



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

MELÂNIA DE ARAÚJO ALVES

**RESPOSTAS TERMORREGULADORAS E AMBIENTE TÉRMICO DE BOVINOS
LEITEIROS CRIADOS EM REGIÕES DE CLIMA TROPICAL**

**FORTALEZA
2014**

MELÂNIA DE ARAÚJO ALVES

**RESPOSTAS TERMORREGULADORAS E AMBIENTE TÉRMICO DE BOVINOS
LEITEIROS CRIADOS EM REGIÕES DE CLIMA TROPICAL**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, da Faculdade de Zootecnia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Zootecnia. Área de concentração: Bioclimatologia.

Orientador: Prof. Dr. José Antonio Delfino Barbosa Filho

FORTALEZA

2014

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca de Ciências e Tecnologia

A48r Alves, Melânia de Araújo.

Respostas termorreguladoras e ambiente térmico de bovinos leiteiros criados em regiões de clima tropical / Melânia de Araújo Alves. – 2014.

77 f. : il., enc. ; 30 cm.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Zootecnia, Mestrado em Zootecnia, Fortaleza, 2014.

Área de Concentração: Bioclimatologia Animal.

Orientação: Prof. Dr. José Antonio Delfino Barbosa Filho.

1. Adaptabilidade. 2. Conforto térmico. 3. Bovino - Fatores climáticos. I. Título.

CDD 636.08

MELÂNIA DE ARAÚJO ALVES

**RESPOSTAS TERMORREGULADORAS E AMBIENTE TÉRMICO DE BOVINOS
LEITEIROS CRIADOS EM REGIÕES DE CLIMA TROPICAL**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, da Faculdade de Zootecnia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Zootecnia. Área de concentração: Bioclimatologia.

Aprovada em: 28/03/2014.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. José Antonio Delfino Barbosa Filho (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof.ª Prof.ª Dr.ª Carla Rehata Figueiredo Gadelha
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Prof. Dr. Daniel Albiero
Universidade Federal do Ceará (UFC)

À natureza.

Aos meus pais, avós e irmã.

AGRADECIMENTO

Em primeiro lugar, à natureza, por existir em toda sua beleza e complexidade.

À Universidade Federal do Ceará e ao departamento de Zootecnia, pela oportunidade de realização do mestrado.

À CAPES, pelo apoio financeiro com a manutenção da bolsa de auxílio.

Ao Prof. Dr. José Antonio Delfino Barbosa Filho, pela paciência, ensinamentos e pela excelente orientação.

Ao Dr. Everardo Vasconcelos e a todos os funcionários da fazenda Tijuca Alimentos, pela concessão do espaço e dos animais para realização do experimento, bem como todo o apoio e ajuda.

Aos professores participantes da Banca examinadora, pelo tempo e pelas valiosas colaborações e sugestões.

Aos colegas da turma de mestrado e aos membros do grupo NEAMBE, pelas reflexões, críticas e sugestões recebidas. Em especial, ao Victor, a Simone e Silvânia Lédicia, por toda a ajuda durante o experimento.

Aos meus avós, minha mãe, Nat e Rahman, que sempre me apoiaram nos momentos difíceis e confusos.

“Nós os criamos para nós, devemos respeito a eles. A natureza é cruel, não precisamos ser também”. Temple Grandin.

RESUMO

Diversos fatores do ambiente de criação podem causar estresse aos bovinos, dentre esses fatores as variações climáticas ganharam bastante atenção ultimamente, principalmente nas regiões de clima tropical. Na estação seca, a falta de água em algumas regiões prejudica a produção de alimentos, o que aumenta o custo de produção. Já na estação chuvosa, a alta Umidade Relativa do ar associada a altas temperaturas e ao grande acúmulo de lama nas instalações prejudica as perdas de calor por evaporação, além de aumentar a incidência de mastite. Diante disso, objetivou-se avaliar as respostas termorreguladoras e o ambiente térmico de criação de vacas leiteiras mestiças no estado do Ceará durante o período chuvoso. O estudo foi realizado em uma fazenda comercial no Município de Beberibe-CE entre os meses de fevereiro e maio de 2013, foram utilizadas 16 fêmeas mestiças (*Bos taurus x Bos Indicus*). Foram avaliadas as variáveis ambientais: Temperatura do Ar (TA) e Umidade Relativa do ar (UR); as variáveis fisiológicas: Temperatura Retal (TR), Frequência Respiratória (FR), Temperatura Superficial da pele (TS) e temperatura da pele do úbere (TSU) de animais sadios e com mastite clínica; as variáveis comportamentais e a produção de leite. Foram calculados também os Índices de Temperatura e Umidade (ITU) e Entalpia de Conforto (IEC). As médias dos valores de TA se encontraram dentro da faixa de conforto. As médias da UR ficaram acima de 75%, o que pode ter ocorrido devido ao grande acúmulo de lama na instalação. As médias dos valores do ITU expressaram situação de perigo, já as médias dos valores do IEC indicaram situação de conforto de manhã e alerta à tarde. As médias dos valores de TR, FR e TS ficaram dentro da faixa considerada ideal, o que pode indicar alta adaptabilidade desses animais. Os comportamentos mostraram grande influência do manejo da fazenda e não do ambiente, apenas a frequência de permanência em locais com lama variou. Nos meses em que a precipitação foi maior, a frequência também foi maior e nos dias em que as temperaturas dentro da instalação foram superiores a 29 °C, a frequência desse comportamento também foi maior, podendo indicar que os animais buscaram locais mais favoráveis à troca de calor por contato. A produção de leite não foi afetada pelas condições ambientais.

Palavras-chave: adaptabilidade, variáveis fisiológicas, índices de conforto térmico.

ABSTRACT

Several environmental factors can cause stress to cattle. Among these factors, climatic variations have gained much attention in tropical regions. In the dry season, water shortages in some regions affect food production, which increases the cost of production. However, in the rainy season, high relative humidity combined with high temperatures and the large accumulation of mud on the facilities impairs heat loss by evaporation and increases the incidence of mastitis. Therefore, the objective was to evaluate thermoregulatory responses and thermal environment for the creation of crossbred dairy cows in the state of Ceará during the rainy season. The study was conducted on a commercial farm in Beberibe – CE - Brazil, between the months of February and May 2013. 16 crossbred heifers (*Bos taurus x Bos indicus*) were evaluated. Environmental variables: air temperature (AT) and relative humidity (RH) were measured; physiological variables: rectal temperature (RT), respiratory rate (RR), skin surface temperature (ST) and skin temperature of the udder of animals healthy and presenting clinical mastitis, behavioral variables, and milk production; Temperature and Humidity Index (THI) and Enthalpy Comfort Index (ECI) were calculated. The average values of AT were in the comfort range. The RH was above 75 %, which may be due to the large accumulation of mud on the facility. The average values of THI expressed danger and the ECI indicated a comfortable situation in the morning and an alert situation in the evening. The average values of RT, ST and RR were in the range considered optimal, which may indicate high adaptability of these animals. Behaviors showed great influence of farm management and not the environment, only the frequency of permanence in places with mud varied. In the months when rainfall was higher, the frequency was higher and on days when the temperatures inside the facility were higher at 29 °C, the frequency of this behavior was also higher, which may indicate the animals sought places more conducive to heat exchange. Milk production was not affected by environmental conditions.

Keywords: Adaptability, physiological variables, thermal comfort index.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Vista aérea do local de estudo.....	34
Figura 2 - Instalação na qual o experimento foi realizado.....	35
Figura 3 - Vista do piquete e bebedouro.....	35
Figura 4 - Planta baixa da instalação.....	36
Figura 5 - Vista lateral da instalação.....	37
Figura 6 - Miniestação meteorológica instalada no ambiente externo.....	38
Figura 7 - Medição da Temperatura Retal com o termômetro do tipo espeto.....	40
Figura 8 - Registro da Temperatura Superficial com a câmera termográfica.....	41
Figura 9 - Áreas correspondentes às regiões da fronte (1), costelas (2), úbere (3), perna (3) e flanco (4) onde as fotos foram tiradas.....	42
Figura 10 - Instalações com grande acúmulo de lama.....	48
Figura 11 - Registro termográfico de uma vaca com mastite clínica (1) e uma vaca sadia (2).....	58
Figura 12 - Gráfico da frequência de permanência de vacas leiteiras mestiças em local com lama em todos os dias de experimento.....	59
Figura 13 - Gráficos de frequência para os comportamentos observados em todos os dias de experimento.....	63

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Médias da Temperatura Retal (TR) e Taxa de sudação (TS), de três grupos sanguíneos, no período da tarde, durante o verão.....	26
Tabela 2 - Variáveis fisiológicas de bovinos mestiços nos turnos da manhã e da tarde dos períodos chuvoso e seco no estado do Ceará.....	27
Tabela 3 - Etograma.....	43
Tabela 4 - Valores em cada dia de experimento e médias da Temperatura do Ar (TA) e Umidade Relativa do ar (UR) no exterior e no interior da instalação nos períodos da manhã e tarde em todos os dias de experimento.....	45
Tabela 5 - Estatística descritiva básica para os dados de Temperatura do Ar (TA) e Umidade Relativa do ar (UR).....	46
Tabela 6 - Análise de variância para os dados de Temperatura do Ar (TA) e Umidade Relativa do ar (UR).....	47
Tabela 7 - Médias e valores máximos e mínimos para as variáveis: Temperatura do Ar (AR) e Umidade Relativa (UR).....	47
Tabela 8 - Valores e médias do Índice de Temperatura e Umidade (ITU) e do Índice de Entalpia de Conforto (IEC) nos períodos da manhã e tarde em todos os dias de experimento.....	49
Tabela 9 – Limites do Índice de Entalpia de Conforto (IEC) indicados por cores....	50
Tabela 10 - Estatística descritiva básica para os dados de Temperatura Retal (TR), Frequência Respiratória (FR) e Temperatura Superficial da pele (TS).....	51
Tabela 11 - Análise de variância para os dados de Temperatura Retal (TR), Frequência Respiratória (FR) e Temperatura Superficial da pele (TS).....	51
Tabela 12 - Médias dos valores para as variáveis fisiológicas: Temperatura Retal (TR), Frequência Respiratória (FR) e Temperatura Superficial da pele (TS) de vacas leiteiras mestiças de dois grupos genéticos.....	52
Tabela 13 - Médias e valores máximos e mínimos para a variável fisiológica Frequência Respiratória (FR) de vacas leiteiras mestiças.....	53
Tabela 14 - Valores e médias do Índice de Temperatura e Umidade (ITU), Temperatura Retal (TR) e Frequência Respiratória (FR) para todos os dias de experimento.....	54
Tabela 15 - Médias da variável fisiológica Temperatura Superficial (TS) de vacas leiteiras mestiças.....	55

Tabela 16 - Estatística descritiva básica para os dados de Temperatura Superficial do Úbere (TSU).....	57
Tabela 17 - Análise de variância para os dados de Temperatura Superficial do Úbere (TSU).....	57
Tabela 18 - Média da Temperatura Superficial do Úbere (TSU) de vacas mestiças com e sem mastite.....	57
Tabela 19 - Precipitação normal observada e desvio para os meses de janeiro a maio de 2013 no município de Beberibe - CE.....	60
Tabela 20 - Valores e médias da Temperatura do Ar (TA) e Umidade Relativa do ar (UR) nos períodos da manhã e da tarde na área coberta da instalação em todos os dias de experimento.....	61
Tabela 21 - Estatística descritiva básica dos dados de produção de leite comparando os grupos e os dias de experimento.....	64
Tabela 22 - Análise de variância dos dados de produção de leite comparando os grupos e os dias de experimento.....	65
Tabela 23 - Média da produção semanal de leite de vacas mestiças (<i>Bos taurus x Bos indicus</i>) de dois grupos genéticos no período de abril a maio de 2013.....	65
Tabela 24 - Média da produção semanal de leite por vaca e em cada dia de experimento.....	65

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ITGU	Índice de temperatura de globo e umidade
ITU	Índice de temperatura e umidade
IEC	Índice Entalpia de Conforto
BST	Somatotropina bovina
FUNCENE	Fundação Cearense de Meteorologia e recursos hídricos
ANOVA	Análise de variância

LISTA DE SÍMBOLOS

%	Porcentagem
°C	Graus Celsius
K	Graus Kelvin
μ	Micro
h	Entalpia
ε	Emissividade
©	Copyright
®	Marca Registrada

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 Objetivo geral.....	14
1.2 Objetivos específicos	14
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	15
2.1 A Bovinocultura leiteira no Brasil e os desafios climáticos	15
2.2 O estresse térmico e a termorregulação	17
2.3 Alterações fisiológicas e comportamentais em resposta ao estresse térmico por calor	21
2.3.1 Alterações fisiológicas.....	21
2.3.1.1 Frequência Respiratória e Temperatura Retal.....	21
2.3.1.2 Temperatura Superficial da pele e taxa de sudação.....	24
2.3.2 Alterações comportamentais	30
2.4 Bem-estar dos bovinos leiteiros nos trópicos	31
3 MATERIAL E MÉTODOS	34
3.1 Variáveis ambientais	37
3.2 Variáveis fisiológicas	40
3.3 Variáveis comportamentais	42
3.4 Dados de produção	43
3.5 Análise estatística	43
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	44
4.1 Variáveis ambientais	44
4.2 Variáveis fisiológicas	51
4.3 Avaliação comportamental	59
4.4 Análise produtiva.....	64
5 CONCLUSÃO	67
REFERÊNCIAS.....	67

1 INTRODUÇÃO

A preocupação dos produtores e pesquisadores com o bem-estar animal no Brasil, apesar de ainda pequena, se encontra em uma curva ascendente. A exigência dos consumidores, principalmente do mercado Europeu, vem fazendo com que haja uma maior atenção para essa área.

Resultados recentes de pesquisas relataram que proporcionar boas condições de bem-estar aos animais, além de ser uma atitude ética, pode gerar também um incremento da produção. Na bovinocultura leiteira isso vem sendo observado, já que bovinos leiteiros são animais extremamente sensíveis a variações ambientais e bastante suscetíveis ao estresse.

Diversos fatores do ambiente de criação podem causar estresse aos bovinos. Dentre esses fatores, as variações climáticas ganharam bastante atenção nas regiões de clima tropical. Na estação seca, a falta de água em algumas regiões prejudica a produção de alimentos, o que aumenta o custo de produção. Já na estação chuvosa, a alta Umidade Relativa do ar associada a altas temperaturas e ao grande acúmulo de lama nas instalações prejudica as perdas de calor por evaporação fazendo com que o animal fique em situação de estresse por calor, além de aumentar a incidência de mastite.

No estado do Ceará, há um grande número de produtores de pequeno porte no setor leiteiro, contudo os produtores de médio a grande porte são responsáveis pela produção de grande quantidade de leite, além de produzirem leite de maior qualidade e tornarem a atividade mais profissional. Esses produtores, em sua maioria, criam as vacas em sistema intensivo de confinamento e precisam fornecer, além de sombra, um ambiente limpo e seco para os animais. Para isso, é necessário um planejamento adequado das instalações.

Os pesquisadores da área de bem-estar animal buscam, através das respostas do animal, identificar se as instalações proporcionam conforto aos animais. Índices de conforto térmico, mensuração de variáveis fisiológicas e observações comportamentais são ferramentas muito utilizadas nas pesquisas na área de ambiência para avaliar a situação térmica do ambiente e dos animais.

Uma boa instalação deve proporcionar ao bovino um ambiente agradável, livre da incidência solar direta, ventilado, seco e com espaço suficiente para todos os animais deitarem e comerem, minimizando a competição. Contudo, muitas instalações não são projetadas de acordo com a região onde serão implantadas, mas sim, com base em instalações construídas em outros locais com condições diferentes e a partir daí, os problemas com a ambiência surgem.

Assim, é provável que as instalações utilizadas para bovinos leiteiros em regiões de clima tropical não sejam adequadas às condições climáticas locais e não cumpram sua função de proporcionar as condições ideais para a criação, fazendo com que os animais fiquem em situação de estresse.

Pode-se afirmar então que, um dos grandes desafios para os criadores de bovinos leiteiros em confinamento, é proporcionar conforto térmico durante todo o ano aos animais. Pois, se chover pouco na estação chuvosa, os custos com alimentação serão maiores, em contrapartida, se chover demais, surgirão os problemas de ambiência e sanidade que poderão fazer com que a produção diminua e os custos aumentem.

1.1 Objetivo geral

Objetivou-se verificar avaliar as respostas termorreguladoras e o ambiente térmico de criação de vacas leiteiras mestiças (*Bos taurus taurus* x *Bos taurus indicus*) criados em confinamento no estado do Ceará durante o período chuvoso.

1.2 Objetivos específicos

- Avaliar a temperatura e a Umidade Relativa do ar dentro e fora da instalação;
- Comparar a evolução dos índices de conforto térmico dentro da instalação;
- Avaliar as respostas dos animais ao ambiente pelos parâmetros fisiológicos, Temperatura Retal, Frequência Respiratória e Temperatura Superficial;
- Avaliar as respostas dos animais ao ambiente através dos parâmetros comportamentais;
- Avaliar a produção de leite.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A Bovinocultura leiteira no Brasil e os desafios climáticos

Nos últimos 20 anos, a produção brasileira de leite mais que dobrou, sendo o crescimento de 103,1%, quando a produção passou de 15,1 bilhões em 1991 para 30,7 bilhões de litros de leite produzidos em 2010. Estima-se que cerca de dois terços do território brasileiro esteja situado na faixa tropical do planeta onde a Temperatura do Ar é elevada em consequência da grande quantidade de radiação solar incidente, contudo a produtividade dos rebanhos leiteiros nas regiões de clima tropical tem aumentado consideravelmente. E à medida que a produção leiteira cresce, os desafios no setor tendem a crescer também (AYOADE, 1991; ANUÁRIO DO LEITE, 2012).

Um fator que contribuiu bastante para esse crescimento foi a introdução de raças especializadas originárias de clima temperado. Entretanto, observa-se que os animais dessas raças têm apresentado características diferentes das características apresentadas pelos animais da mesma raça em seu país de origem. Geralmente, esses animais demonstram perdas nas aptidões raciais e produtivas, pois, por serem animais altamente produtivos, possuem metabolismo intenso, com produção de grandes quantidades de calor endógeno, portanto, bastante suscetíveis ao estresse térmico (MATARAZZO, 2004; IZUEL, 2012).

Os climas tropicais são caracterizados pela ausência da estação fria e uniformidade das temperaturas durante o ano, assim, as estações do ano são usualmente baseadas no volume e na distribuição das precipitações em secas e úmidas. Visto que as condições climáticas exercem influência direta sobre os animais domésticos, afetando suas funções físicas normais para que os animais possam sobreviver em determinada zona climática, eles devem estar fisiologicamente ajustados a mesma (AYOADE, 1991). Assim, a procura por raças com maior potencial produtivo para essas regiões, como as raças zebuínas e por cruzamentos *bos taurus taurus x bos taurus indicus* tem aumentado consideravelmente (SOUZA et al., 2007).

Todos os animais, em particular todas as raças de animais, têm suas exigências climáticas ótimas para assegurar um crescimento e um desenvolvimento máximo. Animais ruminantes, no caso os bovinos, produzem quantidades consideráveis de calor endógeno devido à digestão microbiana no rúmen, e são, por conseguinte, mais propensos ao estresse por calor do que ao estresse pelo frio (AYOADE, 1991; PHILLIPS, 2001). Assim, pode-se dizer que os bovinos leiteiros nas regiões de clima tropical enfrentam situações de estresse durante grande parte do ano.

Mesmo com todo o crescimento no volume de leite produzido no Brasil na década de 90, para a região nordeste essa década pode ser considerada uma década improdutiva para a atividade leiteira, pois a região foi afetada bruscamente pelas secas ocorridas entre os anos de 1993/1994 e 1997/1998. Nesse período, o crescimento da produção na região foi de apenas 5,6% (ANUÁRIO DO LEITE, 2012).

Apesar de o problema da seca afetar bastante a produção de alimentos no Nordeste e consequentemente a produção de leite, do ponto de vista da ambiência animal, as épocas de chuvas é que trazem mais desafios. Em diversas regiões do Nordeste, é comum encontrarmos altas temperaturas associadas à Umidade Relativa do ar elevada durante a estação chuvosa, o que compromete o bem estar do animal, pois prejudica as perdas de calor por transpiração e respiração, sendo essas as mais eficientes em ambientes quentes.

A umidade tem um papel importante para a produção animal, influenciando a sensação térmica dos animais, porque o calor pode ser tolerável com uma taxa de umidade baixa, mas não é tolerável quando a umidade é alta (MOURA *et al.*, 2010). Além disso, o acúmulo de lama nos currais devido às chuvas também pode influenciar, afetando o comportamento natural dos animais, bem como os aspectos sanitários.

Apesar de ter uma extrema importância para a produção animal, o conhecimento científico na área de bem-estar animal ainda é recente, e o investimento em pesquisas se faz necessário. Contudo, os pontos críticos fundamentais que limitam a qualidade de vida dos bovinos encontram-se relatados, sendo assim possível melhorar as condições de bem-estar dos animais utilizados para produção de alimentos (MOLENTO E BOND, 2008).

Determinar se o animal está em ambiente ótimo ou estressante é de fundamental importância para a eficiência econômica da exploração. Desta forma, torna-se necessário avaliar o desempenho produtivo, fisiológico e comportamental do animal em um dado ambiente (MATARAZZO, 2004).

2.2 O estresse térmico e a termorregulação

O estresse é caracterizado pela soma dos mecanismos de defesa do organismo para manter o equilíbrio fisiológico em resposta a um estímulo provocado por um agente estressor, externo ou interno. O ambiente é composto por variáveis, como a Temperatura do Ar, Umidade Relativa do ar, radiação solar e ventilação que, juntamente com a temperatura corporal do animal, interagem podendo causar estresse por frio ou por calor. Dependendo da intensidade e duração do agente estressor, o resultado pode ser decréscimo na produção de leite e distúrbios reprodutivos (HANH, 1993).

De acordo com Curtis (1983), processos vitais e produtivos do animal homeotérmico requerem uma temperatura relativamente constante ao corpo, e para que a temperatura do corpo de um animal permaneça absolutamente constante, não pode haver nenhuma alteração no teor de calor ao longo do tempo. No decorrer de um dia, o excesso de calor gerado ou ganho deve ser perdido, e qualquer excesso de calor perdido deve ser substituído metabolicamente ou recuperado de alguma forma. Assim, os animais resistem a ambientes quentes e frios por meios fisiológicos, anatômicos e comportamentais, alterando as taxas de produção, ganho, perda e armazenamento de calor.

Essas alterações fazem parte do conjunto de sistemas de regulação da temperatura corporal (termorregulação), assim como os mecanismos de transferência de calor. Mas apesar de serem o meio natural de controle da temperatura do organismo e de extrema importância para manutenção do bem-estar dos animais em climas quentes, representam esforço extra e, consequentemente, alteração na produtividade (MARTELLO *et al.*, 2004).

Os bovinos, assim como todos os animais homeotérmicos, possuem uma zona de termoneutralidade. Baccari Jr em 1998 definiu essa zona como sendo a

faixa de temperatura ambiente efetiva, na qual a vaca se encontra em conforto térmico, isto é, não sofre estresse pelo frio nem pelo calor, sendo o custo fisiológico mínimo e a retenção de energia da dieta máxima. Afirma ainda que nessa zona a produção é ótima, pois a temperatura corporal e o apetite são normais, permitindo que a energia do organismo seja dirigida para os processos produtivos.

Os limites da zona de termoneutralidade são a temperatura crítica inferior e superior, e esses limites, para os bovinos, variam bastante na literatura. Segundo McDowell (1972), a temperatura mais confortável para bovinos leiteiros está entre 5 e 25 °C, já para Nääs (1998) os limites de temperaturas admissíveis pra vacas em lactação estão entre 4 e 24 °C, podendo variar para de 7 a 21 °C, dependendo da Umidade Relativa do ar e radiação solar, e para zebuíños, a temperatura crítica superior se estende para valores entre 30 e 35 °C (BIANCA, 1965). No caso, os mestiços, Pereira (2005) os considera como sendo geneticamente intermediários entre taurinos e zebuíños, admitindo temperaturas ideais as que se situam entre 5 e 31 °C.

De acordo com Curtis (1983) os animais perdem calor para o ambiente através de quatro modos de transferência de energia, que são: radiação, convecção, condução e evaporação da água. Os fluxos de calor radiativos, convectivos e condutivos podem ser detectados com um termômetro, assim, são conhecidos como forma sensível de fluxo de calor e ocorrem quando há um gradiente de temperatura, o que nem sempre acontece em nossas condições. Entretanto, quando esse diferencial existe, a vaca transfere calor para o ambiente mais frio. Já a evaporação ocorre pelo trato respiratório e as superfícies da pele e requer um gradiente de pressão de vapor, e não um gradiente térmico. O calor é absorvido pela temperatura da água e não desaparece, ele simplesmente se torna oculto ou latente. Assim, a evaporação é conhecida como forma latente de fluxo de calor.

Assim como outros animais homeotérmicos, com a elevação da temperatura ambiente, os bovinos aumentam as perdas de calor por evaporação, e as perdas de calor sensível diminuem (PHILLIPS, 2001). Quando o animal se encontra um pouco fora da sua zona de termoneutralidade, os processos não evaporativos de transferência de calor são suficientes, já nas zonas de temperaturas

críticas, são necessárias alterações fisiológicas para que o animal possa se adaptar à situação.

Machado (1998) enfatizou que o mecanismo de perda por evaporação é de grande importância em temperaturas superiores a 28 °C, sendo que a partir dessa temperatura, 85% das perdas se dão por esse mecanismo. Com o aumento da temperatura ambiente, o hipotálamo responde induzindo o animal a uma série de respostas físicas como o aumento de fluxo sanguíneo periférico, o que aumenta a Temperatura Superficial da pele e a polipnéia. Como consequência, o animal perde quantidade expressiva de água juntamente com eletrólitos.

Para avaliar o conforto térmico dos animais é necessário também o estudo da Umidade Relativa do ar (UR), já que a sensação térmica está bastante relacionada com essa variável. A Umidade Relativa do ar pode ser definida como a razão entre a pressão do vapor d'água na atmosfera e a pressão do vapor d'água saturado (PEREIRA, 2005). É uma variável de difícil controle, porque é muito influenciada pelas outras variáveis. Por exemplo, se a Temperatura do Ar se eleva, a Umidade Relativa do ar diminui, e se a velocidade dos ventos for grande, a Umidade Relativa do ar diminui.

Apesar de não ter limites tão definidos e depender bastante dos valores de temperatura e ventilação, a UR pode ter uma influência direta na sensação de conforto, já que quando a umidade é alta, a evaporação se processa lentamente e esta limita a capacidade de perda de calor corporal para o ambiente (PEREIRA, 2005).

Assim, para avaliar essas variáveis que tanto influenciam no bem-estar, foram desenvolvidos alguns índices de conforto térmico, os quais relacionam a Temperatura do Ar com outras variáveis visando obter resultados mais significativos.

Os índices de conforto térmico são utilizados em avaliações ambientais para quantificar e caracterizar as zonas de conforto adequadas às diferentes espécies de animais. Estes abrangem os fatores que caracterizam o ambiente térmico ao qual os animais estão expostos, bem como o estresse que tal ambiente pode causar aos mesmos (BARBOSA FILHO, 2008).

O índice de temperatura e umidade (ITU) é um indicador que associa a temperatura ambiente à Umidade Relativa do ar (MACHADO, 1998) e é obtido através de fórmulas que já foram bastante atualizadas e modificadas por diversos autores. Uma classificação para os valores de ITU foi definida por Hahn em 1982, na qual valores iguais ou menores que 72 unidades expressam a condição de conforto térmico para o animal; entre 73 e 78 seria o limite crítico; entre 79 e 83 expressa situação de perigo e acima de 83 indica situação de emergência.

Outro índice de conforto que pode ser usado para bovinos é o Índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU), que foi desenvolvido por Buffington *et al.* (1981). Esse índice utiliza a temperatura de globo negro em K, que necessita dos valores de temperatura de bulbo seco, Umidade Relativa do ar, velocidade do ar e a radiação solar para seu cálculo. Pode ser considerado um índice mais completo que o ITU.

Um índice de conforto mais recente é o Índice de Entalpia de Conforto (IEC). Por definição, a Entalpia é a energia do ar úmido por unidade de massa de ar seco (kJ/kg de ar seco), ou seja, é uma variável física que indica a quantidade de energia contida em uma mistura de vapor d'água. Portanto, nos casos de alteração na umidade relativa, para uma mesma temperatura, a energia envolvida nesse processo se altera, e como consequência, as trocas térmicas no ambiente serão alteradas. O mesmo tem sido proposto como um índice bastante adequado para avaliar o ambiente interno de instalações, isso porque é um índice que depende diretamente da temperatura e da Umidade Relativa do ar e expressa a quantidade de energia presente no ambiente. Sendo assim, de maneira geral, quanto maior o valor da Entalpia, maior a quantidade de energia (calor) existente no ar seco (ambiente) (BARBOSA FILHO, 2004; BARBOSA FILHO, 2008).

Contudo, já que a carga térmica do animal é constituída pelo calor produzido internamente mais o calor fornecido pelo ambiente (MACHADO, 1998), deve-se ressaltar que essa classificação pode variar de acordo com a raça e o nível de produção do animal, pois quanto mais produtivo for o animal, mais calor endógeno será gerado e mais suscetível ao estresse por calor o animal será.

A termorregulação nos animais tem sido extensivamente estudada em câmaras climáticas e calorímetros, nos quais as condições ambientes podem ser facilmente controladas. Entretanto, o ambiente externo no qual os animais vivem é

mais complexo, pois fatores como velocidade do vento, radiação, temperatura e umidade do ar modificam-se continuamente, e alterações em uma ou outra dessas variáveis podem causar mudanças significativas em todos os componentes do balanço térmico (SILVA, 1999).

2.3 Alterações fisiológicas e comportamentais em resposta ao estresse térmico por calor

2.3.1 Alterações fisiológicas

Juntamente com as respostas comportamentais, as respostas fisiológicas são fundamentais em manter a temperatura corporal de animais homeotérmicos dentro dos limites (SOUZA, 2007). Baccari Jr (1986) afirmou que a Temperatura Retal e a Frequência Respiratória são as melhores referências fisiológicas para estimar a tolerância dos animais ao calor. Assim, animais que apresentam menor aumento na Temperatura Retal e menor Frequência Respiratória são considerados mais tolerantes ao calor. Contudo, observarmos em experimentos a medição de outras variáveis importantes como, taxa de sudação e temperatura da pele.

2.3.1.1 Frequência Respiratória e Temperatura Retal

A manutenção da temperatura corporal é determinada pelo equilíbrio entre a perda e o ganho de calor, já a carga térmica é formada pelo calor produzido internamente mais o calor ambiental. Ou seja, o calor necessário para manter a temperatura corporal dos animais deriva do metabolismo e da absorção da radiação solar, direta ou indireta, enquanto a temperatura corporal depende do equilíbrio entre o calor produzido e o liberado para o ambiente (MACHADO, 1998; BACCARI JR., 1987).

A referência fisiológica da temperatura corporal do animal é obtida mediante a mensuração da Temperatura Retal (FERREIRA et al., 2006). A Temperatura Retal considerada normal para mamíferos segundo Curtis (1983) é de 39 °C, já para Robertshaw (2006) valores entre 38,0 a 39,3 °C são considerados

normais para bovinos, segundo Robinson (1999) os valores podem variar de 38,1 °C a 39,1 °C para bovinos de raças especializadas para corte e de 38,0 °C a 39,3 °C para bovinos leiteiros.

Em situação de estresse térmico, a Frequência Respiratória começa a elevar-se antes da Temperatura Retal (BIANCA, 1965), a qual também está sujeita a variações intrínsecas e extrínsecas, assim como a Temperatura Retal. A Frequência Respiratória considerada dentro dos limites fisiológicos para bovinos, na qual não há estresse nenhum, está entre 24 e 36 movimentos por minuto, valores situados acima destes limites são indicativos de situação de estresse por calor (CURTIS, 1983; FERREIRA *et al.*, 2006). Valores diferentes foram sugeridos por Hahn *et al.* (1997), nos quais a frequência de 60 movimentos por minuto indicaria animais com ausência de estresse térmico ou estresse mínimo e a frequência ultrapassando 120 movimentos por minuto refletiria carga excessiva de calor.

Damasceno *et al.* (1998) observaram que vacas da raça holandesa alojadas em um abrigo sem proteção, onde a área de descanso recebia raios solares diretamente durante algumas horas da manhã e da tarde (temperatura média de 25 °C) apresentaram, no período da tarde, Temperatura Retal de 40,1 °C e Frequência Respiratória de 89 movimentos por minuto, enfatizando a grande sensibilidade dos animais europeus às elevadas temperaturas. Entretanto, Barca Jr *et al.* (2010), em um estudo comparativo entre animais dos grupos genéticos Girolando e Holandês variedade preto e branca, observaram que as médias dos valores da Temperatura Retal e Frequência Respiratória dos grupos genéticos não diferiram entre si estatisticamente.

Buscando comprovar a maior adaptabilidade dos animais zebuínos às altas temperaturas, Souza *et al.* (2007) avaliaram animais da raça Sindi e observaram que em condições de Temperatura do Ar variando entre 24 °C (mínima) e 38,21 °C (máxima) os animais conseguiram manter os valores de Temperatura Retal (38,6 °C) e Frequência Respiratória (28 movimentos por minuto) dentro dos limites fisiológicos, demonstrando um alto índice de tolerância ao calor.

Os animais mestiços também podem apresentar melhores respostas em regiões de clima tropical, Silva *et al.* (2009), estudando animais da raça Pitangueiras em ambiente com valores médios de ITU de 78, observaram que a média dos valores de Temperatura Retal foi de 38,9 °C e a média dos valores de Frequência

Respiratória foi de 52 movimentos por minuto, o que indica estresse mínimo. Podendo-se afirmar que o pequeno aumento na Frequência Respiratória possibilitou às vacas manterem a Temperatura Retal dentro da variação fisiológica normal, demonstrando a boa adaptabilidade da raça ao calor.

Morais *et al.*(2008) realizaram um estudo no município de Quixeramobim, sertão central do Ceará, cuja temperatura média anual é de 27,1 °C e Umidade Relativa do ar em torno de 67%. Foram utilizados três rebanhos, sendo o rebanho 1 constituído de animais mestiços Holandês × SPRD (sem padrão racial definido), com proporção da raça Holandesa variando de $\frac{7}{8}$ a $\frac{31}{32}$; o rebanho 2 formado por animais mestiços Holandês × Zebu, com proporção da raça Holandesa variando de $\frac{7}{8}$ a $\frac{31}{32}$ e o rebanho 3 composto por animais obtidos a partir de cruzamento absorvente, usando como raça base a Guzerá, com grande número de animais $\frac{15}{16}$ e $\frac{31}{32}$ Holandês. Os autores constataram que o efeito do rebanho foi significativo para todas as variáveis, e todas as médias de Frequência Respiratória foram mais altas que as consideradas normais para vacas adultas. As médias de FR do rebanho 1 foram maiores que as dos rebanhos 2 e 3, demonstrando que neste primeiro rebanho os animais tiveram maior necessidade de dissipar calor, que pode ser devido ao conjunto de atributos físicos e fisiológicos desses animais, como características de pelame e secreção de hormônios calorigênicos.

Azevedo *et al.* (2005) constataram que a Frequência Respiratória evidenciou ser melhor indicador de estresse térmico que a Temperatura Retal. Em experimento realizado em Coronel Pacheco – MG, utilizando três grupos genéticos (vacas $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$ e $\frac{7}{8}$ Holandês-Zebu), observaram que, considerando-se variação normal de Temperatura Retal entre 38 e 39 °C foram estimados valores críticos superiores de índice de temperatura e umidade entre 80 e 75. Já com base na Frequência Respiratória normal de 60 movimentos por minuto, estimaram-se valores críticos superiores de índice de temperatura e umidade entre 79 e 76. Os resultados indicaram que a Frequência Respiratória ficou afetada com índices de temperatura e umidade menores que os da Temperatura Retal, concordando com a afirmação de Bianca (1965), que em situação de estresse térmico, a Frequência Respiratória começa a se elevar antes da Temperatura Retal.

Ainda comprovando essa afirmação, Souza *et al.* (2010) observaram que, em local com temperatura ambiente entre 31 e 35 °C, animais das raças Girolando,

Holandês e Tricross-Jersey apresentaram Temperatura Retal de 39,3 °C, 39,3 °C e 39,2 °C, respectivamente e Frequência Respiratória acima de 40 movimentos por minuto. Considerando como Frequência Respiratória normal valores entre 24 e 36 movimentos por minuto, os autores puderam afirmar que os animais conseguiram manter a temperatura corporal estável utilizando a termólise respiratória.

Experimentos realizados por Ferreira *et al.* (2006) em câmara bioclimática mostraram que as médias de Temperatura Retal no período da manhã normalmente ficavam dentro do considerado normal, contudo, no período da tarde, os valores de Temperatura Retal eram superiores a 40 °C, indicando que o armazenamento de calor pelo aumento da temperatura corporal da manhã para tarde resulta em hipertermia. Situação parecida ocorreu com a Frequência Respiratória, que no período da manhã ficou dentro dos limites fisiológicos e à tarde se apresentou muito maior que o limite estabelecido (maior que 120 movimentos por minuto).

2.3.1.2 Temperatura Superficial da pele e taxa de sudação

A temperatura de um animal é mais elevada internamente e vai diminuindo até sua periferia (pele e pelos), formando um gradiente térmico do interior para a parte mais externa do corpo. A temperatura da pele é influenciada pela atividade microcirculatória, que é controlada pelo sistema neurovegetativo simpático, e também pela produção de calor, que é gerada nos tecidos internos e conduzida para a superfície. As mudanças de temperatura ocasionam alterações na circulação da camada dérmica e não muito abaixo dela, com profundidade geralmente de até 6 milímetros (BACCARI JR, 2001; BRIOSCHI *et al.*, 2007).

A evaporação cutânea funciona como mecanismo de dissipação de calor e depende de fatores como a pelagem, cor da pele, porte do animal, concentração de sangue e outros fatores. Animais com pelos longos, crespos e densos, podem ter uma maior dificuldade em dissipar calor, pois essas características reduzem a movimentação do ar sobre a superfície cutânea e diminuem a eliminação do calor corporal (PEREIRA, 2005). Assim, a Temperatura Superficial da pele pode variar com a raça e a idade do animal. Entretanto, em experimento utilizando fêmeas cruzadas Nelore-Hereford em Naviraí, estado de Mato Grosso do Sul, Bertipaglia

(2007) não observou nenhum efeito importante das características do pelame sobre a taxa de sudação. As condições de temperatura e umidade do ar, assim como a carga térmica radiante foram os principais fatores que afetaram a capacidade de sudação dos animais.

Em bovinos, as glândulas sudoríparas podem ser amplamente classificadas como grandes e largas; pequenas, tubulares, e enroladas; ou de tamanho intermediário e claviformes. As glândulas sudoríparas são maiores e ficam mais próximas da superfície da pele em animais zebuínos, diferentemente do gado europeu e dos animais mestiços (*Bos taurus x Bos indicus*), que ficam em posição intermediária. Em zebuínos a densidade das glândulas sudoríparas é maior, cerca de 1600 cm², enquanto no gado europeu é de cerca de 800 cm². Assim, além do posicionamento das glândulas, a densidade das mesmas é determinada geneticamente e tem uma alta hereditariedade (CURTIS, 1983).

Da mesma forma afirmaram Carvalho et. al (1995) em experimento avaliando a termorregulação e morfologia epitelial de animais *bos taurus* (provenientes do Canadá e Europa) e animais *bos indicus* no Brasil, onde as temperaturas flutuaram entre 23 e 45 °C, com 60 a 65% de Umidade Relativa do ar, encontrando valores médios de perímetro das glândulas sudoríparas e número de estratos epiteliais respectivamente de $382,0 \pm 27 \mu\text{m}$ e $7,15 \pm 0,12$ para animais *bos taurus* e $540,5 \pm 19,1 \mu\text{m}$ e $14,93 \pm 0,12$ para animais *bos indicus*.

A tolerância fisiológica ao calor é diretamente relacionada à densidade das glândulas sudoríparas e à taxa de sudorese em bovinos. Entretanto, apesar de zebuínos terem maiores e mais glândulas sudoríparas, eles têm taxas de transpiração apenas ligeiramente superiores às do gado europeu em condições de estresse por calor (CURTIS, 1983). As referências fisiológicas para mensurar as perdas de calor de forma latente são a Temperatura Superficial da pele e a taxa de sudação.

Para avaliação da taxa de sudação uma técnica bastante utilizada é a que foi desenvolvida por Schleger e Turner (1965). O método se baseia na contagem de tempo para que discos de papel impregnados com solução de cloreto de cobalto a 10% mudem sua cor de azul violeta para o róseo claro. A taxa de transpiração ou sudação máxima (média ao longo da superfície do corpo) é muito maior nos bovinos

quando comparados aos ovinos, sendo de 200 g/m²/h para bovinos e 30 g/m²/h para ovinos (CURTIS, 1983).

Pires *et al.* (2004), estudando vacas mestiças de três grupos genéticos ($\frac{1}{2}$ HZ, $\frac{3}{4}$ HZ, $\frac{7}{8}$ HZ) em altas temperaturas ambiente no Campo Experimental de Coronel Pacheco – MG, constataram que as vacas mestiças $\frac{1}{2}$ sangue são eficientes em dissipar calor via sudorese, pois nas mesmas condições, os animais $\frac{3}{4}$ e $\frac{7}{8}$ permanecem sob ação do estresse calórico (Tabela 1).

Tabela 1 - Médias da Temperatura Retal (TR) e Taxa de sudação (TS), de três grupos sanguíneos, no período da tarde, durante o verão.

Grau de sangue	Verão	
	TR (°C)	TS (g/m ² /h)
$\frac{1}{2}$	38,8	182,5
$\frac{3}{4}$	39,4	144,0
$\frac{7}{8}$	39,6	129,9

Fonte: Adaptado de Pires *et al.* (2004)

Ferreira *et al.* (2009) estudando bovinos mestiços (zebu x holandês) em câmara bioclimática, na qual o ITU era de 83, encontraram uma taxa de sudação média de 231,01 g/m²/h. O valor encontrado foi maior que o citado por Curtis (1983), o que pode ser explicado pelos autores pelo fato de que à medida que a temperatura corporal aumenta, a sudorese também aumenta para evitar o acúmulo excessivo de calor no organismo. As temperaturas ambientes estressantes e o alto valor de ITU encontrado podem ter ocasionado perdas hídricas pela sudorese. Essas perdas hídricas, quando não repostas adequadamente, podem levar à desidratação, além disso, a capacidade termorregulatória insuficiente em ambiente quente e úmido representa risco para a homeostase.

Comprovando a afirmação de Ferreira *et al.* (2009), Sousa Jr. *et al.* (2008), em um estudo utilizando vacas mestiças no município de Sobral no estado do Ceará, relataram a variação dos valores de algumas variáveis nos turnos da manhã e da tarde em duas épocas do ano (Tabela 2). Os autores observaram, no período chuvoso, à tarde, valores mais elevados das variáveis climáticas, um maior aquecimento corporal dos animais e redução da termólise evaporativa cutânea.

Tabela 2 - Variáveis fisiológicas de bovinos mestiços nos turnos da manhã e da tarde dos períodos chuvoso e seco no estado do Ceará.

Variáveis	Período chuvoso (abril – junho)		Período seco (outubro – dezembro)	
	9:00 h	15:00 h	9:00 h	15:00 h
Temperatura do Ar (°C)	28,10	30,20	32,30	35,70
Umidade Relativa do ar (KPa)	2,92	2,86	2,28	2,34
Temperatura Retal (°C)	39,1 ± 0,06	40,4 ± 0,12	39,0 ± 0,09	39,6 ± 0,08
Frequência Respiratória (movimentos por minuto)	48 ± 8,7	53 ± 9,3	41 ± 8,8	48 ± 7,5
Taxa de sudação (g/m ² /h)	154,9 ± 7,4	174,9 ± 8,2	221,2 ± 7,2	346,4 ± 7,5

Adaptado de Sousa Jr. et al. (2008)

A temperatura da pele reflete o teor de calor na pele e é determinada pelas taxas com que o calor atinge e deixa esta estrutura. Relacionando a temperatura da pele de bovinos à temperatura do ambiente, tem-se que em um ambiente com temperatura entre 25 e 30 °C (Umidade Relativa do ar de 65%) a temperatura da pele fica entre 36 e 38 °C (CURTIS, 1983).

Para a avaliação da Temperatura Superficial da pele são utilizados equipamentos como termômetros de infravermelho e mais recentemente a termografia de infravermelho. Brioschi *et al.* (2007), definiram o raio infravermelho como sendo uma radiação não visível do espectro eletromagnético com comprimento de onda entre 0,75 a 100 μm. Emitido por todos os corpos acima de -273 °C, zero absoluto, esses raios indicam o grau de agitação molecular, que dependendo da sua intensidade de potência, podem ser percebidos pelas terminações nervosas da pele. Afirmaram ainda que o exame de imagem infravermelho é um método que, por meio de uma câmera especial, capta radiação infravermelha longa emitida pelo corpo na faixa de 6 a 15 μm, proporcionando uma imagem da distribuição térmica da superfície cutânea.

Arcaro Júnior *et al.* (2005) avaliaram os parâmetros fisiológicos de vacas Holandesas criadas no município de Nova Odessa - SP, sob ITU 73, considerando limite crítico. As variáveis coletadas foram: Temperatura Retal, Frequência Respiratória e temperatura da pele na cabeça, dorso e glândula mamária do animal

por meio de um termômetro de infravermelho. Os autores constataram que mesmo com ITU considerado crítico, as médias dos valores de Temperatura Retal ($37,8^{\circ}\text{C}$) e Frequência Respiratória (48 movimentos por minuto) permaneceram dentro do limite fisiológico, bem como as temperaturas da pele na cabeça ($31,2^{\circ}\text{C}$), dorso ($33,5^{\circ}\text{C}$) e glândula mamária ($33,8^{\circ}\text{C}$).

Azevedo *et al.* (2005) avaliaram animais de três grupos genéticos ($\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$ e $\frac{7}{8}$ Holandês-Zebu) na região de Coronel Pacheco – MG. No estudo, a temperatura de superfície corporal foi medida por meio de um termômetro infravermelho nas áreas claras e escuras da parte dianteira e traseira (animais malhados de preto e branco) e nas partes dianteira e traseira dos animais de pelame com coloração uniforme. Os autores constataram uma correlação positiva entre a Temperatura Superficial e as variáveis de Temperatura Retal e Frequência Respiratória. Isso sugere que os animais absorveram calor ambiental e que a consequente elevação na temperatura da pele ativaría o mecanismo homeostático. Observou-se também que a Temperatura Superficial dos animais $\frac{1}{2}$ HZ foi ligeiramente superior às encontradas nos $\frac{3}{4}$ e $\frac{7}{8}$ HZ, provavelmente em razão da cor mais escura da pelagem desse grupo genético. Os animais do experimento atingiram valores de Temperatura Superficial acima de 40°C em valor de ITU igual a 81, podendo-se considerar esse valor de ITU como crítico.

Silva (1999) relatou as vantagens de uma epiderme altamente pigmentada, afirmando que a transmissão de radiação ultravioleta através da epiderme é consideravelmente maior no caso de epiderme e pelame brancos que em outras combinações, sendo sempre menor quando a epiderme é pigmentada. Afirmou também que a proteção contra a radiação ultravioleta depende ainda da posição dos pelos em relação à superfície da epiderme, sendo maior para pelos assentados e com inclinação menor que 40° . Assim, o tipo de bovino ideal para regiões tropicais seria aquele com uma capa de pelame branco, com pelos bem assentados, sobre uma epiderme altamente pigmentada. Diante disso, o autor recomendou que, para regimes de manejo a pasto, deve-se dar preferência a animais predominantemente negros, proporcionando sombra suficiente na pastagem, já se o regime for de estabulação, animais predominantemente brancos serão mais vantajosos.

Navarini *et. al.* (2009), em um experimento realizado no município de Diamante D'Oeste, Estado do Paraná, avaliaram a Temperatura Superficial de fêmeas da raça Nelore, por meio de termômetro de infravermelho. As medidas foram tomadas na região do dorso dos animais, e foram encontrados valores médios de temperatura da superfície corporal para três valores de ITU, os quais foram de 35,2 °C com ITU de 76 em piquete com árvores isoladas, 34,3 °C com ITU de 78 em piquete com pequenos bosques e 34,7 °C com ITU de 80 em piquete sem nenhum sombreamento.

Ferreira *et al.* (2009), estudando animais em câmara bioclimática, na qual o ITU era de 83, avaliaram a temperatura de superfície corporal de bovinos mestiços (zebu x Holandês) em quatro pontos do corpo (cabeça, cernelha, virilha e canela), utilizando-se termômetro de infravermelho, as médias dos valores encontrados foram bem menores no período da manhã ($29,10 \pm 1^{\circ}\text{C}$) que no período da tarde ($48,08 \pm 2,71^{\circ}\text{C}$).

Em um estudo com cavalos em treinamento, Moura *et al.* (2011) concluíram que o uso da termografia infravermelha permitiu precisão na determinação da temperatura de superfície das partes do corpo do cavalo e sua associação com a termorregulação.

Queiros *et al.* (2013) também encontraram um comportamento semelhante para a essa variável em um estudo onde foi mensurada a Temperatura Superficial de vacas mestiças (*Bos taurus* x *Bos indicus*) através da medição da temperatura da superfície do olho com câmera termográfica infravermelha e encontraram médias de 35,4 °C no período da manhã e 37,8 °C no período da tarde com valores de ITGU de 74,5 e 83,3, respectivamente.

Já que a manutenção da temperatura corporal é determinada pelo equilíbrio entre a perda e o ganho de calor e a carga térmica é formada pelo calor produzido internamente mais o ambiental (MACHADO, 1998; BACCARI JR., 1987), as temperaturas da superfície da pele de bovinos podem ser maiores no período da tarde devido às maiores temperaturas observadas nesse período, como também devido ao acúmulo de calor interno durante o dia.

Apesar de ser uma tecnologia já bastante utilizada na medicina, o uso da termografia de infravermelho ainda é recente na área da Ciência animal, e poucos estudos foram publicados utilizando essa técnica para avaliar estresse térmico de

bovinos. Queiros *et al.* (2013) citaram que o uso da termografia como ferramenta para identificar mudanças no padrão fisiológico de bovinos foi defendida por Montanholi *et al.*, (2008) e Cardoso (2013) e afirmaram que a termografia pode ser utilizada como técnica auxiliar na avaliação do estresse térmico em vacas leiteiras.

2.3.2 Alterações comportamentais

No dia-a-dia da fazenda, os bovinos invariavelmente enfrentam situações que causam desconforto, calor ou frio, radiação solar, moscas e predadores; tais condições podem, em conjunto ou isoladamente, levar os animais ao estresse. As raças melhor adaptadas geralmente apresentam respostas adequadas para enfrentar essas situações, mas essas respostas dependem de certos recursos que devem estar disponíveis, como mudanças no padrão de pastejo diurno para noturno para reduzir o estresse pelo calor, a busca por forragem em áreas sombreadas ou com maior ventilação; tudo isto pode ocorrer sem que haja efeitos negativos do clima sobre os animais (PARANHOS DA COSTA, 2000).

A hipertermia, que é o excesso de calor no corpo, além de alterar os parâmetros fisiológicos, também, pode alterar o comportamento natural dos animais, que podem reduzir a ingestão de alimentos para diminuir a taxa metabólica (BACCARI JR., 1998), aumentar a ingestão de água e alterar a postura corporal.

Pesquisas mostraram que bovinos de origem europeia procuram sombra principalmente nas horas mais quentes do dia buscando amenizar os efeitos do estresse térmico, causados pela radiação solar direta. Não encontrando sombra posicionam-se de modo a apresentar o menor perfil possível de área corporal ao sol (BACCARI JR., 1998; LEME *et al.*, 2005). Segundo Paranhos da Costa (1995), em um experimento com ovinos, independentemente da estação do ano, os animais passaram a maior parte do tempo à sombra (67,92% contra 32,08% ao sol), já Leme *et al.* (2005), em experimento no estado de Minas Gerais, encontraram diferenças com relação às estações, percebendo que os animais passavam mais tempo à sombra no verão que no inverno.

Laganá *et al.* (2005), avaliando as respostas comportamentais de vacas holandesas de alta produção criadas em ambientes quentes, mediante o sistema de

resfriamento adiabático evaporativo, constataram que os animais do grupo controle beberam mais água das 11 às 23 horas, período mais quente do dia. As vacas do grupo controle tiveram maior comportamento de ócio e permaneceram deitadas enquanto realizavam atividades como ruminar ou defecar, apresentando comportamento típico de animais estressados.

Perissinotto *et al.* (2005) observaram que vacas holandesas em clima tropical com condições ambientais estressantes aumentaram o número de visitas e tempo de permanência nos bebedouros, bem como o consumo de água. No dia de maior temperatura (32,8 °C), o consumo foi de 63,8 L de água, contrastando com os 37,3 L consumidos no dia de menor temperatura (24,1 °C) média.

Contudo, apesar de o comportamento animal nos dar uma noção de suas emoções, não sabemos necessariamente como deve se comportar um animal com bem-estar mental, já que alguns até escondem sua falta. Algumas espécies presas, como o gado, ocultam seu sofrimento quando percebem que estão sendo observados. Outro problema em avaliar o bem-estar a partir da observação comportamental é que alguns animais não têm liberdade para agir como se comportariam na natureza. Provavelmente por essas razões os pesquisadores acabaram se concentrando em comportamentos anormais repetitivos – estereotipias – para julgar o bem-estar do animal (GRANDIN E JOHNSON, 2010).

2.4 Bem-estar dos bovinos leiteiros nos trópicos

A preocupação com o bem-estar de animais de produção não é nada nova. Produtores e veterinários sempre se preocuparam com a condição dos animais sob seus cuidados, tentando garantir que eles ficasse saudáveis e bem nutridos. Na tradição mais antiga dos cuidados com os animais, o bem-estar era visto, em grande parte, como a ausência de dor, doença ou lesão, e o foco era assegurar que os animais doentes recebem cuidados. Mais recentemente, o foco do bem-estar animal tem se voltado para a preocupação sobre algumas técnicas agrícolas modernas e especialmente para o uso de pecuária intensiva (RUSHEN *et al.* 2008)

Broom, em 1991, definiu bem-estar como sendo o estado de um indivíduo em relação ao seu ambiente. Se o organismo falha ou tem dificuldade de se adaptar ao ambiente, isso é uma indicação de bem-estar pobre. Assim, para que sejam atingidos os níveis de produção ideais numa fazenda, é necessário que o animal esteja submetido a condições adequadas de bem-estar (LAGANÁ *et al.*, 2005; ALMEIDA, 2009). O bem-estar é um conceito bastante abrangente, e dentro desse conceito estão os problemas relativos à ambiência discutidos nas sessões anteriores, logo, o conforto térmico é apenas um dos pontos que devem ser proporcionados aos animais de produção para que se obtenham condições boas de bem-estar.

Agricultores e outros envolvidos na indústria partem do pressuposto que, na maioria dos casos, se vacas leiteiras estão produzindo grande quantidade de leite, então seu bem-estar é satisfatório. Em contraste, os críticos do bem-estar animal apontam que aumentos na produtividade geralmente resultam de práticas específicas, tais como o uso de potenciadores ou somatotropina bovina (BST), ao invés de refletir o bem-estar geral do animal. Além disso, há uma crescente preocupação de que o elevado nível de produtividade na produção moderna é em si um fator de risco para o bem-estar (RUSHEN *et al.* 2008).

A avaliação do bem-estar é feita por meio de indicadores fisiológicos e comportamentais. As medidas fisiológicas associadas ao estresse se baseiam na premissa de que, se os sintomas de estresse aumentam, o bem-estar diminui. Já os indicadores comportamentais são baseados especialmente na ocorrência de comportamentos anormais e daqueles que se afastam do comportamento no ambiente natural (PERISSINOTTO, 2003).

Há uma série de indicadores que podem ser utilizados para identificar os animais que enfrentam problemas de bem-estar, por exemplo: expectativa de vida reduzida, habilidades para crescer e se reproduzir reduzidas, lesões corporais, doenças, imunossupressão, indicadores fisiológicos e comportamentais de estresse, extensão com que apresentam comportamentos de aversão, extensão da supressão de comportamentos normais e extensão com que os processos fisiológicos e o desenvolvimento anatômico são prejudicados (SANT'ANNA E PARANHOS DA COSTA, 2010).

O sucesso reprodutivo reduzido também pode indicar bem-estar pobre. Há muitas evidências de que os animais em más condições (por exemplo, aqueles que estão doentes ou que sofrem de estresse crônico) são menos propensos a reproduzir com êxito. Os críticos da agricultura animal muitas vezes argumentam que a baixa taxa reprodutiva de gado leiteiro é um indicador de bem-estar pobre. No entanto, como discutido anteriormente, o fato de que um bem-estar pobre pode levar ao insucesso reprodutivo, não quer dizer que o sucesso reprodutivo indica condições adequadas de bem-estar (RUSHEN *et al.* 2008).

Com relação à produção de leite, já foi citado que, em ambiente com temperaturas acima da temperatura crítica superior, a vaca pode reduzir a ingestão de alimentos para diminuir a taxa metabólica e manter a temperatura corporal em níveis normais. Essa redução associada à hipertermia (excesso de calor no corpo) pode resultar na diminuição da produção de leite (BACCARI JR. 1998).

Os mecanismos de termorregulação demandam um gasto energético para o animal comprometendo as funções digestivas, a absorção e metabolismo dos nutrientes, funções fisiológicas e podendo ter consequências na produção. O estresse térmico em rebanhos leiteiros pode reduzir a produção em até 30% e, pelo fato de a carga térmica da vaca ser oriunda de seu próprio metabolismo juntamente com o calor do meio, as vacas maiores produtoras são mais afetadas pelo estresse térmico do que as de menor produção (SIMAS, 1998).

Além dos indicadores citados, as medidas obtidas no ambiente também fornecem informações sobre fatores que podem interferir no bem-estar do grupo como um todo. Como exemplos de medidas ambientais, podem-se citar a densidade de animais por área, disponibilidade de acesso a cochos e bebedouros, limpeza e manutenção das instalações, ventilação, umidade, Temperatura do Ar, qualidade e manutenção das instalações, qualificação dos trabalhadores, tipo de manejo realizado, etc. (SANT'ANNA & PARANHOS DA COSTA, 2010).

Com os métodos de avaliação e dados disponíveis na literatura é relativamente simples reconhecer e corrigir problemas de bem-estar em casos de situação crítica. Entretanto, ainda é necessário conhecimento suficiente para orientar todas as ações relacionadas ao aprimoramento do bem-estar animal, sendo dois grandes desafios para a ciência: identificar bons indicadores de estados positivos de

bem-estar e encontrar soluções para resolver problemas menos evidentes (SANT'ANNA E PARANHOS DA COSTA, 2010).

3 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em uma fazenda comercial no município de Beberibe, no estado do Ceará, situada na latitude 4°12'35" e longitude 38°12'58", com altitude de 32 m do nível do mar. O clima da região é considerado tropical com estação seca segundo a classificação climática de KÖPPEN-GEIGER (As), com pluviosidade média de 1,251 mm, sendo as chuvas concentradas entre os meses de janeiro a abril e a temperatura média de 26 °C.

Figura 1 - Vista aérea do local de estudo.



Fonte: Google Earth (2014).

Os animais eram criados em sistema de confinamento e alimentados três vezes ao dia, aproximadamente às 8:00, 13:00 e 15:00 horas, recebendo alimentação no cocho através de um vagão que misturava o concentrado com o volumoso, sendo o volumoso cana triturada e o concentrado uma ração formulada para a fase de lactação das vacas. Diariamente os animais eram conduzidos à sala de ordenha, onde eram ordenhados mecanicamente nos horários de 10:30, 18:30 e 02:30 horas.

A instalação era composta por uma área com piso cimentado e coberta (Figura 2) com telhas de fibrocimento, onde também ficava localizado o cocho para

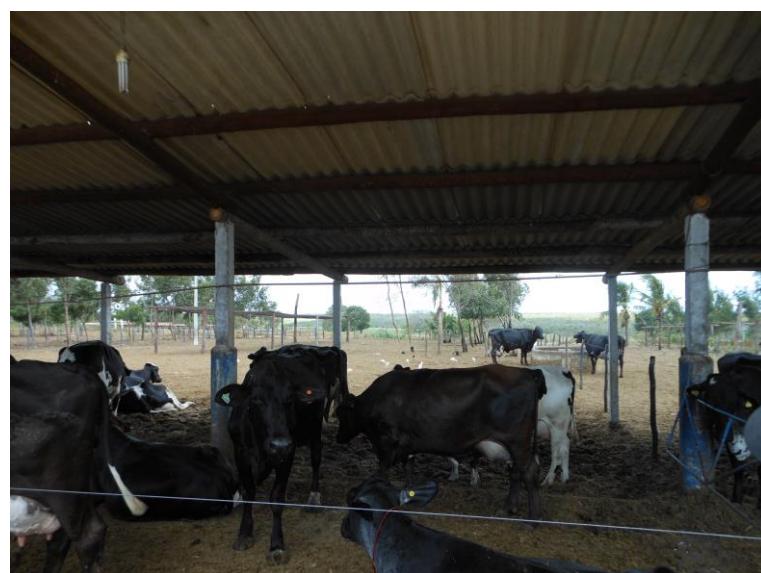
fornecimento da alimentação. Os animais também dispunham de um piquete bem espaçoso delimitado por cercas onde ficava localizado o bebedouro e uma tela de sombreamento (Figura 3).

Figura 2 - Instalação na qual o experimento foi realizado.



Fonte: Próprio autor

Figura 3 - Vista do piquete e do bebedouro.



Fonte: Próprio autor

Figura 4 - Planta baixa da instalação.

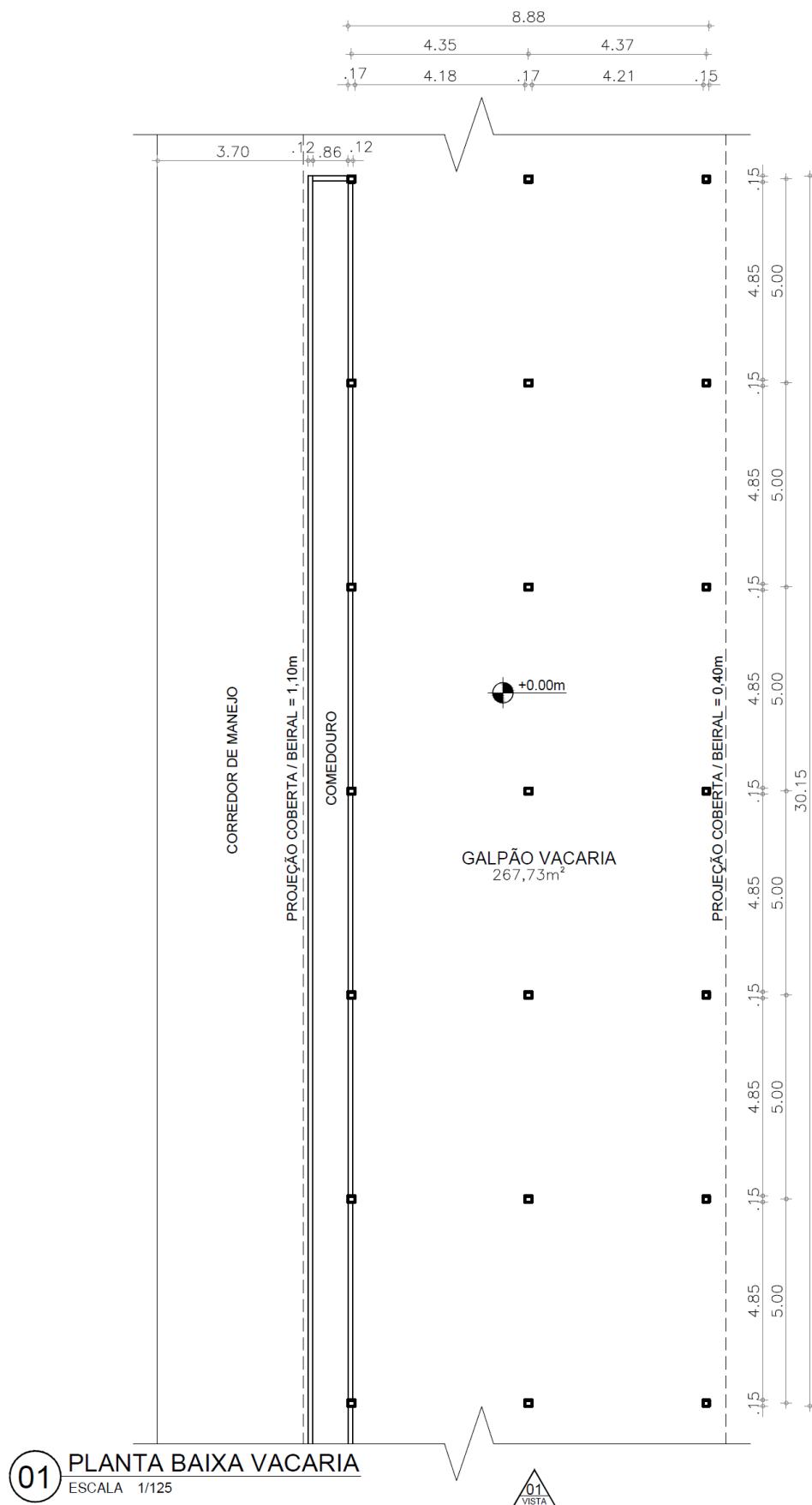
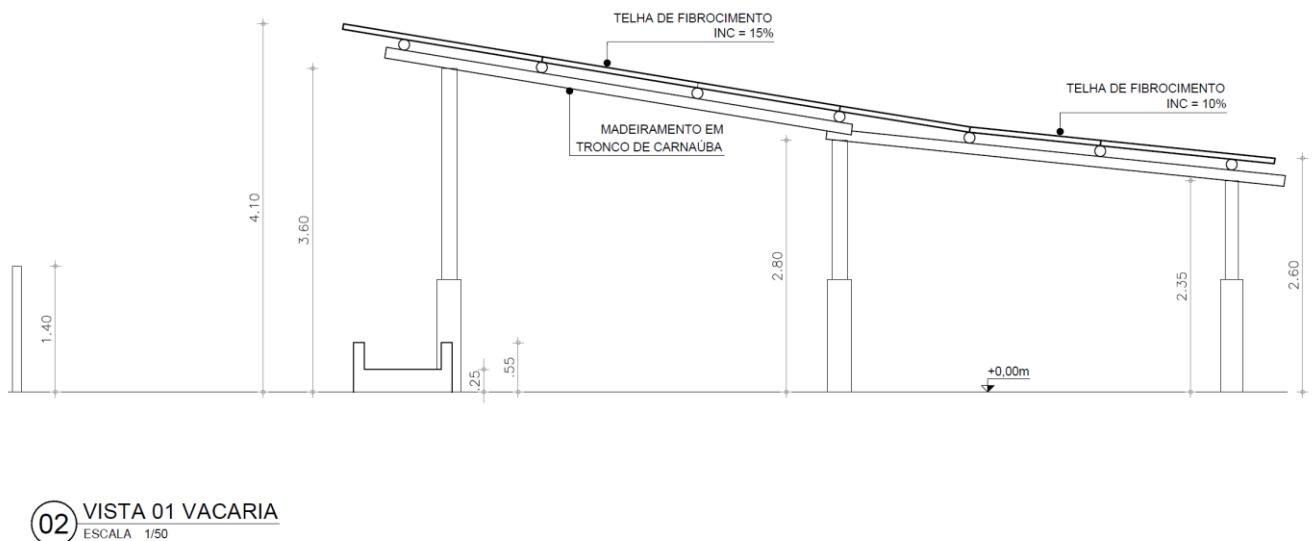


Figura 5 - Vista lateral da instalação.



As coletas foram realizadas entre os meses de fevereiro e maio de 2013, contabilizando 10 dias de coletas e foram utilizadas 16 fêmeas mestiças (*Bos taurus taurus x Bos taurus Indicus*), tendo em sua genética sangue de animais da raça Holandês e Gir. As vacas tinham entre 3 e 4 anos de idade, estavam em pico de lactação e foram divididas em dois grupos genéticos, os quais eram: grupo genético 1, composto por 8 vacas com porcentagem de sangue Holandês entre 62% e 75% e grupo genético 2, composto por 8 vacas com porcentagem de sangue Holandês entre 87% e 94%.

Durante o experimento cinco vacas apresentaram mastite, essas vacas foram identificadas e a Temperatura Superficial do úbere das mesmas foi coletada para uma posterior comparação com a Temperatura Superficial do úbere das vacas sadias.

3.1 Variáveis ambientais

Para coleta dos dados ambientais foram instaladas quatro miniestações meteorológicas da marca Hobo®, modelo Pro v2 (U23-001), três no ambiente interno

da instalação e uma no ambiente externo (Figura 6), as quais eram compostas por *Data loggers* e sensores para medir temperatura e Umidade Relativa do ar na instalação, com registros realizados a cada 30 min.

Figura 6 - Miniestação meteorológica instalada no ambiente externo.



Fonte: Próprio autor.

Para cada registro dos equipamentos foram calculados os Índices de Conforto Térmico. Os índices escolhidos foram o Índice de Temperatura e Umidade (ITU), de acordo com a fórmula desenvolvida por Thom em 1959 (Fórmula 1), e o Índice Entalpia de Conforto (IEC) através da equação de Rodrigues *et al.* Em 2010 (Fórmula 2):

$$\text{ITU} = (0.8 \times T + (\text{UR} (\%)) / 100) \times (T-14, 4) + 46.4 \quad (1)$$

Na qual:

T = Temperatura do Ar, em °C,

UR = Umidade Relativa do ar (%).

$$h = 1,006.t + \frac{UR}{PB} \cdot 10^{\left(\frac{7,5.t}{237,3+t} \right)} \cdot (71,28 + 0,052.t) \quad (2)$$

Na qual:

h é a entalpia, em kJ/kg ar seco;

t é a temperatura, em °C;

UR é a Umidade Relativa do ar, em %;

PB é a pressão barométrica local, em mmHg.

O ITU foi escolhido por seu uso já ser consagrado na área da pesquisa com bovinos leiteiros. Já o IEC foi escolhido por ser um índice mais atual e que leva em consideração as características do local de estudo, já que a equação considera a temperatura, Umidade Relativa do ar e a pressão atmosférica local.

A avaliação do conforto térmico do ambiente foi baseada na classificação de Hahn (1982). Para os valores do ITU e para avaliar os valores do IEC foi elaborada uma Tabela Prática. Com base na tabela para vacas holandesas desenvolvida pelo NUPEA (Núcleo de pesquisa em ambiência) e nas tabelas para frangos atualizadas por Queiroz, Barbosa Filho e Vieira (2013), elaborou-se a Tabela Prática de Entalpia para Bovinos Leiteiros Mestiços (APENDICE).

Para isso, a pressão utilizada nessa fórmula foi de 760 mmHg, igual a 1 atm, que corresponde a pressão barométrica em locais situados ao nível do mar, adotando-se a referência de Pereira (2005), que considera 31 °C o valor máximo de temperatura para vacas mestiças, considerando valores de Umidade Relativa do ar ideais entre 60 e 70%. A partir dessas referências foram feitos os cálculos e foi estabelecida a zona de conforto térmico de 13,8 a 77,0 KJ/Kg ar seco. Os valores de 77,3 a 84,5 foram estabelecidos como a faixa de alerta e os valores acima de 84,5 foram estabelecidos como faixa de perigo. Para facilitar a visualização e tornar a interpretação dos resultados instantânea, esses limites foram identificados por cores, as quais verde representa a faixa de conforto, amarelo representa a faixa de alerta e laranja significa a faixa de perigo.

Para a discussão dos resultados foram utilizados também dados de precipitação para os meses do estudo. Esses dados foram extraídos do site da FUNCeme (2014).

3.2 Variáveis fisiológicas

As variáveis fisiológicas coletadas foram Temperatura Retal, Frequência Respiratória e Temperatura Superficial. As coletas foram feitas semanalmente e duas vezes ao dia (no período da manhã e da tarde). Sendo que a coleta da Temperatura Retal e da superficial eram realizadas nos horários de 7:30 e 12:30 horas e a coleta da Frequência Respiratória nos horários de 8:30 e 14:30 horas.

Para o registro da Temperatura Retal os animais eram levados a um centro de manejo localizado próximo à instalação. Foi utilizado um termômetro digital do tipo espeto que, após estabilização, era introduzido no reto do animal contido, sendo o valor registrado após a estabilização do termômetro (Figura 7).

Figura 7 - Medição da Temperatura Retal com o termômetro do tipo espeto.



Fonte: Próprio autor.

O registro da variável Frequência Respiratória foi feito na própria instalação, a partir da observação dos movimentos do flanco dos animais. Realizou-se a contagem desses movimentos por 15 segundos registrados com um cronômetro, sendo esse valor posteriormente multiplicado por quatro para estimar as movimentações em um minuto.

Para o registro da variável fisiológica Temperatura Superficial (TS), os animais também eram conduzidos ao centro de manejo, que se localizava próximo à instalação, e foi utilizada a termografia de infravermelho através de uma câmera termográfica da marca Flir® modelo I3 (Figura 8).

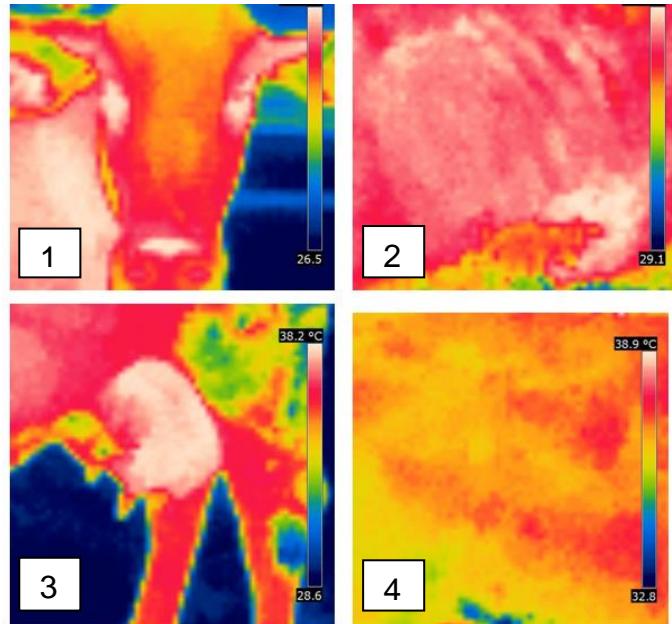
Figura 8 - Registro da Temperatura Superficial com a câmera termográfica.



Fonte: Próprio autor.

Para realização das fotos, foram selecionados cinco pontos do corpo (Figura 9) do animal, os quais foram: frente, costelas, perna, úbere e flanco. As imagens foram analisadas posteriormente com o auxílio do software Flir QuickReport® e com os valores obtidos de cada ponto selecionado. Calculou-se uma média. As fotos eram sempre tiradas do lado direito do corpo do animal, para evitar que os processos de digestão ruminal interferissem nos valores, e adotou-se uma distância de 1,5 m da câmera ao ponto a ser fotografado. O índice de emissividade (ε) utilizado para este experimento foi de 0,98 para todas as regiões analisadas.

Figura 9 - Áreas correspondentes às regiões da fronte (1), costelas (2), úbere (3), perna (3) e flanco (4), de onde as fotos foram tiradas.



Fonte: Próprio autor.

3.3 Variáveis comportamentais

As análises comportamentais eram realizadas semanalmente no período da manhã (08:30 às 10:00h) e da tarde (12:30 às 14:00h). O método de observação utilizado foi o animal focal, com observações visuais e diretas a cada 10 minutos.

Antes de iniciarem-se as coletas, foi elaborado um etograma com os principais comportamentos a serem observados (Tabela 3). Também foi registrado se o animal estava no sol (S) ou na sombra (SOM) e se o animal estava em local com lama (LAMA) ou em local seco (SECO).

Tabela 3 – Etograma

Ócio em pé (OP)	Animal em estação, sem manifestar nenhuma atividade como ruminar ou se alimentar.
Ócio deitado (OD)	Animal deitado, sem manifestar nenhuma atividade como ruminar ou se alimentar.
Ruminando em pé (RP)	Animal em estação e apresentando movimentos característicos da ruminação
Ruminando deitado (RD)	Animal deitado e apresentando movimentos característicos da ruminação
Alimentação (A)	Animal no cocho ingerindo alimento
Bebendo (B)	Animal no bebedouro bebendo água

3.4 Dados de produção

Os dados de produção de leite eram coletados semanalmente através do controle leiteiro. No controle leiteiro, um dos funcionários responsáveis pela ordenha registrava a produção de leite de cada animal individualmente em todas as ordenhas do dia. Assim era estimada a produção diária de leite de cada animal para cada semana do experimento.

O controle leiteiro era realizado às quartas-feiras, nos dias 21 e 26 de março; 04, 11 e 25 de abril; 01 e 10 de maio. A produção de leite dos animais com mastite não era registrada.

3.5 Análise estatística

Para os dados relativos aos índices de conforto térmico, não foi feita análise estatística, foram elaboradas tabelas com os valores de cada dia e as médias. Para os dados comportamentais, também não foi feita análise estatística, foram elaborados gráficos de barras, os quais mostravam de forma mais clara a frequência com que os animais realizaram cada comportamento e em cada dia do experimento.

Para as variáveis ambientais, fisiológicas e para os dados de produção, foi realizada análise estatística. O delineamento experimental utilizado foi

completamente aleatório, e para as análises, os animais foram divididos em quatro tratamentos, nos quais:

- T1 correspondia aos animais do grupo genético 1 no período da manhã
- T2 correspondia aos animais do grupo genético 2 no período da manhã
- T3 correspondia aos animais do grupo genético 1 no período da tarde
- T4 correspondia aos animais do grupo genético 2 no período da tarde

As análises estatísticas foram feitas através do *software* estatístico ASSISTAT®. Inicialmente os dados foram submetidos à estatística descritiva básica para verificar a normalidade de distribuição dos dados. Foi avaliado o número de observações, a média, o desvio padrão, a variância, o coeficiente de variação, a amplitude, a simetria e a curtose.

Em seguida, se houvesse normalidade entre os dados, era realizado o teste F através da análise de variância (ANOVA), para verificar se existia diferença significativa entre as médias. Caso fosse identificada diferença significativa entre as médias pela ANOVA, era realizado um teste de comparação de médias. O teste escolhido foi o de Tukey a 5% de significância.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Variáveis ambientais

Como se pode observar na Tabela 4, as médias das temperaturas dentro da instalação foram de 27,5 °C de manhã e 30,5 °C à tarde, enquanto no ambiente externo foram de 29,3 °C de manhã e 33,6 °C à tarde.

Tabela 4 - Valores em cada dia de experimento e médias da Temperatura do Ar (TA) e Umidade Relativa do ar (UR) no exterior e no interior da instalação nos períodos da manhã e tarde em todos os dias de experimento.

	Manhã				Tarde			
	Exterior		Interior		Exterior		Interior	
	TA (°C)	UR (%)	TA (°C)	UR (%)	TA (°C)	UR (%)	TA (°C)	UR (%)
21/mar	30,6	70	28,5	76	34,9	47	30,2	68
25/mar	30,1	68	28,5	77	39,2	44	29,8	71
26/mar	30,4	70	28,9	76	34,5	52	30,3	70
04/abr	27,3	79	29,7	67	37,6	58	33,2	62
11/abr	33,3	65	29,4	75	35,6	54	31,4	63
18/abr	29,7	79	28,6	84	31,4	68	30,5	73
25/abr	30,5	81	27,3	89	32,6	65	29,9	76
30/abr	26,6	86	26,0	95	27,8	88	27,1	91
01/mai	27,3	81	28,1	80	27,9	69	30,3	66
10/mai	32,3	59	29,2	77	32,4	54	32,0	60
Média	29,3	74	27,5	80	33,6	60	30,5	70

Como já mencionado, Pereira (2005) considera temperaturas entre 5 e 31 °C como ideais para bovinos leiteiros mestiços, podendo-se dizer que, no período do experimento, as médias de temperaturas na instalação se situaram dentro dessa faixa. Apenas em alguns dias, como em 04 e 11 de abril e 10 de maio, as temperaturas do período da tarde ficaram acima de 31 °C (33,2 °C; 31,4 °C e 32,0 °C, respectivamente).

Entretanto, mesmo as temperaturas na maior parte dos dias ficando dentro da faixa ideal para bovinos leiteiros mestiços, alguns animais no experimento apresentavam altas porcentagens de sangue holandês (entre 87% e 94%), assim, essas temperaturas talvez possam ser consideradas elevadas pra esses animais, já que Nääs (1998) mencionou que as temperaturas limites para raças europeias estariam entre 4 e 24 °C.

Já com relação à umidade, Pereira (2005) citou como compatível com a espécie bovina valores de Umidade Relativa do ar entre 50 e 80%. No início do experimento, os valores dentro da instalação se encontravam dentro desse limite, variando entre 62 e 76%. Com a ocorrência das chuvas mais intensas no mês de

abril e maio, esses valores aumentaram e observaram-se valores acima desse limite, variando entre 84 e 95%.

Contudo, essa faixa pode ser considerada inadequada para regiões de clima tropical, por ser bastante ampla e, devido à relação negativa que uma alta percentagem de umidade relativa possui com a alta temperatura, para essas regiões é mais adequado definir como limite máximo o de 70%. Diante disso, a maioria dos valores de UR dentro da instalação experimental estavam elevados. Isso pode ser bastante prejudicial, já que a partir dessa temperatura o mecanismo de perda por evaporação é prejudicado, e 85% das perdas de calor se dão por esse mecanismo (MACHADO, 1998).

Para realizar o teste de médias para as variáveis ambientais, foi necessário verificar a normalidade de distribuição dos dados e os resultados relativos à estatística descritiva básica da Temperatura do Ar (TA) e Umidade Relativa do ar (UR), que se encontram na Tabela 5.

Tabela 5 - Estatística descritiva básica para os dados de Temperatura do Ar (TA) e Umidade Relativa do ar (UR).

	TA (°C)	UR (%)
Observações	40	40
Média	30,6	70,8
Desvio Padrão	3,236	11,905
Variância	10,477	141,737
Coeficiente de Variação (%)	10,58	16,81
Amplitude	16,6	51
Simetria	0,44	-0,18
Curtose	0,83	-0,22

Valores negativos de simetria representam concentração de valores à montante da média e valores positivos à jusante. Já na curtose, valores positivos representam distribuições concentradas em torno da média, enquanto valores negativos representam distribuições achatadas em relação à média. De forma geral, coeficientes de simetria e curtose com valores maiores que 2 e menores que -2 representam grande desvio da distribuição normal. Portanto, para valores entre -2 e 2, deve-se desconsiderar a hipótese de normalidade, ou seja, adequando-se a uma curva de distribuição normal (MONTGOMERY, 2004; ALBIERO *et al.*, 2012).

Os valores do coeficiente de curtose e de simetria da TA e UR apresentaram-se dentro do intervalo -2 e 2. Como esses dois coeficientes apresentaram uma distribuição normal, fez-se a análise de variância para a verificação da diferença entre as médias avaliadas.

A Tabela 6 mostra os resultados do teste F para as variáveis nos quatro tratamentos. Como o teste F mostrou que existe diferença significativa entre as médias, foi feito então um teste de comparação de médias pelo teste de Tukey à significância de 5% ($P<0,05$). Os resultados se encontram na Tabela 7.

Tabela 6 - Análise de variância para os dados de Temperatura do Ar (TA) e Umidade Relativa do ar (UR).

		GL	SQ	QM	F	P
TA	Fator	3	135,766	45,255	5,97	<0,001
	Erro	36	272,854	7,579		
	Total	39	408,620			
UR	Fator	3	2058,875	686,291	7,12	<0,001
	Erro	36	3468,900	96,358		
	Total	39	5527,775			

GL – Grau de liberdade; SQ – Soma dos quadrados; QM – Quadrado médio.

Tabela 7 - Médias e valores máximos e mínimos para as variáveis: Temperatura do Ar (AR) e Umidade Relativa (UR).

VARIÁVEIS	PERÍODO				
	Manhã		Tarde		
	Exterior	Interior	Exterior	Interior	
TA (°C)	Média	29,35 ^b	28,94 ^b	33,64 ^a	30,47 ^c
UR (%)	Média	73 ^a	79 ^c	59 ^b	70 ^d

Médias seguidas de letras minúsculas distintas na mesma linha são diferentes a significância de 5% ($P<0,05$).

Na Tabela 7, pode-se observar que no turno da tarde os valores da TA foram superiores aos do turno da manhã, já os valores de UR foram inferiores no turno da tarde. Esse comportamento já era esperado, pois a curva de variação da UR é inversamente proporcional à da TA, ou seja, enquanto os valores de temperatura aumentam ao longo do dia devido ao acúmulo de calor e maior

incidência dos raios solares, os valores de umidade diminuem ao longo do dia devido à evaporação e à ventilação.

Outra comparação pode ser feita também com os valores dentro e fora da instalação, onde as médias dos valores de TA no exterior ($29,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ manhã e $33,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ tarde) foram maiores que no interior ($28,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ manhã e $30,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ tarde). Já que uma instalação tem como objetivo principal proteger contra as intempéries do clima e de predadores naturais, a temperatura no interior da mesma deve ser inferior à do ambiente externo.

Para a UR, o contrário ocorreu. No exterior da instalação os valores (médias de 74% manhã e 60% tarde) foram menores que no interior da instalação (médias de 80% manhã e 70% tarde). Esse comportamento é esperado em situações de galpões fechados ou com alta densidade de animais, entretanto a instalação estudada era totalmente aberta e a densidade de animais não estava elevada. Assim, esse resultado pode estar relacionado com o grande acúmulo de lama que ocorreu no interior da instalação (Figura 10).

Figura 10 - Instalações com grande acúmulo de lama.



Fonte: Próprio autor

Na Tabela 8 encontram-se os valores e médias para o Índice de Temperatura e Umidade (ITU) e o Índice Entalpia de Conforto dentro da instalação.

Tabela 8 - Valores e médias do Índice de Temperatura e Umidade (ITU) e do Índice de Entalpia de Conforto (IEC) nos períodos da manhã e tarde em todos os dias de experimento.

	Manhã		Tarde	
	ITU	IEC (kJ/kg ar seco)	ITU	IEC (kJ/kg ar seco)
21/mar	80	75,0	81	76,2
25/mar	80	75,6	81	76,7
26/mar	81	76,5	82	77,9
04/abr	80	73,7	85	83,0
11/abr	81	77,8	82	77,1
18/abr	81	80,3	83	80,7
25/abr	80	78,0	82	80,4
30/abr	78	76,1	80	78,4
01/mai	80	75,9	81	75,2
10/mai	81	78,3	83	77,0
Média	80	76,7	82	78,3

As médias dos valores de ITU foram de 80 no período da manhã e 82 no período da tarde, sendo que na maioria dos dias do experimento os valores de ITU variaram entre 80 e 81 de manhã e 81 e 83 à tarde. De acordo com a classificação definida por Hahn (1982), valores de ITU situados entre 79 e 83, expressam situação de perigo e acima de 83 indicam situação de emergência. Os valores encontrados no estudo indicaram situação de perigo. Apenas no dia 04 de abril foi encontrado um valor de 85, que indicaria situação de emergência.

Para discutir os resultados do Índice de Entalpia de Conforto (IEC), foi utilizada como referência a Tabela Prática de Entalpia para Bovinos Leiteiros Mestiços (APENDICE), que foi elaborada. E para facilitar a comparação dos valores, na Tabela 9 se encontra um resumo da Tabela Prática, onde é possível observar os limites inferiores e superiores para cada faixa.

Tabela 9 – Limites do Índice de Entalpia de Conforto (IEC) indicados por cores.

Limites do IEC (kJ/kg ar seco)		
Classificação	Limite	IEC
Conforto	INFERIOR	13,8
	SUPERIOR	77,0
Alerta	INFERIOR	77,3
	SUPERIOR	84,5
Crítica	INFERIOR	84,6
	SUPERIOR	110,5

Comparando os valores expostos na Tabela 8 com a classificação da Tabela 9, observou-se que a média dos valores para o turno da manhã foi menor que 77,0 kJ/kg de ar seco, valor que está situado na faixa considerada como de conforto. Já no período da tarde, a média dos valores ficou acima de 77,0 kJ/kg de ar seco, deixando os valores situados dentro da faixa considerada de alerta. Os valores do IEC indicaram que, em alguns dias, as condições na instalação proporcionaram conforto e que em outros, os valores ultrapassaram a faixa verde, ficando em uma situação de alerta que pode indicar um possível estresse.

Analisando os resultados que foram expostos, pode-se relatar que os valores de TA se situaram dentro dos limites fisiológicos para bovinos mestiços, enquanto os valores de ITU indicaram situação de perigo. Isso pode ser devido aos valores altos de UR encontrados, mas também pode indicar que a classificação dos valores utilizada para esse índice não está adequada à situação dos bovinos mestiços utilizados no experimento. Já os valores de IEC ficaram mais próximos do esperado, indicando situação de conforto e alerta. Assim como os limites para cada faixa do IEC levam em consideração a referência para bovinos mestiços, a classificação do ITU deveria ser adaptada, levando em consideração também essa referência, pois assim seria mais viável o seu uso para regiões de clima tropical.

4.2 Variáveis fisiológicas

Os dados relativos à Temperatura Retal (TR), Frequência Respiratória (FR) e Temperatura Superficial (TS) foram submetidos à estatística descritiva básica para verificar a normalidade de distribuição dos dados (Tabela 10).

Tabela 10 - Estatística descritiva básica para os dados de Temperatura Retal (TR), Frequência Respiratória (FR) e Temperatura Superficial da pele (TS).

	TR (°C)	FR (mov/min)	TS (°C)
Observações	320	320	320
Média	39,2	57,2	34,8
Desvio Padrão	0,418	14,210	1,389
Variância	0,174	1,928	201,926
Coeficiente de Variação (%)	1,06	24,84	3,98
Amplitude	2,4	92	7,1
Simetria	0,29	0,79	-0,69
Curtose	0,38	1,15	0,12

Os valores do coeficiente de curtose e de simetria da TR, FR e TS apresentaram-se dentro do intervalo -2 e 2. Como esses dois coeficientes apresentaram uma distribuição normal, fez-se a análise de variância para verificar se houve diferença entre as médias avaliadas.

Na Tabela 11 estão os resultados do teste F para as variáveis nos quatro tratamentos.

Tabela 11 - Análise de variância para os dados de Temperatura Retal (TR), Frequência Respiratória (FR) e Temperatura Superficial da pele (TS).

		GL	SQ	QM	F	P
TR	Fator	3	4,473	1,419	9,18	<0,001
	Erro	316	51,315	0,162		
	Total	319	55,789			
FR	Fator	3	4243,712	1414,570	7,40	<0,001
	Erro	316	60372,675	191,053		
	Total	319	64616,388			
TS	Fator	3	292,484	97,495	94,89	<0,001
	Erro	316	324,679	1,028		
	Total	319	617,163			

GL – Grau de liberdade; SQ – Soma dos quadrados; QM – Quadrado médio.

Como o teste F mostrou que existe diferença significativa entre as médias, foi feito então um teste de comparação de médias pelo teste de Tukey à significância de 5% (Tabela 12).

Tabela 12 - Médias dos valores para as variáveis fisiológicas: Temperatura Retal (TR), Frequência Respiratória (FR) e Temperatura Superficial (TS) de vacas leiteiras mestiças de dois grupos genéticos.

VARIÁVEIS	PERÍODO			
	Manhã		Tarde	
	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 1	Grupo 2
TR (°C)	Média	39,0 ^c	39,1 ^{bc}	39,2 ^{ab}
FR (mov/min)	Média	57 ^b	53 ^b	61 ^a
TS (°C)	Média	34,2 ^b	33,6 ^c	35,8 ^a

Médias seguidas de letras minúsculas distintas na mesma linha são diferentes à significância de 5% ($P<0,05$).

Grupo 1 - Vacas com porcentagem de sangue Holandês entre 62 e 75%.

Grupo 2 - Vacas com porcentagem de sangue Holandês entre 87 e 94%.

As médias dos valores de TR para o grupo 1 foram de 39 °C no turno da manhã e 39,2 °C no turno da tarde e para o grupo 2 foram de 39,1 °C de manhã e 39,3 °C a tarde. Não houve diferenças estatísticas significativas para essa variável entre os grupos, o que pode ser justificado pela proximidade genética entre os animais dos dois grupos. Entretanto, houve diferenças estatísticas significativas entre os turnos, sendo que as temperaturas do turno da tarde foram mais elevadas que as do turno da manhã nos dois grupos.

O acúmulo de calor interno no período da manhã pode fazer com que as temperaturas retais no período da tarde sejam maiores, como já citado por Ferreira *et al.* (2006), que estudando animais em câmara bioclimática também encontraram valores de TR superiores à tarde, concordando também com resultados encontrados por Damasceno *et al.* (1998), Martello (2002), Perissinoto (2003) e Rocha (2008). Contudo, os maiores valores de TR encontrados no período da tarde também podem estar relacionados com os maiores valores de Temperatura do Ar encontrados nesse período.

A temperatura corporal pode ser um indicador de estresse por excesso de

calor, pois sua variação entre animais é relativamente pequena em um dado ambiente (NERI, 2012). Segundo a classificação de Robinson (1999) para a Temperatura Retal, o ideal para bovinos leiteiros seria entre 38,0 °C e 39,3 °C. No experimento as temperaturas ficaram dentro dessa faixa nos dois turnos e grupos.

O aumento de 1°C na temperatura corporal é suficiente para promover alterações detectáveis em vários processos fisiológicos e reduzir a produção. Esse aumento pode ser considerado um sintoma da inabilidade do animal de promover as reações necessárias para manter o equilíbrio térmico (Lemos & Lobo, 1990 apud Pires *et al.* 2004)

Os resultados indicam que os animais mostraram habilidade em se adequar ao meio, mesmo alguns resultados dos índices de Conforto Térmico tendo indicado situações de alerta.

Na Tabela 13 encontra-se um resumo da Tabela 12 para facilitar a visualização das médias para a variável Frequência Respiratória (FR).

Tabela 13 - Médias e valores máximos e mínimos para a variável fisiológica Frequência Respiratória (FR) de vacas leiteiras mestiças.

VARIÁVEL	PERÍODO			
	Manhã		Tarde	
	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 1	Grupo 2
FR (mov/min)	Média	57 ^b	53 ^b	61 ^a

Médias seguidas de letras minúsculas distintas na mesma linha são diferentes à significância de 5% ($P<0,05$).

Grupo 1 - Vacas com porcentagem de sangue Holandês entre 62 e 75%.

Grupo 2 - Vacas com porcentagem de sangue Holandês entre 87 e 94%.

De acordo com o citado por Hahn *et al.* (1997), valores para FR de até 60 movimentos por minuto indicam animais com ausência de estresse térmico por calor ou estresse mínimo. E a frequência ultrapassando 120 mov/min reflete carga excessiva de calor. Assim, pode-se dizer que as médias dos valores de FR indicaram ausência de estresse ou estresse mínimo. Resultados semelhantes foram encontrados por Silva *et al.* (2009), que observaram que a média dos valores de Temperatura Retal foi de 38,9 °C e a média dos valores de Frequência Respiratória foi de 52 mov/min. Podendo-se afirmar que o pequeno aumento na Frequência

Respiratória possibilitou às vacas manterem a Temperatura Retal dentro da variação fisiológica normal, demonstrando a boa adaptabilidade ao calor.

As médias dos valores de FR não diferiram estatisticamente entre os grupos no turno da manhã, mas diferiram no turno da tarde, sendo encontrados valores maiores para o grupo 1, evidenciando que esses animais utilizaram mais a termólise respiratória para tentar manter a temperatura interna dentro da faixa considerada normal.

Diante da dificuldade em aplicar a classificação do ITU nas regiões de clima tropical, Azevedo *et al.* (2005) fizeram um estudo com animais mestiços visando criar uma nova classificação mais fiel e aplicável à situação de bovinos mestiços para esse índice. Assim, estimaram que, para bovinos com 75% e 87% de sangue Holandês e TR normal entre 38 e 39 °C, os valores críticos superiores de ITU ficariam entre 77 e 75, respectivamente. Para animais com FR normal de até 60 mov/min, os valores críticos superiores de ITU estimados foram de 77 e 76, respectivamente.

Contudo, observando a Tabela 14, percebe-se que os resultados desse estudo não foram semelhantes aos estimados pelos autores, pois todos os valores de ITU foram superiores a 77, e mesmo assim foram encontrados valores de TR de 39 °C e valores de FR inferiores a 60 mov/min.

Tabela 14 - Valores e médias do Índice de Temperatura e Umidade (ITU), Temperatura Retal (TR) e Frequência Respiratória (FR) para todos os dias de experimento.

	Manhã			Tarde		
	ITU	TR (° C)	FR (mov/min)	ITU	TR (° C)	FR (mov/min)
21/mar	80	39,2	50	81	39,1	60
25/mar	80	39,0	52	81	39,1	53
26/mar	81	39,0	50	82	39,1	61
04/abr	80	39,0	47	85	39,4	56
11/abr	81	39,1	55	82	39,4	58
18/abr	81	39,2	55	83	39,3	63
25/abr	80	39,3	74	82	39,4	73
30/abr	78	39,0	53	80	39,5	53
01/mai	80	39,0	52	81	39,1	57
10/mai	81	39,2	60	83	39,5	63
Média	79	39	55	82	39	60

A partir da Tabela 14, pode-se observar também a relação entre a TR e a FR. Bianca (1965) constatou que, em situação de estresse térmico, a Frequência Respiratória começa a se elevar antes da Temperatura Retal. Entretanto, nesse estudo, os resultados foram inconstantes com relação a essa afirmação, pois em alguns dias a TR começou a se elevar antes de FR e em outros, o contrário.

Na Tabela 15 são apresentadas as médias para a variável Temperatura Superficial (TS), de forma a facilitar a visualização dos resultados.

Tabela 15 - Médias da variável fisiológica Temperatura Superficial (TS) de vacas leiteiras mestiças.

VARIÁVEL	PERÍODO			
	Manhã		Tarde	
	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 1	Grupo 2
TS (°C)	Média	34,2 ^b	33,6 ^c	35,8 ^a 35,7 ^b

Médias seguidas de letras minúsculas distintas na mesma linha são diferentes à significância de 5% ($P<0,05$).

Grupo 1 - Vacas com porcentagem de sangue Holandês entre 62 e 75%.

Grupo 2 - Vacas com porcentagem de sangue Holandês entre 87 e 94%.

A Temperatura Superficial reflete o teor de calor na pele, que é determinada pelas taxas com que o calor atinge e deixa essa superfície. Relacionando a Temperatura Superficial de bovinos com a temperatura do ambiente, tem-se que em um ambiente com temperatura entre 25 e 30 °C (UR de 65%) a Temperatura Superficial máxima é de 38 °C (CURTIS, 1983).

As médias dos valores de TS encontrados nesse estudo ficaram todas abaixo de 38 °C, tanto no período da manhã quanto no da tarde. Assim, independente do horário, as médias da TS apresentaram-se dentro dos limites fisiológicos. Os resultados concordam com os encontrados por Arcaro Júnior *et al.* (2005), também abaixo de 38 °C e com os encontrados por Navarini *et. al* (2009), em experimento com fêmeas da raça Nelore.

As médias dos valores de TS diferiam estatisticamente (Tabela 15) com relação aos turnos, onde os valores no turno da tarde (35,8 °C e 35,7 °C) foram superiores aos valores no turno da manhã (34,2 e 33,6 °C). Ferreira *et al.* (2009) e

Queiros *et al.* (2013) também encontraram um comportamento semelhante para essa variável, o que pode ser justificado pelo fato de que a manutenção da temperatura corporal é determinada pelo equilíbrio entre a perda, e o ganho de calor e a carga térmica é formada pelo calor produzido internamente mais o ambiental (MACHADO, 1998; BACCARI JR., 1987). Assim, as temperaturas da superfície da pele de bovinos podem ser maiores no período da tarde devido às maiores temperaturas observadas nesse período, como também devido ao acúmulo de calor interno durante o dia.

Também foram encontradas diferenças estatísticas significativas com relação aos grupos genéticos. Apesar da proximidade genética entre os grupos, foram observados maiores valores para grupo genético 1 (composto por vacas com porcentagem de sangue Holandês menor). Azevedo *et al.* (2005), também estudando animais de grupos genéticos diferentes (grupos com 50, 75 e 87% de sangue Holandês), encontraram que, nos animais com menor porcentagem de sangue Holandês (50%), a TS foi superior às encontradas nos outros grupos, provavelmente em razão da cor mais escura da pelagem e maior número de glândulas sudoríparas dos animais desse grupo genético. Contudo, como a diferença genética entre os animais dos grupos desse estudo era bem pequena, as características da pelagem eram bastante semelhantes, sendo necessário um estudo mais aprofundado do pelame e de outros parâmetros, como a taxa de sudação, para explicar melhor esse resultado.

TS pode ser uma boa referência para estimar a situação térmica do animal, pois à medida que a temperatura ambiente aumenta, a eficiência da perda de calor sensível diminui, devido ao menor gradiente de temperatura entre a pele do animal e do ambiente. Nessa situação, o animal pode até certo ponto manter a temperatura corporal por meio de vasodilatação, aumentando o fluxo sanguíneo periférico e consequentemente a temperatura da pele; no entanto, se a temperatura ambiente continuar a subir, o animal passa a depender da perda de calor por evaporação através da respiração e ou sudorese (INGRAM & MOUNT, 1975 apud SOUZA, 2008).

Nas tabelas a seguir encontram-se os resultados para a estatística descritiva básica e o teste de médias dos dados relativos à Temperatura Superficial do Úbere (TSU) dos animais doentes e sadios.

Tabela 16 - Estatística descritiva básica para os dados de Temperatura Superficial do Úbere (TSU).

	TSU (°C)
Observações	26
Média	35,4
Desvio Padrão	1,263
Variância	1,594
Coeficiente de Variação (%)	3,56
Amplitude	5,7
Simetria	-1,08
Curtose	1,87

Os valores do coeficiente de curtose e de simetria apresentaram-se dentro do intervalo -2 e 2. Como estes dois coeficientes apresentaram uma distribuição normal fez-se a análise de variância com o Teste F para verificar se houve diferença entre as médias avaliadas (Tabela 17).

Tabela 17 - Análise de variância para os dados de Temperatura Superficial do Úbere (TSU).

	GL	SQ	QM	F	P
Fator	1	3,6817	3,682	7,87	<0,001
Erro	22	10,2967	0,468		
Total	23	13,9783			

GL – Grau de liberdade; SQ – Soma dos quadrados; QM – Quadrado médio.

Como o teste F mostrou que existe diferença significativa entre as médias, foi feito um teste de comparação de médias pelo teste de Tukey (Tabela 18).

Tabela 18 - Média da Temperatura Superficial do Úbere (TSU) de vacas mestiças com e sem mastite.

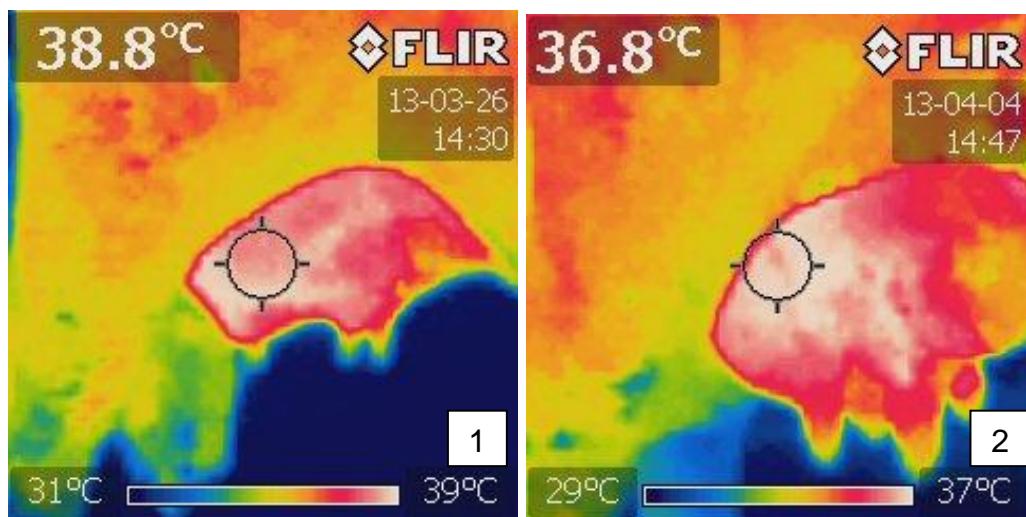
	Tratamento	
	Com mastite	Sem mastite
TSU (°C)	36,48 ^a	35,70 ^b

| Médias seguidas de letras minúsculas distintas na mesma linha são diferentes à significância de 5% ($P<0,05$).

A mastite é o resultado da resposta imunológica a algum tipo de agressão sofrida pelo tecido mamário, com consequências imediatas para o animal, por provocar dor e desconforto. Influencia diretamente no seu bem estar e, por consequência, na eficiência produtiva dos rebanhos, pois reduz a produtividade e eleva os custos de produção. Processos inflamatórios são acompanhados de liberação de calor, então vários estudos têm apresentado a termografia de infravermelho como potencial ferramenta para auxiliar no diagnóstico de processos inflamatórios nas várias espécies de animais mamíferos (NOGUEIRA *et al.*, 2013).

Na Figura 11, podemos observar as fotos termográficas do úbere de um animal sadio e de um animal doente. Os valores obtidos nesse estudo indicaram diferenças estatísticas entre a Temperatura Superficial do Úbere de animais doentes e sadios. Onde a temperatura para os animais doentes foi maior, os resultados concordaram com os encontrados por Hovinen (2008), em um estudo com vacas leiteiras, no qual a termografia foi eficiente em detectar mudanças na temperatura da pele do úbere de 1 a 1,5 °C nos animais com mastite clínica, afirmando ser o úbere um local sensível para detecção de doenças febris, usando um método não invasivo. Em um estudo com ovelhas, Nogueira *et al.* (2013) encontraram que a termografia permitiu identificar diferenças de temperaturas entre as metades mamárias saudáveis e com mastite clínica.

Figura 11 - Registro termográfico de uma vaca com mastite clínica (1) e uma vaca sadia (2).

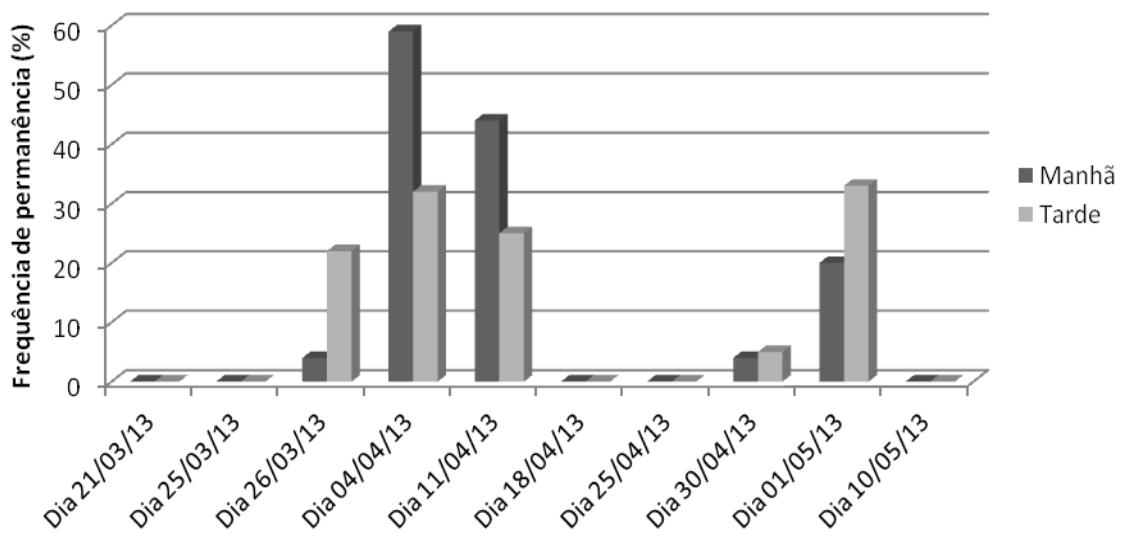


A termografia de infravermelho tem potencial para ser uma importante ferramenta no diagnóstico de mastite clínica embora existam testes práticos e de baixo custo para detecção da mastite clínica e subclínica. Então, para justificar a aquisição do equipamento (câmera termográfica), seriam necessários mais estudos associando a técnica aos testes microbiológicos para detecção da mastite subclínica, bem como mais estudos na área de ambiência e outras áreas. Como a câmera termográfica tem um custo elevado só seria justificável a aquisição se comprovada a real eficácia do uso do equipamento em diversas situações na propriedade.

4.3 Avaliação comportamental

A Figura 12 mostra a frequência com que os animais permaneceram em local com lama durante os dois turnos e em cada dia de experimento.

Figura 12 - Gráfico da frequência de permanência de vacas leiteiras mestiças em local com lama em todos os dias de experimento.



Pode-se observar que nos primeiros dias de experimento a frequência de animais em locais com lama foi igual a zero. Nesses primeiros dias, a instalação ainda se encontrava seca. Com o aumento das chuvas no mês de março, o acúmulo

de lama foi aumentando e nos dias 26/03, 04/04 e 11/04, a frequência de animais nesses locais aumentou bastante.

De acordo com a Tabela 19, extraída do site da FUNCEME, apesar de alguns dias com chuvas intensas, as médias de precipitação nos meses de janeiro a maio foram inferiores às médias esperadas. Pode-se observar também que os meses de março e abril concentraram os maiores valores de pluviosidade, os quais também apresentaram uma maior frequência de animais nos locais com acúmulo de lama.

Tabela 19 - Precipitação normal observada e desvio para os meses de janeiro a maio de 2013 no município de Beberibe - CE.

Precipitação	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio
Normal	85,9	125,8	222,1	246,6	135,9
Observado	61	65	178,2	224	91,5
Desvio	---	-48,3	-19,8	-9,2	-32,7

Fonte: FUNCEME (2014)

A disposição da instalação permitia que o acúmulo de lama fosse bem maior na área coberta que na descoberta, assim, os animais tinham a opção de sair para a área descoberta e ficar em local seco, expostos ao sol, ou ficar na sombra na área coberta, mas com lama. Mesmo tendo essa opção, nos dias em que havia chovido, os animais preferiram ficar na sombra e deitados na lama.

De acordo com Sant'Anna (2009), a variação individual na higiene das vacas leiteiras é uma questão multifatorial, dependente de muitas variáveis, dentre elas, o ambiente físico (tipo de instalação, manejo, clima), o ambiente social e as características do próprio indivíduo (seu comportamento, fisiologia e suas preferências), além das interações entre as variáveis ambientais. Por exemplo, um animal em clima quente pode usar seu comportamento para regulação térmica e acabar se expondo a uma condição de má higiene para trocar calor com uma superfície úmida. Já em uma situação de clima quente, mas sob um manejo adequado que forneça um bom sistema de resfriamento, o animal pode ter a higiene

favorecida, pois não deitará em local muito sujo para perder calor. Isso torna a higiene das vacas uma característica complexa, que depende de muitas variáveis.

Observando a Tabela 20, pode-se fazer um comparativo entre as variáveis ambientais e o comportamento de ficar em local com lama. Observa-se que nos dias 04/04 e 11/04 e 01/05, os quais foram os dias em que os animais ficaram mais tempo em local com lama, as temperaturas no turno da tarde estavam bastante elevadas, acima dos 30 °C.

Tabela 20 - Valores e médias da Temperatura do Ar (TA) e Umidade Relativa do ar (UR) nos períodos da manhã e da tarde na área coberta da instalação em todos os dias de experimento.

	Manhã		Tarde	
	T (°C)	UR (%)	T (°C)	UR (%)
21/mar	28,5	76	30,2	68
25/mar	28,5	77	29,8	71
26/mar	28,9	76	30,3	70
04/abr	29,7	67	33,2	62
11/abr	29,4	75	31,4	63
18/abr	28,6	84	30,5	73
25/abr	27,3	89	29,9	76
30/abr	26,0	95	27,1	91
01/mai	28,1	80	30,3	66
10/mai	29,2	77	32,0	60
Média	27,5	80	30,5	70

Assim, é provável que os locais mais limpos sejam preferidos pelas vacas, mas em condições de estresse por calor essa relação pode ser alterada ou acentuada pela busca de locais mais úmidos, favoráveis à troca de calor por contato, levando certos animais a buscar locais contaminados pelas suas próprias fezes, urina ou lama, para aumentar a troca de calor (SANT'ANNA, 2009).

Apesar de ajudar nos processos de troca de calor por contato, o grande problema em ter uma elevada frequência de animais em locais com lama é que esse comportamento pode ocasionar doenças no úbere e nos cascos, as quais afetam direta e indiretamente a produção, além de representar custos extras.

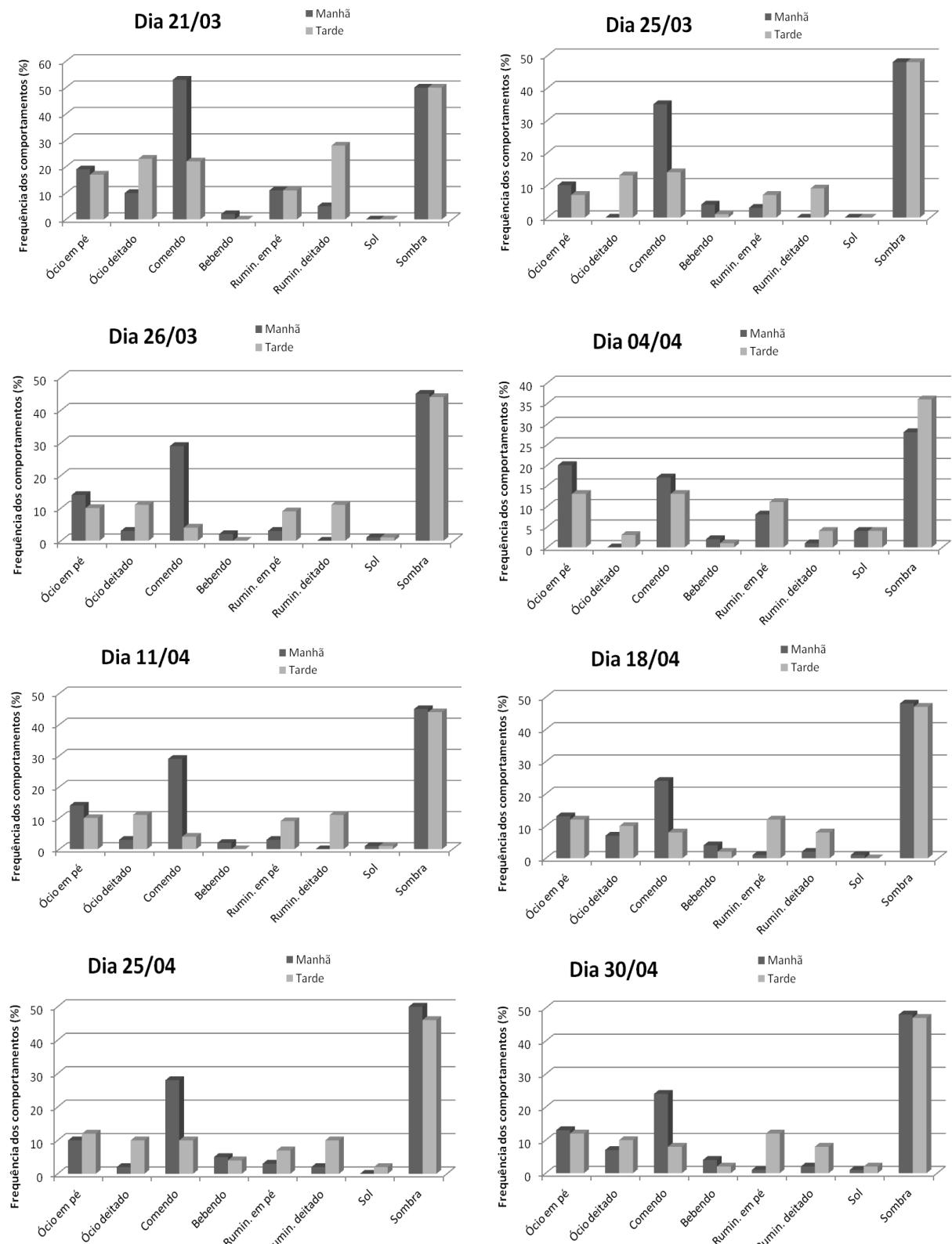
Na Figura 13 são exibidos gráficos de frequência dos outros comportamentos avaliados que foram: ócio em pé, ócio deitado, ruminando em pé, ruminando deitado, se alimentando, bebendo água e se os animais estavam no sol ou na sombra.

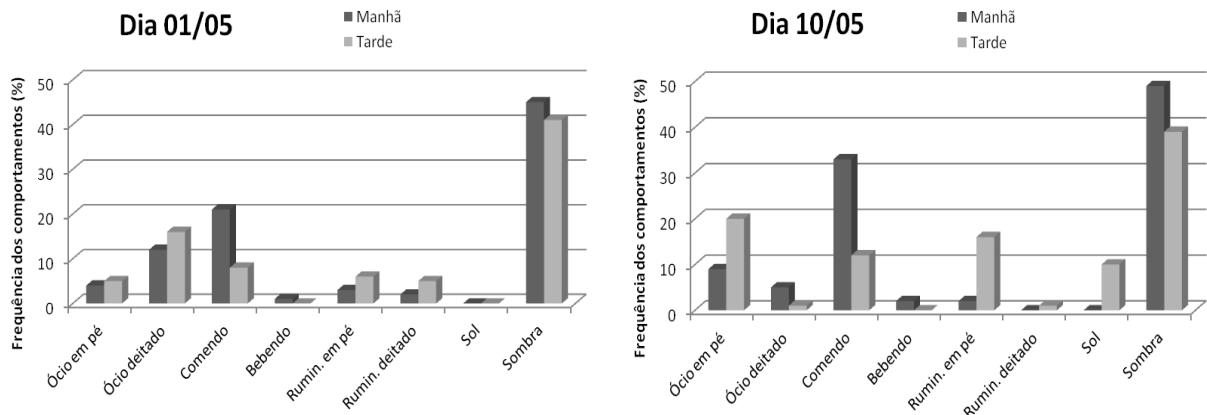
No geral, os animais passaram mais tempo se alimentando no período da manhã que no da tarde, enquanto o comportamento de ruminar, tanto em pé quanto deitado, foi mais presente no turno da tarde. Contudo, isso não pode ser usado como indicativo da situação térmica do animal, porque a rotina da fazenda pode ter influenciado bastante esses comportamentos, já que no horário da manhã em que as observações foram feitas o alimento tinha sido recentemente disponibilizado para os animais, enquanto no período da tarde os animais recebiam o alimento apenas após o horário das observações.

O comportamento de beber água também pode ter sido afetado pelo manejo da fazenda, já que no período da manhã, quando as temperaturas foram menores, foi o que os animais beberam mais água, discordando da afirmação de Perissinotto (2005), ao afirmar que as condições ambientais mais estressantes provocaram aumento no número de visitas aos bebedouros. Esse resultado pode ter acontecido devido ao fato de os animais comerem mais durante as observações do turno da manhã, assim, o incremento calórico da dieta pode ter influenciado os animais a beberem mais água, como também pode ter a ver com o fato de os bebedouros estarem localizados ao sol. Como a incidência de radiação solar é maior no turno da tarde, os animais podem ter evitado ir até o bebedouro nesse turno pra evitar o contato com a maior radiação e maior temperatura.

Observou-se também que os animais ficaram mais tempo na sombra que no sol, o que já era esperado. Apenas em alguns dias nublados, quando a presença de nuvens amenizou a incidência da radiação solar, os animais foram para o ambiente externo, o qual era descoberto. Os resultados concordam com os de Baccari Jr. (1998) e Leme *et al.* (2005) que afirmam que bovinos procuram sombra principalmente nas horas mais quentes do dia, buscando amenizar os efeitos do estresse térmico causados pela radiação solar direta.

Figura 13 - Gráficos de frequência para os comportamentos observados em todos os dias de experimento.





4.4 Análise produtiva

Nas tabelas abaixo se encontram os resultados da estatística descritiva básica e o teste de médias para os valores relativos à produção de leite.

Tabela 21 - Estatística descritiva básica dos dados de produção de leite comparando os grupos e os dias de experimento.

	Grupos (litros)	Dias (litros)
Observações	96	112
Média	24,21	24,19
Desvio Padrão	5,543	5,526
Variância	30,73	30,54
Coeficiente de Variação (%)	22,9	22,8
Amplitude	26,9	26,9
Simetria	0,39	0,44
Curtose	- 0,01	- 0,09

Como os resultados indicaram normalidade nos dados avaliados, fez-se a análise de variância com o teste F para verificar se havia diferença entre as médias avaliadas (Tabela 22). O teste F mostrou que não existe diferença significativa entre as médias, as quais estão expostas nas Tabelas 23 e 24.

Tabela 22 - Análise de variância dos dados de produção de leite comparando os grupos e os dias de experimento.

		GL	SQ	QM	F	P
Grupos (Litros)	Fator	1	93,6150	93,615	3,11	<0,001
	Erro	94	2825,69	30,061		
	Total	95	2919,31			
Dias (litros)	Fator	6	46,4825	7,747	0,24	<0,001
	Erro	105	3343,14	31,839		
	Total	111	3389,62			

GL – Grau de liberdade; SQ – Soma dos quadrados; QM – Quadrado médio.

Tabela 23 - Média da produção semanal de leite de vacas mestiças (*Bos taurus x Bos indicus*) de dois grupos genéticos no período de abril a maio de 2013.

Tratamento	
Grupo 1 (litros)	Grupo 2 (litros)
25,2 ^a	23,2 ^a

Médias seguidas de letras minúsculas distintas, na mesma linha são diferentes à significância de 5% (P<0,05).

O fato de não terem sido encontradas diferenças estatísticas significativas entre os grupos pode ser explicado pela proximidade genética entre os animais de cada grupo. Observando as médias da produção ao longo dos dias do experimento constata-se que não houve grandes variações na produção de leite, mesmo com as variações ambientais ocorridas (Tabela 24).

Tabela 24 - Média da produção semanal de leite por vaca e em cada dia de experimento.

Dia	Produção (leite/vaca/dia)
21/03	24,3 ^a
26/03	25,2 ^a
04/04	24,4 ^a
11/04	24,8 ^a
25/04	23,6 ^a
01/05	23,2 ^a
10/05	23,8 ^a

Médias seguidas de letras minúsculas distintas, na mesma linha são diferentes à significância de 5% (P<0,05).

Os resultados encontrados discordam dos resultados encontrados por Perissinoto *et al.* (2007), no qual a produção de leite apresentou comportamento inversamente proporcional aos valores do ITU. Ou seja, nos meses em que as médias dos valores de ITU ficaram abaixo de 60 os animais produziam mais, e nos meses em que as médias chegaram a 81, a produção de leite reduziu em 5 litros. Em contrapartida, outros autores (MARCHETO *et al.*, 2002; SILVA *et al.*, 2009) também não encontraram correlação alta entre ITU e produção de leite.

Esses resultados podem ter ocorrido pelo fato de o consumo de alimentos não ter sido afetado pela temperatura, uma vez que Baccari Jr., em 1998, afirmou que, em ambiente com temperaturas acima da temperatura crítica superior, a vaca reduz a ingestão de alimentos para diminuir a taxa metabólica e manter a temperatura corporal em níveis normais, e a menor ingestão de alimentos resultará na diminuição da produção de leite e menor eficiência reprodutiva.

Os animais do estudo também tinham acesso à sombra, o que pode ter amenizado o efeito das altas temperaturas e dos dias com maiores valores de ITU, pois animais em situações estressantes (índice de temperatura e umidade maior que 72) e sem acesso à sombra na área de descanso podem produzir 8% menos que animais com acesso a sombra (DAMASCENO *et al.*, 1998).

O animal tenta de todas as formas manter o equilíbrio térmico, com isso, várias reações podem ocorrer, como: redução do consumo de matéria seca, redistribuição do fluxo sanguíneo e o aumento da perda de calor por evaporação. Contudo, esses mecanismos implicam um gasto energético para o animal, além de comprometer as funções digestivas, a absorção e metabolismo dos nutrientes, funções fisiológicas e a produção. O estresse térmico em rebanhos leiteiros pode reduzir a produção em até 30% e comprometer o desempenho reprodutivo. Pelo fato de a carga térmica da vaca ser oriunda de seu próprio metabolismo juntamente com o calor do meio, as vacas maiores produtoras são mais afetadas pelo estresse térmico do que as de menor produção, pois o meio natural dos animais se protegerem é reduzir a produção de leite (SIMAS, 1998). Contudo, os animais do estudo não demonstraram suas variáveis fisiológicas alteradas, consequentemente a produção de leite também não foi alterada.

5 CONCLUSÃO

O ambiente térmico das instalações permaneceu dentro da faixa de conforto térmico para bovinos leiteiros mestiços, embora o grande acúmulo de lama tenha elevado, em alguns momentos, os valores de Umidade Relativa do ar.

Os Índices de Conforto Térmico utilizados divergiram na avaliação do conforto térmico dentro das instalações, sendo o Índice Entalpia de Conforto (IEC) mais eficiente em avaliar a situação térmica das instalações, por ter sido adaptado à raça dos animais e para as condições locais.

Os parâmetros fisiológicos avaliados ficaram dentro da faixa de conforto na maioria dos casos, demonstrando que os processos termorregulatórios desses animais foram eficientes, indicando uma alta adaptabilidade ao ambiente.

A termografia de infravermelho se mostrou uma ferramenta eficiente para diagnosticar a situação térmica dos animais e a mastite clínica, podendo ser indicada com a vantagem de ser uma ferramenta não invasiva, contudo, devido ao alto custo do equipamento, mais estudos devem ser feitos buscando outras funções da técnica para a bovinocultura leiteira de forma a justificar o alto investimento.

O manejo geral da fazenda afetou mais o comportamento dos animais que o ambiente térmico. Apenas alguns comportamentos foram realmente afetados pelas variações climáticas.

A produção de leite não foi afetada pelas condições ambientais.

REFERÊNCIAS

ALBIERO, D.; MACIEL, A. J. S.; MILAN, M.; MONTEIRO, L. A.; MION, R. L. Avaliação da distribuição de sementes por uma semeadora de anel interno rotativo utilizando média móvel exponencial. *Rev. Ciênc. Agron.* vol. 43. 2012.

ALMEIDA, G. L. P. DE. **Climatização na pré-ordenação de vacas da raça girolando e seus efeitos na produção e qualidade do leite e no comportamento animal.** Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife. 2009. Dissertação de mestrado.

Anuário leite em números. Publicação leite e negócios consultoria. Ano 3, Ceará 2012.

ARCARO JÚNIOR, I.; ARCARO, J. R. P.; POZZI, C. R.; FAVA, C. D.; FAGUNDES, H.; MATARAZZO, S. V.; OLIVEIRA, J. E. Respostas fisiológicas de vacas em lactação à ventilação e aspersão na sala de espera. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, n.3, p.639-643, 2005.

AZEVEDO, M. DE; PIRES, M. DE F. A.; SATURNINO, H. M.; LANA, A. M. Q; SAMPAIO, I. B. M.; MONTEIRO, J. B. N.; MORATO, L. E. Estimativa de Níveis Críticos Superiores do Índice de Temperatura e Umidade para Vacas Leiteiras 1/2, 3/4 e 7/8 Holandês-Zebu em Lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.34, p.2000-2008, 2005.

AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. 1.ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1991. 332p.

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

BACCARI JÚNIOR, F. et al. Um novo índice de tolerância ao calor para bubalinos: correlação com o ganho de peso. In: **Reunião anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, 23., 1986, Campo Grande. Anais... Campo Grande: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1986. p. 316.

BACCARI JÚNIOR., F. A temperatura corporal dos bovinos. **Gado Holandês**, n.51, p.15-19, 1987.

BACCARI JÚNIOR, F. Adaptação de sistemas de manejo na produção de leite em clima quente. In: **Simpósio brasileiro de ambientes na produção de leite**, Piracicaba, 1998. Anais... Piracicaba: FEALQ, 1998. p.24-67.

BACCARI Jr., F. **Manejo ambiental da vaca leiteira em climas quentes**. Londrina: Editora da Universidade Estadual de Londrina, 2001. 142p.

BARBOSA FILHO, J. A. D. **Avaliação do bem-estar de aves poedeiras em diferentes sistemas de produção e condições ambientais, utilizando análise de imagens**. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba – SP. Dissertação de mestrado. 2004. 140 p.

BARBOSA FILHO, J. A. D. **Caracterização quantitativa das condições bioclimáticas e produtivas nas operações pré-abate de frangos de corte**. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba – SP. Tese de doutorado. 2008. 174p.

BARCA JUNIOR, F. A.; TRAPP, S. M.; SILVA, L. C. DA; QUEIROZ, A. T. Z.; BACCARI JUNIOR, F.; CUNHA FILHO, L. F. C.; OKANO, W. Avaliação da Temperatura Retal e Frequência Respiratória em bovinos leiteiros como ferramenta de seleção para termotolerância. **Simpósio Brasileiro de Melhoramento Animal**, 8. Maringá, PR. 2010.

BERTIPAGLIA, E. C. A. Efeitos das características do pelame e da taxa de sudação sobre parâmetros reprodutivos em vacas da raça Braford. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Campus de Jaboticabal - SP. 2007.

BIANCA, W. Reviews of the progress of dairy science. Section: Physiology of cattle in hot environment. **Journal of Dairy Research.** Cambridge. v.32. p.245-92. 1965.

BRIOSCHI M.L ET AL. documentação da síndrome dolorosa miofascial por imagem infravermelha. **Acta fisiatr.** V14, P. 41-48, 2007.

BROOM, D. M. Animal welfare: concepts and measurement. **Journal of Animal Science, Champaign.** v.69, p.4167-4175, 1991.

BUFFINGTON, D. E.; COLLAZO-AROCHE, A.; CANTON, G. H.; PITI, D.; THATCHER, W. W.; COOLIER, R. J. Black-globe-humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. **Transactios of the ASAE**, v.24, p.711-714, 1981.

CARDOSO, C. C. **Tolerância ao calor em bovinos das raças curraleira pé duro, pantaneira e nelore utilizando imagens termográficas.** Curso de Medicina Veterinária da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília, DF. Março, 2013. Trabalho de conclusão de curso.

CARVALHO, F. A.; LAMMOGLIA, M. A.; SIMÕES, M. J. et al. Breed effects thermoregulation and epithelial morphology in imported and native cattle subjected to heat stress. **J. Anim. Sci.,** v.73, p.3570-3573, 1995.

CURTIS, S. E. **Environmental Management in Animal Agriculture.** Ames: The Iowa State University Press, 1983. 400p.

DAMASCENO, J. C.; BACCARI JÚNIOR F.; TARGA, L. A. Respostas fisiológicas e produtivas de vacas holandesas com acesso à sombra constante ou limitada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.27, p.595-602, 1998.

FERREIRA, R. A. **Maior produção com melhor ambiente para aves, suínos e bovinos.** Viçosa: Aprenda Fácil Editora, 2005. 371p.

FERREIRA, F.; PIRES, M. F. A; MARTINEZ, M. L.; COELHO, S. G.; CARVALHO, A. U.; FERREIRA, P. M.; FACURY FILHO, E. J.; CAMPOS, W. E. Parâmetros fisiológicos de bovinos cruzados submetidos ao estresse calórico. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v.58, n.5, p.732-738, 2006.

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. Taxa de sudação e parâmetros histológicos de bovinos submetidos ao estresse calórico. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v.61, p.763-768, 2009.

FUNCENE. Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos Instituto. Disponível em: <<http://www.funceme.br>> . Acesso em: 05 de março de 2013.

GRANDIN, T.; JOHNSON, C. **O bem estar dos animais: proposta de uma vida melhor para todos os bichos.** Rio de Janeiro, RJ: Rocco, 2010. 334 p.

HAHN, G. L. **Bioclimatologia e instalações zootécnicas.** FUNEP, Jaboticabal, p. 28, 1993.

HAHN, G. L.; PARKHURST, A. M.; GAUGHAN, J. B. Cattle respiration rate as a function of ambient temperature. **Transactions of American Society of Agricultural Engineering**, Michigan. v.40, p.97-121. 1997.

HOVINEN M., SIIVONEN J., TAPONEN S., HÄNNINEN L., PASTELL M., AISLA A.-M. & PYÖRÄLÄ S. Detection of Clinical Mastitis with the Help of a Thermal Camera. **J. Dairy Sci.** 91:4592- 4598, 2008.

IZAEL, M. A. **Avaliação de estresse térmico em vacas leiteiras mestiças (*bos taurus* x *bos indicus*) criadas em clima semi-árido em sistema freestall.**

Fortaleza: UFC, 2012. 68p. Dissertação de mestrado.

LAGANÁ, C.; BARBOSA JUNIOR, A. M.; MÉLO, D. L. M. F.; RANGEL, J. H. A. Respostas comportamentais de vacas holandesas de alta produção criadas em ambientes quentes, mediante ao sistema de resfriamento adiabático evaporativo. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal.** v.6. p.67-76. 2005.

LEME, T. M. S. P; PIRES, M. F A.; VERNEQUE, R. S.; ALVIM, M. J.; AROEIRA, L. J. M. Comportamento de vacas mestiças holandês x zebu, em pastagem de *brachiaria decumbens* em sistema silvipastoril. **Ciênc. agrotec., Lavras**, v. 29, n. 3, p. 668-675, maio/jun., 2005.

MACHADO, P. F. Efeitos da alta temperatura sobre a produção, reprodução e sanidade de bovinos leiteiros. In: **Simpósio brasileiro de ambiência na produção de leite**, Piracicaba, 1998. Anais... Piracicaba: FEALQ, 1998. p.179-188.

MARCHETO, F. G.; NÄÄS, I. A.; SALGADO, D. D.; SOUZA S. R. L. DE. Efeito das temperaturas de bulbo seco e de globo negro e do índice de temperatura e umidade, em vacas em produção alojadas em sistema de free-stall. In: **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**. v. 39, n. 6, p. 320-323, 2002.

MARTELLO, L. S.; SAVASTANO JÚNIOR, H.; PINHEIRO, M. DAS G.; SILVA S. DA L. E; ROMA JÚNIOR L. C. Avaliação do microclima de instalações para gado de leite com diferentes recursos de climatização. **Revista Engenharia Agrícola**, v.24, p.263-273, 2004.

MATARAZZO, S.V. **Eficiência do sistema de resfriamento adiabático evaporativo em confinamento do tipo free-stall para vacas em lactação.** Piracicaba: ESALQ/USP, 2004. 156p. Tese Doutorado.

MCDOWELL, R.E. **Improvement of livestock production in warm climates.** San Francisco, Freeman Press, 1972.

MOLENTO, C. F. M.; BOND, G. B. Aspectos éticos e técnicos da produção de bovinos. **Ciência Veterinária nos trópicos**. v.11, suplemento 1, p.36-42, 2008.

MONTANHOLI, Y. R.; BARCELLOS, J.O.J.; COSTA, E.C. Variação nas medidas corporais e desenvolvimento do trato reprodutivo de novilhas de corte criadas para o acasalamento aos 18 meses de idade. **Ciência Rural**, Santa Maria. v.38. p.185-190. 2008.

MONTGOMERY, D. C. **Introdução ao controle estatístico da qualidade**. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2004. 563 p.

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

MOURA, D. J. DE; BUENO, L. G. DE F.; LIMA, K. A. O. DE; CARVALHO, T. M. R. DE; MAIA, A. P. DE A. M. Estratégias e facilidades a fim de melhorar o bem-estar animal. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.39, p.311-316, 2010.

MOURA, D.J. DE; MAIA, A. P. A.; VERCELLINO, R. A.; MEDEIROS, B.B.L.; SARUBBI, J.; GRISKA, P.R. Uso da termografia infravermelha na análise da termorregulação de cavalo em treinamento. **Eng. Agríc., Jaboticabal**, v.31, n.1, p.23-32. 2011.

NÄÄS, I. A. Tipologia de instalações em clima quente. Ambiência na produção de leite em clima quente. In: **Simpósio brasileiro de ambientes na produção de leite**, Piracicaba, 1998. Anais... Piracicaba: FEALQ, 1998. p.146-155.

NAVARINI, F. C.; KLOSOWSKI, E. S.; CAMPOS, A. T.; TEIXEIRA, R. DE A.; ALMEIDA, C. P. Conforto térmico de bovinos da raça nelore a pasto sob diferentes condições de sombreamento e a pleno sol. **Eng. Agríc., Jaboticabal**. v.29, p.508-517. 2009.

NERI, J. **Ambiente térmico em confinamentos de gado leiteiro no brasil**. Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, 78p. 2012. Dissertação de mestrado.

NOGUEIRA, F. R. B., SOUZA, B.B., CARVALHO, M. G. X., FELICIO GARINO JUNIOR, F. G., MARQUES, A. V. M. S., LEITE, R. F. Termografia infravermelha: uma ferramenta para auxiliar no diagnóstico e prognóstico de mastite em ovelha. **Rev. Bras. Med. Vet.**, 35(3):289-297, jul/set 2013.

PARANHOS DA COSTA, M.J.R. **Termorregulação e comportamento alimentar e postural em ovinos: diferenças individuais e variações estacionais**. Tese de Doutorado, Faculdade de Filosofia Ciências e Letras de Ribeirão Preto, USP, Ribeirão Preto-SP, 138 pp., 1995.

PARANHOS DA COSTA, M.J.R. Ambiência na produção de bovinos de corte a pasto. **Anais de Etologia**, 18: 26-42., 2000.

PEREIRA, J. C. C. Fundamentos de bioclimatologia aplicados à produção animal. Belo Horizonte: FEPMMVZ, p. 195, 2005.

PIRES, M. F. A; AZEVEDO, M. DE; NOVAES, L. P.; CAMPOS, A. T. DE; SATURNINO, H. M.; MOSTARO, L. E. ; MONTEIRO, J. B. Temperatura Retal e taxa de sudação de vacas mestiças holandês x zebu, em lactação, no verão e inverno. **Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, 41, Campo Grande, MS. 2004.

PERISSINOTTO, M. Avaliação da eficiência produtiva e energética de sistemas de climatização em galpões tipo freestall para confinamento de gado leiteiro. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.2003. Dissertação de Mestrado.

PERISSINOTTO, M.; MOURA, D. J DE; SILVA, I. J. O. DA; MATARAZZO S. V. Influência do ambiente na ingestão de água por vacas leiteiras. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, p.289-294, 2005.

PERISSINOTTO, M.; CRUZ, V. F. DA; PEREIRA, A.; MOURA, D. J. DE. Influência das condições ambientais na produção de leite da vacaria da Mitra. **Revista de Ciências Agrárias**, v.30, p.143-149, 2007.

PHILLIPS, C. J. C. **Principles of cattle production.** Department of Clinical Veterinary Medicine. University of Cambridge, UK. 2001. 287p.

QUEIROS, A. F. DE; NOGUEIRA, F. R. B.; ARAÚJO, M. DA P. R DE; NASCIMENTO, M. E. DE L.; SOUZA, B. B. DE. Termografia como ferramenta de avaliação do estresse térmico em vacas leiteiras. In: Seminário Zootécnico do Sertão Paraibano, 1. **Caderno verde de agroecología e desenvolvimento sustentável**. V. 3, p. 1-6. 2013.

QUEIROZ, M. L. V.; BARBOSA FILHO, J. A. D.; VIEIRA, F. M. C. **Avaliação do desempenho térmico de frangos de corte de forma direta e prática.** In: Revista Avisite, Campinas: Mundo Agro Editora Ltda Avisite, 2012

ROBERTSHAW, D. **Regulação da temperatura e o ambiente térmico.** Cap. 55 In: REECE, W. O. (Ed.). Dukes: fisiologia dos animais domésticos. 12. Ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2006. p. 897-908.

ROBINSON, E.N. Termorregulação. In: CUNNINGHAM, J.G. **Tratado de fisiologia veterinária. 2.ed.** Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1999. cap.51, p.427-435.

ROCHA, D. R. **Avaliação de estresse térmico em vacas leiteiras mestiças (*bos taurus* x *bos indicus*) criadas em clima tropical quente úmido no estado do Ceará.** Universidade Federal do Ceará, Fortaleza – CE. Dissertação de mestrado. 67p. 2008.

RODRIGUES, V. C.; SILVA, I. J. O.; VIEIRA, F. M. C.; NASCIMENTO, S. T. A correct enthalpy relationship as thermal comfort index for livestock. **Int J Biometeorol**, p.455-459, 2010.

RUSHEN, J.; PASSILLÉ, A.M.; KEYSERLINGK, M. A. G. V.; WEARY, D. M. **The Welfare of Cattle**. Dordrecht, Holanda, Ed. Springer, 2008. 314p.

SANT'ANNA, A.C. **Fatores causais do grau de limpeza de vacas leiteiras e suas relações com a contagem de células somáticas**. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias . UNESP, Jaboticabal – SP. Dissertação de Mestrado. 2009. 63 p.

SANT'ANNA, A.C.; PARANHOS DA COSTA, M. J. R. Avaliação do bem-estar de animais de produção. **Ciência Veterinária nos Trópicos**, v.13, suplemento 1, p.29-35, 2010.

SCHLEGER, A.V.; TURNER, H. G. Sweating rates of cattle in the field and their reaction to diurnal and seasonal changes. **Australian Journal Agricultural Research**, East Melbourne, v.16, p.92-106. 1965.

SILVA, R. G. DA. Estimativa do Balanço Térmico por Radiação em Vacas Holandesas Expostas ao Sol e à Sombra em Ambiente Tropical. **Rev. bras. zootec.**, v.28, n.6, p.1403-1411, 1999.

SILVA, E. C. L. DA. S.; MODESTO, E. C.; AZEVEDO, M. DE; FERREIRA, M. DE A.; DUBEUX JÚNIOR, J. C. B.; SCHULER, A. R. P. Efeitos da disponibilidade de sombra sobre o desempenho, atividades comportamentais e parâmetros fisiológicos de vacas da raça Pitangueiras. **Acta Scientiarum. Animal Sciences** Maringá. v. 31, p. 295-302, 2009.

SIMAS, J. M. C. de. **Nutrição de animais em condição de estresse**. In: Simpósio brasileiro de ambiência na produção de leite, Piracicaba, 1998. Anais... Piracicaba: FEALQ, 1998. p.103-113.

SOUZA, B. B. DE; SILVA, R. M. N. DA; MARINHO, M. L.; ASSIS SILVA, G. DE; SILVA, E. M. N. DA; SOUZA, A. P. DE. Parâmetros fisiológicos e índice de tolerância ao calor de bovinos da raça Sindi no semiárido paraibano. **Ciênc. agrotec., Lavras**, v. 31, p. 883-888. 2007.

BONIFÁCIO BENICIO DE SOUZA, B. B. DE; SOUZA, E. D. DE; CEZAR, M. F.; SOUZA, W. H. DE; SANTOS, J. R. S.; BENICIO, T. M. A. Temperatura Superficial e índice de tolerância ao calor de caprinos de caprinos de diferentes grupos raciais no semiárido nordestino. **Ciênc. agrotec., Lavras**, v. 32, n. 1, p. 275-280. 2008.

SOUSA JÚNIOR, S. C. DE; MORAIS, D. A. E. F.; VASCONCELOS, A. M. DE. NERY, K. M.; MORAIS, J. H. G.; GUILHERMINO, M. M. **Rev. Cient. Prod. Anim.** v.10, n.2, p.127-137, 2008.

SOUZA R. R. DE; BORGES D. DE P.; PEREIRA S. A.; MORAIS H. DE; PEREIRA L. A.; NASCIMENTO M. R. B. DE M. Características termorreguladoras de vacas leiteiras de diferentes grupos genéticos em ambiente tropical no verão. **PUBVET**. v.4, art. 915, 2010. Disponível em:
http://www.pubvet.com.br/artigos_det.asp?artigo=797. Acesso em: 31/10/2012.

**APENDICE – TABELA PRÁTICA DE ENTALPIA PARA BOVINOS LEITEIROS
MESTIÇOS**

NEAMBE - UFC																
TABELA PRÁTICA PARA AVALIAÇÃO DO AMBIENTE DE INSTALAÇÕES DE																
VACAS MESTIÇAS EM LACTAÇÃO																
Faixa de Conforto - IEC de 13,8 a 77,0 KJ/Kg ar seco																
Temperatura (°C)																
UR (%)	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
40	34,7	36,6	38,6	40,7	42,8	45,0	47,2	49,5	51,9	54,3	56,8	59,4	62,1	64,8	67,7	70,6
41	35,1	37,0	39,0	41,1	43,3	45,5	47,7	50,0	52,4	54,9	57,5	60,1	62,8	65,6	68,5	71,5
42	35,4	37,4	39,5	41,6	43,7	46,0	48,2	50,6	53,0	55,6	58,1	60,8	63,6	66,4	69,4	72,4
43	35,8	37,8	39,9	42,0	44,2	46,4	48,8	51,2	53,6	56,2	58,8	61,5	64,3	67,2	70,2	73,3
44	36,1	38,2	40,3	42,4	44,7	46,9	49,3	51,7	54,2	56,8	59,5	62,2	65,1	68,0	71,0	74,2
45	36,5	38,6	40,7	42,9	45,1	47,4	49,8	52,3	54,8	57,4	60,1	62,9	65,8	68,8	71,9	75,1
46	36,9	39,0	41,1	43,3	45,6	47,9	50,3	52,8	55,4	58,1	60,8	63,6	66,6	69,6	72,7	75,9
47	37,2	39,3	41,5	43,8	46,1	48,4	50,9	53,4	56,0	58,7	61,5	64,3	67,3	70,4	73,5	76,8
48	37,6	39,7	41,9	44,2	46,5	48,9	51,4	54,0	56,6	59,3	62,1	65,0	68,1	71,2	74,4	77,7
49	38,0	40,1	42,3	44,6	47,0	49,4	51,9	54,5	57,2	59,9	62,8	65,8	68,8	72,0	75,2	78,6
50	38,3	40,5	42,8	45,1	47,5	49,9	52,5	55,1	57,8	60,6	63,5	66,5	69,5	72,7	76,1	79,5
51	38,7	40,9	43,2	45,5	47,9	50,4	53,0	55,6	58,4	61,2	64,1	67,2	70,3	73,5	76,9	80,4
52	39,1	41,3	43,6	45,9	48,4	50,9	53,5	56,2	59,0	61,8	64,8	67,9	71,0	74,3	77,7	81,2
53	39,4	41,7	44,0	46,4	48,9	51,4	54,0	56,7	59,6	62,5	65,5	68,6	71,8	75,1	78,6	82,1
54	39,8	42,1	44,4	46,8	49,3	51,9	54,6	57,3	60,1	63,1	66,1	69,3	72,5	75,9	79,4	83,0
55	40,2	42,5	44,8	47,3	49,8	52,4	55,1	57,9	60,7	63,7	66,8	70,0	73,3	76,7	80,2	83,9
56	40,5	42,8	45,2	47,7	50,3	52,9	55,6	58,4	61,3	64,3	67,5	70,7	74,0	77,5	81,1	84,8
57	40,9	43,2	45,6	48,1	50,7	53,4	56,1	59,0	61,9	65,0	68,1	71,4	74,8	78,3	81,9	85,7
58	41,2	43,6	46,1	48,6	51,2	53,9	56,7	59,5	62,5	65,6	68,8	72,1	75,5	79,1	82,7	86,6
59	41,6	44,0	46,5	49,0	51,6	54,4	57,2	60,1	63,1	66,2	69,5	72,8	76,3	79,9	83,6	87,4
60	42,0	44,4	46,9	49,5	52,1	54,9	57,7	60,7	63,7	66,9	70,1	73,5	77,0	80,7	84,4	88,3
61	42,3	44,8	47,3	49,9	52,6	55,4	58,2	61,2	64,3	67,5	70,8	74,2	77,8	81,4	85,3	89,2
62	42,7	45,2	47,7	50,3	53,0	55,9	58,8	61,8	64,9	68,1	71,5	74,9	78,5	82,2	86,1	90,1
63	43,1	45,6	48,1	50,8	53,5	56,4	59,3	62,3	65,5	68,7	72,1	75,6	79,3	83,0	86,9	91,0
64	43,4	45,9	48,5	51,2	54,0	56,8	59,8	62,9	66,1	69,4	72,8	76,3	80,0	83,8	87,8	91,9
65	43,8	46,3	48,9	51,6	54,4	57,3	60,3	63,4	66,7	70,0	73,5	77,0	80,8	84,6	88,6	92,8
66	44,2	46,7	49,4	52,1	54,9	57,8	60,9	64,0	67,3	70,6	74,1	77,7	81,5	85,4	89,4	93,6
67	44,5	47,1	49,8	52,5	55,4	58,3	61,4	64,6	67,8	71,3	74,8	78,4	82,2	86,2	90,3	94,5
68	44,9	47,5	50,2	53,0	55,8	58,8	61,9	65,1	68,4	71,9	75,5	79,2	83,0	87,0	91,1	95,4
69	45,3	47,9	50,6	53,4	56,3	59,3	62,4	65,7	69,0	72,5	76,1	79,9	83,7	87,8	92,0	96,3
70	45,6	48,3	51,0	53,8	56,8	59,8	63,0	66,2	69,6	73,1	76,8	80,6	84,5	88,6	92,8	97,2
71	46,0	48,7	51,4	54,3	57,2	60,3	63,5	66,8	70,2	73,8	77,4	81,3	85,2	89,4	93,6	78,3
72	46,3	49,0	51,8	54,7	57,7	60,8	64,0	67,4	70,8	74,4	78,1	82,0	86,0	90,1	94,5	99,0
73	46,7	49,4	52,2	55,2	58,2	61,3	64,5	67,9	71,4	75,0	78,8	82,7	86,7	90,9	95,3	99,8
74	47,1	49,8	52,7	55,6	58,6	61,8	65,1	68,5	72,0	75,6	79,4	83,4	87,5	91,7	96,1	100,7
75	47,4	50,2	53,1	56,0	59,1	62,3	65,6	69,0	72,6	76,3	80,1	84,1	88,2	92,5	97,0	101,6
76	47,8	50,6	53,5	56,5	59,6	62,8	66,1	69,6	73,2	76,9	80,8	84,8	89,0	93,3	97,8	102,5
77	48,2	51,0	53,9	56,9	60,0	63,3	66,7	70,1	73,8	77,5	81,4	85,5	89,7	94,1	98,7	103,4
78	48,5	51,4	54,3	57,3	60,5	63,8	67,2	70,7	74,4	78,2	82,1	86,2	90,5	94,9	99,5	104,3
79	48,9	51,8	54,7	57,8	61,0	64,3	67,7	71,3	75,0	78,8	82,8	86,9	91,2	95,7	100,3	105,2
80	49,3	52,1	55,1	58,2	61,4	64,8	68,2	71,8	75,5	79,4	83,4	87,6	92,0	96,5	101,2	106,0
81	49,6	52,5	55,5	58,7	61,9	65,3	68,8	72,4	76,1	80,0	84,1	88,3	92,7	97,3	102,0	106,9
82	50,0	52,9	56,0	59,1	62,4	65,8	69,3	72,9	76,7	80,7	84,8	89,0	93,5	98,1	102,8	107,8
83	50,4	53,3	56,4	59,5	62,8	66,3	69,8	73,5	77,3	81,3	85,4	89,7	94,2	98,8	103,7	108,7
84	50,7	53,7	56,8	60,0	63,3	66,8	70,3	74,1	77,9	81,9	86,1	90,4	94,9	99,6	104,5	109,6
85	51,1	54,1	57,2	60,4	63,8	67,2	70,9	74,6	78,5	82,6	86,8	91,1	95,7	100,4	105,3	110,5

LIMITES	INF	SUP	INF	SUP	INF	SUP
Lactação	13,8	77,0	77,3	84,5	84,6	####