrando que o modelo utilizado teve alta sensibilidade para tolerância ao calor.

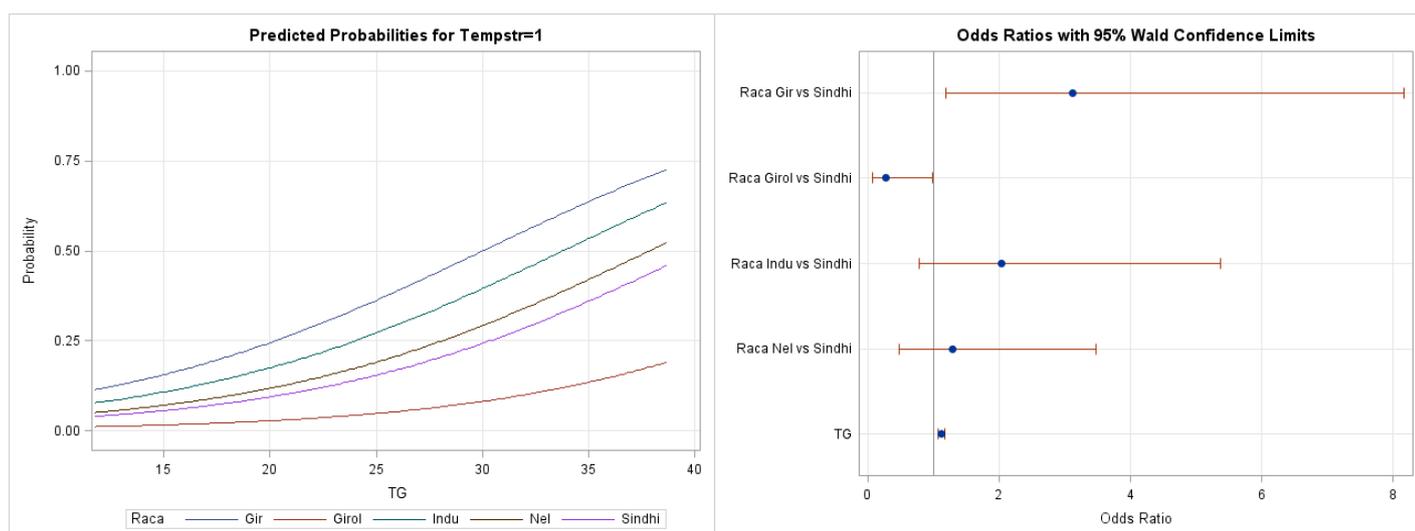


Figura 2.3: *Odds ratio* e a regressão logística da temperatura retal. (Girol.: Girolando; Indu.: Indubrasil, Nel.: Nelore).

## 4 DISCUSSÃO

As diferenças observadas foram devidas as características raciais próprias de cada raça. As alturas de cernelha das raças Girolando e Nelore ficaram dentro da média (Freneau et al., 2008; Reis et al., 2008) e a maior altura de cernelha dos animais Girolando do que animais da raça Gir se deve pela altura média maior dos bovinos da raça Holandês (Bianchini et al., 2006). A maior espessura de pele dos animais das raças Sindi, Indubrasil e Nelore é uma característica de rusticidade desses animais zebuínos para proteção da pele contra parasitas e os raios ultravioletas.

As características físicas alteram a resposta quanto à maneira que o animal reage frente ao estresse. Os animais Girolando e Gir registraram as menores espessuras de pele dentre os grupos genético avaliados, mas tiveram uma espessura maior do que animais holandeses puros (Bianchini et al., 2006). Quanto maior a espessura da pele maior dificuldade de o animal dissipar calor latente via evaporação cutânea (Holmes, 1983). Animais Girolando e Gir apresentaram a maior altura de pelos. Animais de origem de climas temperados tem essas características de pelagem para aprisionar o ar para isolamento do frio mas pode ser uma obstrução para o resfriamento reduzindo a velocidade e o gradiente de umidade através da camada de pelo em condições quentes e úmidas (Collier & Collier, 2012). Entretanto pelagem com essas características de maior densidade e altura reduz a proporção da incidência de energia radiante e absorvendo menos calor (Maia et al. 2005).

Animais da raça Girolando e Nelore tiveram os menores valores de luminosidade, mas animais Girolando apresentam áreas com pigmentação e outras com ausência. A pele mais escura nessa raça pode estar relacionada a uma maior formação de eumelanina do que feomelanina. A eumelanina e a feomelanina são dois componentes da melanina. A eumelanina está relacionada pela formação da cor preta à marrom e a feomelanina ligada à formação de cores de tons amarelos e vermelhos (Berryere et al., 2003). Uma maior proporção de eumelanina forma uma melanina mais escura. Essa característica pode ser encontrada em animais das raças Holandesa e Angus (Robbins et al., 1993). A pele dos animais da raça Nelore apresentou coloração escura uniforme e o Girolando apresentou malhas escuras e claras. Isso confere maior proteção para a pele contra raios ultravioletas dos animais Nelore se comparada aos animais

Girolando. Peles claras têm maior transmissão de radiação através da sua superfície que pode causar lesões de pele, mas tem a menor absorção de radiação térmica (Silva et al., 2001). As raças Nelore, Girolando e Gir tiveram maiores valores de  $a^*$ , indicando maior composição de cor vermelha na pele. Isso pode ser um possível indicador de maior circulação cutânea de sangue e maior perda de calor interno pela pele.

O perímetro torácico influenciou na frequência respiratória por que é um fator que limita a expansão do pulmão no momento da inspiração. Animais com maior perímetro podem trocar maiores volumes de ar e com isso perder mais calor para o meio através dos vapores liberados na respiração sem precisar aumentar a sua frequência respiratória (Marai et al., 2007). Entretanto, nos animais da raça Indubrasil, que registraram a maior circunferência torácica e a menor frequência respiratória, esse mecanismo não foi suficiente pra manutenção da menor temperatura retal. Nos parâmetros sanguíneos, o perímetro torácico interferiu no volume globular, e nas células vermelhas e na hemoglobina como forma de adaptação dos animais que possuem menor espaço de caixa torácica. Em momentos de maior estresse e de maior consumo de oxigênio, o organismo libera mais células vermelhas para aumentar o transporte de oxigênio para os tecidos e, com isso, aumentando o volume globular e a hemoglobina (Correa et al., 2012). A interação entre o valor de célula branca e espessura de pele tem relação possivelmente ligada à resistência de fixação de hospedeiros como artrópodes (Veríssimo et al., 2011). Raças que possuem pele mais fina têm um grau de infestação maior e com isso induz uma maior produção de células de defesa (Moraes et al., 1992).

Raça foi altamente significativa para a resposta das temperaturas superficiais, demonstrando que fatores físicos e fisiológicos afetam os grupos de animais de maneiras distintas. A garupa é um dos principais pontos de análise pelo alto nível de incidência solar no local. A temperatura do corpo, por ter uma área maior de análise, nos dá uma média geral da temperatura de todo o corpo, mas pode sofrer maior influência de fatores ambientais, como a temperatura do chão, e de fatores físicos e fisiológicos, como diferenças na coloração dos pelos e no nível de vascularização da pele. Com isso temos maior gradiente de temperaturas do que em pontos específicos. A temperatura ocular é citada na literatura como o melhor ponto de observação de estresse utilizando imagens termográficas devido ao alto nível de vascularização da borda posterior da pálpebra e alterações do fluxo sanguíneo pela ação do sistema simpático (Stewart et al., 2007). A temperatura superficial do olho foi o único ponto que interagiu

com todos os parâmetros ambientais. De acordo com Church et al. (2014), variáveis ambientais como incidência de radiação solar e velocidade do ar podem influenciar negativamente para obter resultados quanto à temperatura corporal exigindo maiores cuidados.

Animais da raça Girolando tiveram uma das menores temperaturas retais, mas registraram uma das maiores frequências respiratórias. Isso se deve por causa da evaporação de água que absorve o calor e o libera através da respiração. O animal aumenta sua frequência respiratória tentando aumentar a perda do calor excessivo e mantendo a temperatura retal (McManus et al., 2014). Também foi observado que esse grupo teve uma das maiores temperaturas superficial do olho, da garupa e da superfície corporal. Isso seria outro mecanismo de perda de calor, que através do aumento da circulação cutânea há um aumento na perda de calor por convecção e radiação e também pela vasodilatação cutânea (Swenson & Reece, 1996). Essa perda de calor pela pele foi maior pela baixa espessura de pele dessa raça.

Os animais da raça Gir tiveram elevadas temperaturas superficiais do pescoço e axila devido às dobras de pele e também a elevada espessura de pele nesses locais. Esse grupo também registrou juntamente com os grupos Indubrasil e Nelore, a maior temperatura retal e a maior frequência cardíaca, acima dos valores de referência, evidenciando o estresse fisiológico. A menor temperatura ocular e a elevada frequência respiratória sugerem que a perda de calor pela vasodilatação cutânea não é o principal mecanismo para perda de calor dos animais da raça Nelore, mas sim o aumento na sua frequência respiratória.

O volume globular e o número de células vermelhas foram afetados pelos fatores ambientais velocidade do vento, temperatura e umidade do ar. Essa resposta está diretamente relacionada ao estresse térmico do animal, que libera catecolaminas (adrenalina e noradrenalina), que levam ao aumento da pressão sanguínea e a contração do baço, aumentando a mobilização das hemácias e colocando-as na corrente sanguínea (Swenson & Reece, 1996). O aumento do volume globular ainda pode estar ligado à perda de líquidos pela sudorese e evaporação que também leva a um aumento na concentração da proteína plasmática (Correa et al., 2012). As células brancas e a concentração de proteínas totais foram afetadas somente pela raça, caracterizando que a variação observada foi devido à resposta ao desafio ambiental ligado ao estresse térmico de cada grupo genético.

A resposta fisiológica não se alterou entre os dias pelo fator raça, mas de acordo com o horário, a raça afetou as temperaturas superficiais. Isso ocorreu por que nos horários mais quentes do dia houve uma resposta diferente ao estresse térmico entre as raças de acordo com suas características físicas. O dia foi altamente significativo pela redução de temperatura ambiental no terceiro dia de experimento. Com isso, as menores temperaturas superficiais foram registradas nesse dia. As temperaturas retais médias ficaram dentro do valor de referência para bovinos, entre 38,0°C a 39,3°C (Cunningham, 1999), demonstrando que no geral os grupos conseguiram manter sua homeotermia.

A diferença dos parâmetros fisiológicos observada entre os horários era esperada devido à variação natural de temperatura ao longo do dia, que no experimento ficou na média de 12°C entre os dois turnos. Não houve diferença significativa para a frequência cardíaca entre as médias dos horários e no geral ficaram acima dos parâmetros fisiológicos normais. Uma possibilidade para não ser observada a diferença foi o estresse da contenção física para coleta dos dados (Prescott et al., 2005). Quando o animal se sente encurralado, há interferência na sua área de conforto de segurança (Radostits et al., 2002). Assim, o animal entra em estresse que pode levar à liberação de hormônios relacionados ao estresse como adrenalina e cortisol que elevam a pressão sanguínea e o número de batimentos cardíacos (Grandin, 1997).

Os parâmetros sanguíneos não alteraram entre os dias pelo efeito da raça, mas a variação de temperatura observada entre os dias e horários foi o principal fator de que afetou os parâmetros sanguíneos. No primeiro dia o maior volume globular foi afetado pelo aumento do número de células vermelhas circulantes. A contenção para coleta de sangue pode ter levado a um aumento na liberação de hormônios do estresse no primeiro dia de experimento e com isso a maior liberação de células vermelhas, aumentando o volume globular. No segundo dia de coleta, os animais estavam melhor adaptados ao manejo e com isso se estressaram menos. Logo não foi observada diferença significativa no valor de células vermelhas entre os dias dois e três.

O maior volume de neutrófilos segmentados entre os dois primeiros dias e o terceiro não foi suficiente para alterar a concentração das células brancas circulante entre os dias avaliados. O aumento do nível de estresse mobiliza os neutrófilos que ficam armazenados nos compartimentos marginais, como baço e o pulmão (Lassen & Swardsonm, 1995). Os menores valores de linfócitos nesses mesmos dias também são explicados pelo nível de estresse que libera corticóides que levam a uma

imunodepressão temporária e sequestro de linfócitos em espaços extravasculares (Lassen & Swardson, 1995). No segundo dia foi observado aumento na concentração de proteína plasmática, sugerindo uma maior perda de água nesse dia através da sudorese e evaporação na respiração devido ao estresse térmico (Ferreira et al., 2009).

A correlação entre as temperaturas superficial e ambiental foram altas e positivas e concordam com os resultados obtidos por Knížková et al. (2007) e Santos et al. (2005a). Quando a temperatura ambiente aumenta, as temperaturas superficiais e a do globo negro também aumentaram. A variável umidade teve correlação negativa com os valores de temperatura superficial. Quanto maior a concentração de umidade no ar, menor a perda evaporativa da água contida no animal para o meio, tornando o resfriamento do animal mais lento. Já a menor concentração de água no ar, por sua vez, proporciona o resfriamento do animal mais rapidamente, em decorrência da maior taxa de evaporação da água através da pele e do aparelho respiratório (Neiva et al., 2004; Silva e Maia, 2011). As correlações entre a velocidade do vento e as temperaturas superficiais foram todas altas e positivas. Mas mesmo com a velocidade do vento alcançando a capacidade de resfriar a temperatura superficial dos animais, as maiores velocidades do vento foram registradas nos horários mais quentes do dia. Com isso as correlações entre esses fatores ambientais foram positivas e o vento não foi capaz de diminuir a temperatura.

O aumento de hemoglobina está diretamente correlacionado com a liberação de células na circulação. O número de hemácias teve correlação negativa com o volume corpuscular médio. Essa correlação negativa é devida a perda de água e de íons das células para o espaço extracelular com o objetivo de aumentar o volume do plasma sanguíneo (Silanikove, 2000). A correlação negativa entre linfócitos e neutrófilos está de acordo com a resposta fisiológica ao estresse de cada célula. A liberação de hormônios ligados ao estresse leva ao aumento dos neutrófilos e a redução dos linfócitos (Swenson & Reece, 1996).

A correlação canônica demonstrou que a circunferência torácica foi o principal componente físico que manteve relação com as variáveis fisiológicas nos dois turnos. No turno da manhã, o valor das células brancas teve a maior correlação com as variáveis físicas por que foi o componente hematológico que teve a maior variação entre os turnos e entre as raças. No período da tarde, a correlação entre a frequência respiratória, o volume globular e a temperatura superficial com os parâmetros físicos se

devem a reposta fisiológica dos animais de acordo com os componentes físicos do animal. O aumento da temperatura retal gerando uma resposta fisiológica de aumento da sudorese e da frequência respiratória leva a uma perda de água do organismo e aumento da concentração celular.

Na análise de componentes principais, as variáveis físicas relacionadas ao tamanho e peso do animal se agruparam. Isso era esperado devido à correlação entre circunferência torácica e o peso animal (Pacheco et al., 2008). Pela manhã, a frequência cardíaca e a temperatura superficial se agruparam e observou-se que quanto menor a temperatura da pele menor a frequência cardíaca. Com as temperaturas mais amenas a temperatura superficial do corpo diminuiu, causando vasoconstrição da pele para manutenção da temperatura corporal e reduzindo a frequência cardíaca. Já no turno da tarde, o aumento da frequência cardíaca foi devido ao aumento da vasodilatação periférica para perda de calor (Silva, 2000). Com o aumento da vasodilatação a frequência cardíaca também é aumentada para manter a pressão sanguínea e o aporte adequado aos outros tecidos. Também no turno da tarde, a temperatura retal e frequência respiratória se agruparam devido às maiores temperaturas ambientais registradas nesse período. Aumentando a temperatura retal o animal eleva sua frequência respiratória para reduzi-la (Al-Haidary et al., 2001). Nos dois turnos a temperatura retal foi inversamente proporcional ao peso do animal. Animais mais pesados com altura de cernelha maior têm proporcionalmente maior área de superfície de pele para a perda de calor do que animais pesados e menores (Santos et al., 2005a). A porcentagem da variação foi alta demonstrando que as variáveis estudadas foram responsáveis pelas alterações fisiológicas observadas.

No dendograma, o agrupamento dos animais Indubrasil e Nelore nos turnos da tarde demonstraram uma similaridade entre esses grupos quanto aos parâmetros fisiológicos e de temperatura superficial. Apesar de haver diferenças físicas entre esses dois grupos a semelhança genética pode ter contribuído no agrupamento da resposta fisiológica aos desafios térmicos. A temperatura superficial dos animais Gir não se agrupou com nenhum outro grupo devido às características físicas próprias como elevada luminosidade e a baixa espessura de pele e as menores altura e peso. A raça Girolando se separou dos outros grupos nos parâmetros hematológicos. Essa diferença está relacionada ao diferente nível de estresse e a maior diferença genética. Houve

reagrupamento entre os turnos demonstrando que o estresse térmico afetou os as repostas fisiológicas.

A diferença entre as repostas fisiológicas entre os grupos também pode ser vista através da porcentagem de coletas que ficaram acima dos valores de referência da temperatura retal e frequência respiratória. Somente 16% dos animais Girolando tiveram, no turno da tarde, temperatura retal acima dos valores de referência e mantiveram nos dois turnos a mesma porcentagem de frequência respiratória acima dos valores normais (8%) mostrando que esse grupo manteve seus padrões fisiológicos apesar do desafio térmico. Já os animais do grupo Gir tiveram a maior porcentagem de temperatura acima dos valores normais nos dois turnos e a segunda maior de frequência respiratória. Essa diferença de respostas entre esses grupos está relacionada às características físicas e na sua eficiência na perda de calor. Apesar de nenhum animal ter a frequência respiratória acima dos valores de referência no período da tarde, 54% das coletas de temperatura retal dos animais Indubrasil ficaram acima dos valores de referência. Essa elevada porcentagem pode estar relacionada a ineficiência na perda de calor através da pele devido da sua espessura.

## 5 CONCLUSÃO

Características físicas como altura, peso, circunferência torácica, espessura e luminosidade da pele foram importantes na avaliação da resposta fisiológica quando os animais foram desafiados termicamente, mas essas características isoladamente não são responsáveis por conferir tolerância ao calor, e sim um conjunto das características morfológicas e de reajustes fisiológicos. Os animais da raça Gir foram os menos adaptados as condições climáticas durante a avaliação e os animais Girolando e Sindi apresentaram os melhores índices fisiológicos quando desafiados termicamente. O uso do termógrafo apresentou boa correlação com os índices fisiológicos, principalmente com a temperatura retal e temperaturas superficiais. Os principais pontos foram da axila, pescoço e olho, entretanto, adaptações da técnica no registro da temperatura ocular podem melhorar a acurácia deste ponto.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abbi Saab, S., Sleiman, F. T. Physiological responses to stress of filial crosses compared to local Awassi sheep. **Small Ruminant Research**, v. 16, ed. 1, p. 55-59, 1995.
- Al-Haidary, A., Spiers, D. E., Rottinghaus, G. E., Garner, G. B., Ellersieck, M. R. Thermoregulatory ability of beef heifers following intake of endophyte-infected tall fescue during controlled heat challenge. **Journal of Animal Science**, v. 79, n. 7, p. 1780-1788, 2001.
- Associação Brasileira dos Criadores de Gir Leiteiro (ABCGIL). Disponível em: <http://www.girleiteiro.org.br/>. Acesso em: 18 de julho de 2014.
- Associação Brasileira dos Criadores de Indubrasil (ABCI). Disponível em: <http://www.indubrasil.org.br/>. Acesso em: 19 de julho de 2014.
- Associação dos Criadores Nelore do Brasil (ACNB). Disponível em: <http://www.nelore.org.br/>. Acesso em: 18 de julho de 2014.
- Associação Brasileira de Criadores de Zebu (ABCZ). Disponível em: <http://www.abcz.org.br/>. Acesso em: 20 de julho de 2014.
- Baccari Júnior, F. Métodos e técnicas de avaliação da adaptabilidade dos animais às condições tropicais. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE BIOCLIMATOLOGIA ANIMAL NOS TRÓPICOS: PEQUENOS E GRANDES RUMINANTES, 1990, Sobral, CE. Anais... Sobral: Embrapa-CNPQ, p. 9-17. 1990.
- Bernabucci, U., Lacetera, N., Baumgard, L. H., Rhoads, R. P., Ronchi, B., Nardone, A. Metabolic and hormonal acclimation to heat stress in domesticated ruminants. **Animal**, v. 4, n. 07, p. 1167-1183, 2010.
- Berryere, T. G., Schmutz, S. M., Schimpf, R. J., Cowan, C. M., Potter, J. TYRP1 is associated with dun coat colour in Dexter cattle or how now brown cow? **Animal Genetics**, v. 34, n. 3, p. 169-175, 2003.
- Bianchini, E., McManus, C., Lucci, C. M., Fernandes, M. C. B., Prescott, E., Mariante, A. D. S., Egito, A. A. D. Características corporais associadas com a adaptação ao calor em bovinos naturalizados brasileiros. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 9, p. 1443-1448, 2006.
- Botega, J. V. L., Braga Júnior, R. A., Lopes, M. A., Rabelo, G. F. Diagnóstico da automação na produção leiteira. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 2, p. 635-639, 2008.
- Bowman, M. S., Soares-Filho, B. S., Merry, F. D., Nepstad, D. C., Rodrigues, H., Almeida, O. T. Persistence of cattle ranching in the Brazilian Amazon: a spatial analysis of the rationale for beef production. **Land Use Policy**, v. 29, n. 3, p. 558-568, 2012.
- Brasil, Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Balança Comercial Brasileira de 2013. Disponível em [http://www.desenvolvimento.gov.br/arquivos/dwnl\\_1388692200.pdf](http://www.desenvolvimento.gov.br/arquivos/dwnl_1388692200.pdf). Acesso em: 15 de outubro de 2014.
- Berry, R. J., Kennedy, A. D., Scott, S. L., Kyle, B. L., Schaefer, A. L. Daily Variation in the udder surface temperature of dairy cows measured by infrared thermography: Potential for mastitis detection. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 83(4): p. 687-693, 2013.
- Burrow, H. M., Prayaga, K. C. Correlated responses in productive and adaptive traits and temperament following selection for growth and heat resistance in tropical beef cattle. **Livestock Production Science**, v. 86, n. 1, p. 143-161, 2004.

- Church, J. S., Hegadoren, P. R., Paetkau, M. J., Miller, C. C., Regev-Shoshani, G., Schaefer, A. L., Schwartzkopf-Genswein, K. S. Influence of environmental factors on infrared eye temperature measurements in cattle. **Research in Veterinary Science**, v. 96, n. 1, p. 220-226, 2014.
- Collier, Robert J., J. L. Collier. **Environmental physiology of livestock**. John Wiley & Sons, 2011.
- Collier, R. J., Dahl, G. E., Van Baale, M. J. Major advances associated with environmental effects on dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 89, n. 4, p. 1244-1253, 2006.
- Correa, M. P. C., Cardoso, M. T., Castanheira, M., Landim, A. V., Dallago, B. S. L., Louvandini, H., McManus, C. Heat tolerance in three genetic groups of lambs in central Brazil. **Small Ruminant Research**, v. 104, n. 1, p. 70-77, 2012.
- Curtis, S. E. **Environmental management in animal agriculture**. Ames: The Iowa State University Press, 1983.
- Delfino, L. J. B., Souza B. B., Silva, R. M. N., Silva, W. W. Efeito do estresse calórico sobre o eritrograma de ruminantes. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 8, n. 2, 2012.
- Despopoulos, A. **Color Atlas of Physiology**. 5 ed., completely revised and expanded, Thieme Stuttgart, 2003.
- Egito, A. A., Paiva, S. R., Albuquerque, M. S. M., Mariante, A. S., Almeida, L.D., Castro, S.R., Grattapaglia, D. Microsatellite based genetic diversity and relationships among ten Creole and commercial cattle breeds raised in Brazil. **BMC Genetics**, v. 8, p. 83-87, 2007.
- Faria, F. J. C., Vercesi Filho, A. E., Madalena, F. E., Josahkian, L. A. Estrutura genética da raça Sindi no Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 4, p. 852-857, 2004.
- Ferraz, J. B. S., Felício, P. E. D. Production systems—An example from Brazil. **Meat Science**, v. 84, n. 2, p. 238-243, 2010.
- Ferreira, F., Campos, W. E., Carvalho, A. U., Pires, M. F. A., Martinez, M. L., Silva, M. V. G. B., Verneque, R. S., Silva, P. F. Parâmetros clínicos, hematológicos, bioquímicos e hormonais de bovinos submetidos ao estresse calórico. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 61, n. 4, p.769-776. 2009.
- Finocchiaro, R., Van Kaam, J. B. C. H. M., Portolano, B., Misztal, I. Effect of heat stress on production of Mediterranean dairy sheep. **Journal of dairy science**, v. 88, n. 5, p. 1855-1864, 2005.
- Freneau, G. E., da Silva, J. C. C., Borjas, A. D. L. R., de Amorim, C. Estudo de medidas corporais, peso vivo e condição corporal de fêmeas da raça Nelore (*Bos taurus indicus*) ao longo de 12 meses. **Ciência Animal Brasileira**, v. 9, n. 1, p. 76-85, 2008.
- Goddard, M. Fitness traits in animal breeding programs. **Adaptation and Fitness in Animal Populations**. Springer Netherlands, p. 41-52. 2009.
- Grandin, T. Assessment of stress during handling and transport. **Journal of Animal science**, v. 75, n. 1, p. 249-257, 1997.
- Guimarães, J. D., Alves, N. G., Costa, E. P., Silva, M. R., Costa, F. M. J., Zamperlini, B. Eficiências reprodutiva e produtiva em vacas das raças Gir, Holandês e cruzadas Holandês x Zebu. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 2, p. 641-647, 2002.
- Hansen, P. J. Physiological and cellular adaptations of zebu cattle to thermal stress. **Animal reproduction science**, v. 82, p. 349-360, 2004.
- Harper D. L. The value of infrared thermography in the diagnosis and prognosis of injuries in animals. **Proceedings of Inframation**, p. 115-122, 2000.

- Hoffmann, G., Schmidt, M., Ammon, C., Rose-Meierhöfer, S., Burfeind, O., Heuwieser, W., Berg, W. Monitoring the body temperature of cows and calves using video recordings from an infrared thermography camera. **Veterinary Research Communications**, v. 37, n. 2, p. 91-99, 2013.
- Holmes, C.W. A note on the protection provided by the hair coat or fleece of the animal against the thermal effects of simulated rain. **Animal Production**, v.32, p. 225-226, 1981.
- Holst, G. C. **Common Sense Approach to Thermal Imaging**. SPIE Optical Engineering JCD Pub., Washington, p. 90-109, 2000.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Censo agropecuário 2006**. IBGE, 2006.
- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Boletim Prognóstico Climático para Setembro, Outubro e Novembro de 2014, Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC/INPE). **PROGCLIMA**, n. 08, ano 11.
- Knizkova, I., Kunc, P., Gürdil, K. A. G., Pınar, Y., Selvi, Ç. K. Applications of infrared thermography in animal production. **Anadolu Journal of Agricultural Sciences Turkey**, v. 22, n. 3, p. 329-336, 2007.
- Lassen, E. D., Swardson, C. J. Hematology and hemostasis in the horse: normal functions and common abnormalities. **The Veterinary clinics of North America. Equine practice**, v. 11, n. 3, p. 351-389, 1995.
- Mackinnon, M. J., Meyer, K., Hetzel, D. J. Genetic variation and covariation for growth, parasite resistance and heat tolerance in tropical cattle. **Livestock Production Science**, v. 27, n. 2, p. 105-122, 1991.
- Maia, A. S. C., Gomes da Silva, R., Bertipaglia, E. C. A. Environmental and genetic variation of the effective radiative properties of the coat of Holstein cows under tropical conditions. **Livestock Production Science**, v. 92, n. 3, p. 307-315, 2005.
- Marai, I. F. M., El-Darawany, A. A., Fadiel, A., Abdel-Hafez, M. A. M. Physiological traits as affected by heat stress in sheep – A review. **Small Ruminant Research**, v. 71, p. 1-12. 2007.
- Mazza, M. C. M., Mazza, C. A. M., Sereno, J. R. B., Santos, S.A. Pellegrin, A.O. **Etnobiologia e conservação do bovino Pantaneiro**. EMBRAPA CPAP. Corumbá. 1994.
- McManus, C., Prescott, E., Paludo, G. R., Bianchini, E., Louvandini, H., Mariante A. S. Heat tolerance in naturalized Brazilian cattle breeds. **Livestock Science**, v. 120, p. 256-264, 2009.
- McManus, C., Louvandini, H., Paim, T. P., Martins, R. S., Barcellos, J. O. J., Cardoso, C., Guimarães, R. F., Santana, O. A. The challenge of sheep farming in the tropics: aspects related to heat tolerance, **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, p. 107-120, 2011.
- McManus, C. M., Louvandini, H., Paim, T. P., Bernal, F. E. M. Factors affecting heat tolerance in crossbred cattle in central Brazil. **Ciência Animal Brasileira**, v. 15, n. 2, p. 152-158, 2014.
- Melo, G. L. R. F. H., Albuquerque, A. R., Valente, B. D., Teodoro, G. A. M. R. L., Bosco, M. B. D. F. J., Monteiro, N., Predição do peso vivo a partir de medidas corporais em animais mestiços Holandês/Gir. **Ciência Rural**, v. 38, n. 3, p. 778-783, 2008.
- Mitsubishi, M. P., Josahkian, L. A. As origens e parâmetros populacionais dos animais registrados da raça sindi no Brasil. **Cadernos de Pós-Graduação da FAZU**, v. 2, 2012.

- 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 of 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**, n. 33 p.468–475, 2008.
- Moraes, F. R., Moraes, J. R. E., Costa, A. J., Rocha, U. F., Ardisson, F. A. Estudo comparativo de lesões causadas pelos diferentes instares de *Boophilus microplus* (Canestrini) na pele de taurinos e zebuínos em infestações naturais. Correlação entre a resistência do hospedeiro e o número de mastócitos dérmicos. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v. 29, supl., p. 378-383, 1992.
- Nardone, A., Ronchi, B., Lacetera, N., Ranieri, M. S., Bernabucci, U. Effects of climate changes on animal production and sustainability of livestock systems. **Livestock Science**, v. 130, n. 1, p. 57-69, 2010.
- Neiva, J. N. M., Teixeira, M., Turco, S. H. N., Oliveira, S. M. P., Moura, A. A. A. N. Efeito do Estresse Climático sobre os Parâmetros Produtivos e Fisiológicos de Ovinos Santa Inês Mantidos em Confinamento na Região Litorânea do Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.3, p. 668-678, 2004.
- Oliviera, E. M. B. **Tolerância ao calor, medidas morfológicas e cortes comerciais em diferentes grupos genéticos de ovinos**, 2011, 112p. Tese (Doutorado em Ciências Animais) – Universidade de Brasília, Brasília, DF.
- Pacheco, A., Quirino, C. R., Pinheiro, O. L. V. M., Almeida, J. V. D. C. Medidas morfométricas de touros jovens e adultos da raça Guzerá. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 9, n. 3, 2008.
- Paim, T. P., Borges, B. O., Lima, P. M. T., Dallago, B. S. L., Louvandini, H., McManus, C. Relation between thermographic temperatures of lambs and thermal comfort indices. **International Journal of Applied Animal Sciences**, v. 1, n. 4, p. 108-115, 2012.
- PBMC, 2013: Contribuição do Grupo de Trabalho 1 ao Primeiro Relatório de Avaliação Nacional do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas. Sumário Executivo GT1.PBMC, Rio de Janeiro, Brasil, 24 p., 2013.
- PBMC, 2013: Contribuição do Grupo de Trabalho 2 ao Primeiro Relatório de Avaliação Nacional do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas. Sumário Executivo do GT2. PBMC, Rio de Janeiro, Brasil. 28 p., 2013.
- Radostits, O. M., Gay, C. C., Blood, D. C., Hinchcliff, K.W. **Veterinary Medicine: A Textbook of the Diseases of Cattle, Sheep, Pigs, Goats and Horses**. ed 9., Elsevier., 2002.
- Rebouças, G. F., Gonçalves, T. M., Martinez, M. L., Azevedo Jr, M., Koops, W. Novas funções para estimar a produção de leite, em 305 dias de lactação, de vacas da raça Gir. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 7, p. 1222-1229, 2008.
- Renaudeau, D., Collin, A., Yahav, S., De Basilio, V., Gourdine, J. L., Collier, R. J. Adaptation to hot climate and strategies to alleviate heat stress. **Livestock production Animal**, v. 6, n. 05, p. 707-728, 2012.
- Rhoads, M. L., Rhoads, R. P., Van Baale, M. J., Collier, R. J., Sanders, S. R., Weber, W. J., Crooker, B. A., Baumgard, L. H. Effects of heat stress and plane of nutrition on lactating Holstein cows: I. Production, metabolism, and aspects of circulating somatotropin. **Journal of Dairy Science**, v. 92, n. 5, p. 1986-1997, 2009.
- Robbins, I. S., Nadeau, J. H., Johnson, K. R., Roselli-Rehfuss, L., Baack, Cone, R. D. Pigmentation phenotypes of variant extension locus alleles result from point mutations that alter MSH receptor function. **Cell**, v. 72, n. 6, p. 827-834, 1993.

- Roberto, J. V. B., de Souza, B. B., Furtado, D. A., Delfino, L. J. B., de Assis Marques, B. A. Thermal gradients and physiological responses of goats in the semiarid of Brazil using infrared thermography. **Journal of Animal Behaviour and Biometeorology**, v. 2, n. 1, p. 11-19, 2014.
- Roenfeldt, S. You can't afford to ignore heat stress. **Dairy Manage**, v. 35, n. 5, p. 6-12, 2008.
- Santana Jr., M. L., Pereira, R. J., Bignardi, A. B., El Faro, L., Tonhati, H., Albuquerque, L. G. History, structure, and genetic diversity of Brazilian Gir cattle. **Livestock Science**, v.163, p. 26-33, 2014.
- Santiago, A. A. **O zebu na Índia, no Brasil e no mundo**. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1986.
- Santos, S. A. McManus, C., Souza, G. S., Soriano, B. M. A., Silva, R. A. M. S., Comastri Filho, J. A., Abreu, U. G. P., Garcia, J. B. Variações da temperatura corporal e da pele de vacas e bezerros das raças pantaneira e nelore no pantanal. **Archivos de Zootecnia**, v. 54, p. 237-244, 2005a.
- Santos, S. A., Silva, R. A. M. S., Comastri Filho, J. A., Abreu, U. G. P., McManus, C., Mariante, A. S., Lara, M. A. C., Pellegrin, A. O., Ravaglia, E. Desempenho de bezerros pantaneiros, nelore e cruzados criados no pantanal, Brasil. **Archivos de Zootecnia**, vol. 54, p. 501-508, 2005b.
- Silanikove, N. Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. **Livestock Production Science**, v. 67, n. 1, p. 1-18, 2000.
- Silva, R. G., Maia, A. S. C. Evaporative cooling and cutaneous surface temperature of holstein cows in tropical conditions. **Revista Brasileira de Zootecnia**. Vol. 40, n. 05, p. 1143-1147, 2011.
- Silva, R. G. D., Pocay, P. L. B. Transmissão de radiação ultravioleta através do pelame e da epiderme de bovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 6, p. 1939-1947, 2001.
- Silva, R. G. **Introdução à bioclimatologia animal**. Nobel, 2000.
- Swenson, M. J., Reece, W. O. **Dukes' Fisiologia dos animais domésticos**. São Paulo: Guanabara Koogan, 1996.
- Stewart, M., Webster, J. R., Verkerk, G. A., Schaefer, A. L., Colyn, J. J., Stafford, K. J. Non-invasive measurement of stress in dairy cows using infrared thermography. **Physiology & behavior**, v. 92, n. 3, p. 520-525, 2007.
- Stewart, M., Stafford, K. J., Dowling, S. K., Schaefer, A. L., Webster, J. R. Eye temperature and heart rate variability of calves disbudded with or without local anesthetic. **Physiology & behavior**, v. 93, n. 4, p. 789-797, 2008.
- St-Pierre, N. R., B. Cobanov, G. Schnitkey. Economic losses from heat stress by US livestock industries. **Journal Dairy Science**, v. 86, p. 52-77. 2003.
- Tucker, C. B., A. R. Rogers, and K. E. Schütz. Effect of solar radiation on dairy cattle behaviour, use of shade and body temperature in a pasture-based system. **Appl. Animal Behavior Science**, v. 109, p. 141-154, 2008.
- United States Department of Agriculture (USDA), Foreign Agricultural Service. Disponível em: <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/psdHome.aspx>. Acesso em 15 de outubro de 2014.
- Veríssimo, C. J., Nicolau, C. V. J., Cardoso, V. L., Pinheiro, M. G. Haircoat characteristics and tick infestation on Gyr (zebu) and crossbred (Holstein x Gyr) cattle. **Archivos de zootecnia**, v. 51, p. 389-392, 2002.

Weschenfelder, A. V., Saucier, L., Maldague, X., Rocha, L. M., Schaefer, A. L., & Faucitano, L. Use of infrared ocular thermography to assess physiological conditions of pigs prior to slaughter and predict pork quality variation. **Meat science**, v. 95, n. 3, p. 616-620, 2013.

West, J. W. Effects of Heat-Stress on Production in Dairy Cattle, **Journal of Dairy Science**, vol. 86 p. 2131-44, 2003.

Wheelock, J. B., Rhoads, R. P., Van Baale, M. J., Sanders, S. R., Baumgard, L. H. Effects of heat stress on energetic metabolism in lactating Holstein cows. **Journal of dairy science**, v. 93, n. 2, p. 644-655, 2010.