

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
PROGRAMA DE DOUTORADO INTEGRADO EM ZOOTECNIA**

**ADAPTABILIDADE AO CALOR E ÍNDICES AMBIENTAIS PARA VACAS  
DA RAÇA HOLANDESA NO SEMIÁRIDO**

**FLORISVAL PROTÁSIO DA SILVA FILHO**  
Zootecnista

**RECIFE - PE  
FEVEREIRO - 2013**

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
PROGRAMA DE DOUTORADO INTEGRADO EM ZOOTECNIA**

**ADAPTABILIDADE AO CALOR E ÍNDICES AMBIENTAIS PARA VACAS  
DA RAÇA HOLANDESA NO SEMIÁRIDO**

**FLORISVAL PROTÁSIO DA SILVA FILHO**

**RECIFE - PE  
FEVEREIRO - 2013**

**FLORISVAL PROTÁSIO DA SILVA FILHO**

**ADAPTABILIDADE AO CALOR E ÍNDICES AMBIENTAIS PARA VACAS  
DA RAÇA HOLANDESA NO SEMIÁRIDO**

Tese apresentada ao Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, do qual participam a Universidade Federal da Paraíba e Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Zootecnia.

Área de Concentração: Produção Animal.

**Comitê de Orientação:**

Prof. Dr. Marcílio de Azevedo – Orientador Principal

Prof. Dr. Marcelo de Andrade Ferreira – Co-orientador

**RECIFE - PE  
FEVEREIRO - 2013**

## FICHA CATALOGRÁFICA

S586a Silva Filho, Florisval Protásio da  
Adaptabilidade ao calor e índices ambientais para vacas da  
raça Holandesa no semiárido / Florisval Protásio da Silva Filho.  
-- Recife, 2013.  
87 f. : il.

Orientador (a): Marcílio de Azevedo.  
Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade  
Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Zootecnia,  
Recife, 2013.  
Referência.

1. Bioclimatologia animal 2. Bovino 3. Raça holandesa  
4. Semiárido I. Azevedo, Marcílio de, orientador II. Título

CDD 636

**FLORISVAL PROTÁSIO DA SILVA FILHO**

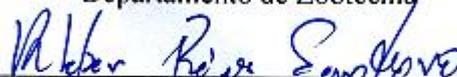
**ADAPTABILIDADE AO CALOR E ÍNDICES AMBIENTAIS PARA VACAS  
DA RAÇA HOLANDESA NO SEMIÁRIDO**

Tese defendida e aprovada pela Comissão Examinadora em 28 de fevereiro de 2013

Comissão Examinadora:



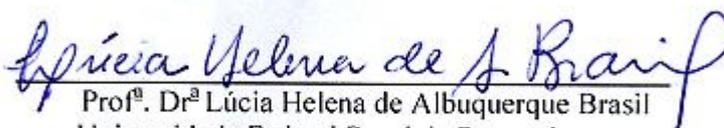
Prof. Dr. Edilson Paes Saraiva  
Universidade Federal da Paraíba  
Departamento de Zootecnia



Prof. Dr. Kléber Régis Santoro  
Universidade Federal Rural de Pernambuco - UAG  
Departamento de Zootecnia



Prof. Dr. Héilton Pandorfi  
Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Departamento de Tecnologia Rural



Prof. Dr. Lúcia Helena de Albuquerque Brasil  
Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Departamento de Zootecnia



Prof. Dr. Marçílio de Azevedo  
Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Departamento de Zootecnia  
Presidente

**RECIFE-PE  
FEVEREIRO – 2013**

Aos meus pais, Vavá Protásio e Mauricéia, que nunca mediram esforços para que os meus sonhos fossem realizados. Com sua perseverança, garra e muita coragem, me ensinaram que sempre há uma nova oportunidade, uma nova história a ser escrita, mas que para isto

temos que saber deixar para trás o que não nos edifica.

Aos meus irmãos Mona, Elisa, Florismário e Missias que sempre foram meus companheiros nos momentos mais importantes de minha vida, que nunca se negaram a

estar próximos de mim nas ocasiões de incertezas e de lutas.

A minha avó Eunice que sempre pra mim reflete o verdadeiro sentido da palavra amor.

Aos meus sobrinhos, Neto, Laíza, Luis e Laiane que representam a alegria, o amor e a

esperança.

**Amo todos vocês!**

**Dedico**

## AGRADECIMENTOS

A **DEUS**, Criador e minha fonte de fé.

Ao professor Marcílio de Azevedo, pela orientação, atenção e confiança.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco, por me proporcionar a realização deste  
Curso.

A todos os professores, funcionários e colegas do Curso de Pós-graduação em Zootecnia  
da UFRPE que muito contribuíram pra minha formação profissional.

Ao Conselho Nacional de Pesquisa, CNPQ, pela concessão da bolsa de auxílio financeiro.

Ao professor Héilton Pandorf, pela disponibilidade e sugestões no decorrer do curso.

A professora Ângela Quintão Lana e ao professor Kléber Régis, pela preciosa ajuda na  
realização das análises estatística.

Às amigas Eulália Barros, Lígia Alexandrina e Rosália pela disponibilidade e  
companheirismo. São irmãs que ganhei e que sempre estiveram dispostas a ajudar.

Ao Sr. José Carlos Lyra de Andrade, por disponibilizar sua propriedade para realização da  
pesquisa.

Aos funcionários da Fazenda Riachão, pelo incentivo, receptividade e contribuição na  
condução do experimento, em especial a Nildinho, gerente da mesma.

As minhas tias, Socorro, Dora e Rosário, pela paciência e incentivo.

Ao amigo Arquimedes, pela valiosa ajuda.

À estagiária Késia, pela ajuda na coleta dos dados.

Aos amigos, Hiran, Luiz Fernando, Dayllon, Dimicarty, Diôgo, Henrique, Eliakin, Zé de  
Lulú.

Às amigas, Vanderléia, Danielle, Jussara e Isabelle, que mesmo distante se fizeram  
importantes.

## SUMÁRIO

	<b>PÁGINA</b>
Lista de Tabelas.....	<i>x</i>
Lista de Figuras.....	<i>xi</i>
Resumo Geral.....	<i>xii</i>
Abstract.....	<i>xiii</i>
Considerações Iniciais.....	01
Capítulo 1 - Adaptabilidade ao calor de vacas da raça Holandesa no agreste de Pernambuco e estimativa de índices de conforto térmico.....	03
1- Adaptação.....	04
2 - Zona de termoneutralidade.....	05
3- Estresse térmico e produção de leite.....	06
4- Efeito da coloração da pelagem sobre a produção de leite.....	07
5 - Índices de conforto térmico.....	10
5.1 - Índice de temperatura e umidade (ITU).....	10
5.2- índice de temperatura do globo e umidade (ITGU).....	12
5.3 - Carga térmica radiante (CTR).....	13
5.4- Índice de temperatura equivalente (ITE).....	14
6 - Efeito do estresse térmico sobre os parâmetros fisiológicos.....	15
6.1 – Frequência respiratória.....	16
6.2 - Temperatura retal.....	17
6.3 - Pelame.....	18
6.4 - Epiderme.....	20
7 – Efeito da genética.....	22
Referências Bibliográficas.....	24
Capítulo 2 - Termorregulação de vacas Holandesas no Semiárido de Pernambuco..	29
Resumo.....	30
Abstract.....	31
Introdução.....	32
Material e Métodos.....	34
Resultados e Discussão.....	39

Conclusões.....	48
Referências Bibliográficas.....	49
Capítulo 3 - Níveis críticos de índices ambientais para vacas da raça Holandesa no Semiárido.....	52
Resumo.....	53
Abstract.....	54
Introdução.....	55
Material e Métodos.....	57
Resultados e Discussão.....	60
Conclusões.....	69
Referências Bibliográficas.....	70
Considerações Finais.....	72
ANEXO	

## LISTA DE TABELAS

### Capítulo 1

- |   | Página |
|---|--------|
| 1. Escala de risco de acordo com o índice de temperatura equivalente..... | 29     |

### Capítulo 2

- |   |    |
|---|----|
| 1. Valores médios e variação dos elementos meteorológicos e dos índices de conforto térmico registrados nos dias e horários de aferições dos parâmetros fisiológicos nas estações do ano..... | 53 |
| 2. Valores médios dos parâmetros fisiológicas das vacas Holandesas de acordo com as estações do ano e período do dia.....   | 55 |
| 3. Coeficientes de correlação de Pearson entre variáveis climáticas com os parâmetros fisiológicos de vacas da raça Holandesa.....  | 58 |
| 4. Médias das variáveis fisiológicas medidas nas vacas Holandesas de acordo com a cor do pelame.....  | 59 |
| 5. Valores médios da TEN (temperatura da epiderme negra) de acordo com a cor do pelame e período do dia.....  | 61 |

### ANEXO

- |   |    |
|---|----|
| 6. Porcentagem de pelagem branca e negra nas vacas experimentais..... | 88 |
|---|----|

## LISTA DE FIGURAS

	Página
<b>Capítulo 3</b>	
1. Valores médios de temperatura do ar ( $T_a$ ) nas estações primavera/verão e outono/inverno.....	74
2. Valores médios de umidade relativa do ar (UR) nas estações primavera/verão e outono/inverno.....	75
3. Valores médios de velocidade dos ventos (VV) nas estações primavera/verão e outono/inverno.....	75
4. Valores médios de temperatura do globo negro (TGN) nas estações primavera/verão e outono/inverno.....	76
5. Valores médios de carga térmica radiante (CTR) nas estações primavera/verão e outono/inverno.....	77
6. Valores médios de índice de temperatura e umidade (ITU) e índice de temperatura do globo e umidade (ITGU) nas estações primavera/verão e outono/inverno.....	77
7. Temperatura retal (TR) de vacas holandesas em função do índice de temperatura e umidade (ITU).....	79
8. Frequência respiratória (FR) de vacas holandesas em função do índice de temperatura e umidade (ITU).....	80
9. Temperatura retal (TR) de vacas holandesas em função do índice de temperatura do globo e umidade (ITGU).....	81
10. Frequência respiratória (FR) de vacas holandesas em função do índice de temperatura do globo e umidade (ITGU).....	82
<b>ANEXO</b>	
11. Sala de ordenha	87
12. Instalações	87

## **ADAPTABILIDADE AO CALOR E ÍNDICES AMBIENTAIS PARA VACAS DA RAÇA HOLANDESA NO SEMIÁRIDO**

**RESUMO GERAL** - O experimento foi conduzido no município de São Bento do Una na região Semiárida de Pernambuco nas estações primavera/verão e outono/inverno. Objetivou-se avaliar a adaptabilidade ao calor e estimar os índices de conforto térmico para vacas da raça Holandesa provenientes do estado do Paraná. O período experimental foi de novembro de 2010 a setembro de 2011. Realizou-se as aferições dos parâmetros fisiológicos: temperatura retal (TR, °C), frequência respiratória (FR, mov./min<sup>-1</sup>), temperatura da epiderme branca (TEB, °C) e negra (TEN, °C), temperatura da superfície do pelame branco (TSPB, °C) e negro (TSPN, °C) de 18 vacas leiteiras da raça Holandesa pela manhã (6 h) e à tarde (16 h). A produção de leite foi medida diariamente. O ambiente foi monitorado continuamente por intermédio de uma estação meteorológica automática e os dados climáticos registrados foram utilizados para calcular os índices de conforto térmico: índice de temperatura e umidade (ITU), índice de temperatura do globo e umidade (ITGU), índice de temperatura equivalente (ITE) e carga térmica radiante (CTR, W/m<sup>2</sup>). O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2x2, sendo período do dia (manhã e tarde) e estação do ano (primavera/verão e outono/inverno). O resultado da análise de correlação mostrou que todas as variáveis meteorológicas apresentaram correlações significativas com todos os parâmetros fisiológicos. Os animais predominantemente negros apresentaram diferença significativa ( $P < 0,01$ ) para TR, TSPN, TEN e TEB, sendo superiores aos predominantemente brancos. Todas as variáveis fisiológicas foram superiores ( $P < 0,01$ ) na estação primavera/verão que no outono/inverno e no período da tarde que no da manhã. Foram observadas correlações significativas entre as variáveis ambientais e os índices de conforto térmico com as variáveis fisiológicas. Os resultados obtidos evidenciaram que a TR é o melhor indicador de estresse térmico para vacas da raça Holandesa em lactação. Foram realizadas análises de regressão com ajustes de modelo para estimar os níveis críticos de índices de conforto térmico. O valor do ITU crítico com base na temperatura retal e frequência respiratória, foram estimados, sendo respectivamente iguais a 78 e 75.

**Palavras-chave:** bovinocultura de leite, estresse pelo calor, parâmetros fisiológicos

## HEAT ADAPTABILITY AND ENVIRONMENTAL INDICES FOR HOLSTEIN COWS IN THE SEMI-ARID REGION

**ABSTRACT** – This experiment was conducted in the municipality of São Bento do Una in Pernambuco's semi-arid region during spring/summer and autumn/winter. Its aim was to assess the heat adaptability of Holstein cows originating from the state of Paraná and to estimate thermal comfort indices. The experiment took place from November 2010 to September 2011. Measurements of the following physiological parameters were taken from 18 Holstein dairy cows in the morning (6 h) and afternoon (16 h): rectal temperature (RT, °C), respiratory rate (RR, mov./min<sup>-1</sup>), skin temperature of white areas (STW, °C) and black areas (STB, °C), and surface temperature of white pelage (STWP, °C) and black pelage (STBP, °C). Milk production was measured daily. The environment was continuously monitored by an automatic meteorological station and the recorded weather data was used to calculate the following indices for thermal comfort: temperature humidity index (THI), Black-Globe Temperature Humidity Index (BGTHI), equivalent temperature index (ETI) and the radiant thermal load index (RTL, W/m<sup>2</sup>). The experimental delineation that was used was completely casual, a 2x2 factorial scheme being the period of day (morning and afternoon) and season of the year (spring/summer and autumn/winter). The result of the correlation analysis showed that all of the meteorological variables showed significant correlations with all of the physiological parameters. Predominantly black cows showed a significant difference ( $P < 0.01$ ) for RT, STBP, STB and STW, which were higher than those recorded for predominantly white cows. All of the physiological variables were higher ( $P < 0.01$ ) in spring/summer than in autumn/winter and in the afternoon rather than in the morning. Significant correlations were observed between environmental variables and thermal comfort indices with physiological variables. The results obtained prove that RT is the best indicator of heat stress in lactating Holstein cows. Regression analyses with adjustments to the model were carried out to estimate critical levels of thermal comfort. Critical THI, based on rectal temperature and respiratory rate, was estimated, being equal to 78 and 75, respectively.

**Keywords:** dairy cattle, heat stress, physiological parameter

## CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Apesar de ser um dos maiores produtores de leite do mundo, os rebanhos leiteiros brasileiros são caracterizados por sua baixa produtividade. Objetivando melhorar esse quadro, muitos criadores optam por adquirir animais geneticamente superiores, provenientes de regiões de clima temperado, entretanto, a mudança para o ambiente tropical, por vezes, leva a queda acentuada dos índices produtivos destes animais. .

Sabe-se que o Brasil possui dois terços do seu território situado na zona tropical do planeta, o que lhe confere altas temperaturas do ar em função da elevada taxa de radiação solar na maior parte do ano. Estas características são mais evidentes na região Nordeste, que apresentam insolação e temperatura média anual superiores as demais regiões do país. A associação de altas temperaturas do ar com intensa radiação solar pode levar ao aumento na temperatura corporal dos animais acima dos valores fisiológicos normais, caracterizando a hipertermia e afetando de forma negativa o desempenho animal. O estresse térmico é um dos fatores mais preocupantes na criação de animais de produção em regiões tropicais, causando depressão produtiva, uma vez que a energia que deveria ser utilizada para produção, está sendo usada para sua termorregulação. Animais com alto potencial produtivo tendem a sofrer ainda mais, pois seu metabolismo é acelerado.

Animais homeotérmicos, como as vacas, são capazes de manter relativamente constante sua temperatura corporal. Para que isto aconteça, são necessárias mudanças fisiológicas. Quando o animal está em um ambiente em que a temperatura situa-se acima da sua zona de conforto térmico, o mesmo utiliza de modificações fisiológicas como o aumento da frequência respiratória, da sudorese e da temperatura corporal, com o objetivo de dissipar o calor excedente que está sendo transmitido a ele pelo ambiente. Quanto mais demorado for o tempo de exposição neste ambiente adverso, maiores serão os efeitos negativos no bem-estar dos animais, podendo depreciar sua capacidade de produção, crescimento e reprodução.

O pelame é um dos principais meios de proteção térmica entre os mamíferos, sendo uma barreira ao fluxo de calor por meio do isolamento proporcionado pela estrutura física e pelo tipo de fibra, mas principalmente pelas camadas de ar aprisionadas entre os pelos. A sua cor está diretamente ligada à capacidade de refletir a radiação solar, uma vez que o pelame negro proporciona maior absorção dessa radiação, e o pelame branco, maior capacidade de reflexão. Para avaliar o estresse climático nos animais, têm sido utilizados diversos meios, entre eles as respostas fisiológicas como a frequência respiratória, a

temperatura corporal, a temperatura da epiderme e a temperatura da superfície do pelame. Estes mostram os níveis de uso da termorregulação pelos animais. Quanto maiores os valores das respostas fisiológicas, maior é o estresse que o animal está submetido.

Outro indicativo de conforto térmico dos animais são os chamados índices de conforto térmicos. Estes descrevem com mais acurácia os efeitos ambientais sobre a capacidade de dissipação de calor pelos animais, uma vez que foram criados levando em consideração algumas variáveis climáticas no local onde os animais são mantidos. Estes índices em sua maioria foram obtidos em regiões de clima temperado, sendo seus valores críticos utilizados para as regiões de origem. A confiabilidade no uso dos índices de conforto térmico na região semiárida parte do princípio da necessidade de se considerar as particularidades climáticas locais.

Considerando que é uma prática comum entre os criadores nordestinos de gado leiteiro da raça Holandesa a aquisição de animais provenientes da região sul do país, cujo clima subtropical proporciona melhores condições para a produção de leite com gado especializado, torna-se importante analisar o comportamento fisiológico desses animais sob condições de ambiente térmico mais adverso, principalmente em termos de temperatura do ar, proporcionando conhecimentos que poderão subsidiar a tomada de melhores decisões de manejo por parte dos criadores. Diante do exposto, fica evidente a necessidade de realizar pesquisas com o objetivo de elucidar a influência da cor do pelame nas respostas fisiológicas e índices críticos de conforto térmico para vacas Holandesas expostas as condições climáticas típicas da região semiárida nordestina.

No capítulo um está apresentada uma revisão de literatura sobre os efeitos do estresse pelo calor nas respostas fisiológicas de vacas puras da raça Holandesa, os efeitos desse estresse na produção de leite, os efeitos da coloração da pelagem na produção de leite, os índices de conforto térmico e o efeito da composição genética.

No capítulo dois estão apresentadas as respostas fisiológicas de vacas Holandesas de acordo com a cor do pelame, estação do ano e período do dia.

No capítulo três encontra-se a estimativa dos níveis críticos superiores do índice de temperatura e umidade (ITU), índice de temperatura do globo e umidade (ITGU) de vacas da raça Holandesa no Semiárido do Estado de Pernambuco.

## **CAPÍTULO 1**

---

### **REFERENCIAL TEÓRICO**

**Adaptabilidade ao calor e índices ambientais para vacas da raça Holandesa no  
Semiárido**

## 1 - ADAPTAÇÃO

Mesmo sob condições climáticas desfavorável à produção animal, a bovinocultura leiteira é uma atividade de grande relevância para a economia das regiões de clima semiárido, gerando emprego e renda para as populações rurais e, conseqüentemente o suprimento das necessidades alimentares de leite e seus derivados (Rodrigues et al., 2010).

A adaptação de um animal se refere a modificações nas características morfológicas, anatômicas, fisiológicas e de conduta de um animal em resposta a ação de fatores ambientais. De acordo com Silva (2000), do ponto de vista biológico, a adaptação pode ser definida como a associação entre características anatômicas, morfológicas, bioquímicas, fisiológicas e comportamentais visando promover o bem-estar e facilitar a sobrevivência animal em determinado ambiente. Segundo Glessler et al. (2004), a adaptação promove ajustes num organismo de acordo com determinada condição. Estes ajustamentos podem ocorrer em nível genético favorecendo toda a população, ou apenas fenotipicamente de modo a favorecer apenas um indivíduo. Assim, a adaptabilidade está estritamente relacionada com as suas características anátomo-fisiológicas e se elas são compatíveis ou não com o novo ambiente.

Os animais homeotérmicos em geral são adaptáveis em uma ampla gama de ambientes. Entretanto, ocorrem diversas alterações térmicas no ambiente normal dos animais, causando-lhes estresse, desencadeando redução no desempenho, como resultado da diminuição na saúde e na hígidez. Dentro de certos limites, os animais sustentam a homeostase, se ajustando fisiológica, comportamental ou imunologicamente de modo a minimizar as conseqüências adversas (Silva et al., 2012).

Entre os fatores de ambiente que provocam maior impacto na produtividade animal, o estresse calórico se destaca como um dos mais importantes, pois pode inclusive comprometer a própria sobrevivência do animal, uma vez que a manutenção da homeotermia é pré-requisito para o funcionamento geral dos processos fisiológicos. Nesse particular, todas as características envolvidas na produção, conservação e dissipação de calor corporal, tais como aquelas relacionadas com o isolamento do animal (pele e capa de pelame), tamanho, forma e estrutura do corpo, dentre outras, são primordiais para a adaptação de um animal em condições de estresse térmico.

## **2 - ZONA DE TERMONEUTRALIDADE**

As vacas leiteiras, assim como todos os demais ruminantes, são classificadas como animais homeotérmicos, apresentando mecanismos fisiológicos que se destinam a manter a temperatura corporal dentro dos limites da termoneutralidade ou zona de conforto térmico (Baêta & Souza, 2010), na qual a regulação da temperatura é atingida apenas por processos físicos não evaporativos. A frequência respiratória é normal e não ocorre sudorese, o custo fisiológico é mínimo, a retenção da energia da dieta é máxima, a temperatura corporal e o apetite são normais e a produção é otimizada (Baccari Jr., 2001). Dessa forma, o gasto de energia para manutenção do animal ocorre em um nível mínimo, não ocorrendo desvio de energia para manter o equilíbrio fisiológico. Do ponto de vista de produção, este aspecto reveste-se de muita importância, pelo fato de, dentro desses limites, os nutrientes ingeridos pelos animais serem utilizados exclusivamente para produção, crescimento e desenvolvimento (Baêta e Souza, 1997).

Os animais homeotérmicos elevam sua taxa de metabolismo quando a temperatura ambiente se acha abaixo da temperatura crítica inferior, porém não há uma ação contrária, quando a temperatura se eleva acima da temperatura crítica superior. Em outras palavras, a taxa de metabolismo de manutenção não pode ser reduzida abaixo de um limite mínimo, mesmo quando a energia térmica gerada é excessiva para o organismo. Neste último, os animais devem ser capazes de eliminar o excesso de calor por meio dos diferentes mecanismos físicos disponíveis (Silva, 2008).

Quando a temperatura ambiente está acima da zona de conforto térmico, os animais podem entrar em hipertermia e, concomitantemente, inicia-se o aumento da perda de calor e/ou diminuição da produção de calor corporal, cuja eficiência depende de vários fatores, tais como, características anatômicas, morfológicas e fisiológicas, podendo resultar em maior ou menor capacidade dos animais em dissipar calor. Independente do tipo de estresse sofrido, as vacas leiteiras buscam manter a homeotermia por meio de processos de transferência de energia térmica, seja pelos mecanismos sensíveis (condução, convecção e radiação) ou latentes (evaporação) (Almeida et al., 2010).

Nääs (1989) relata que a faixa de 13° a 18°C mostrou-se confortável para a maioria dos ruminantes, enquanto que para vacas em lactação o melhor intervalo estaria entre 4° e 24°C, podendo ser restringida entre 7° e 21°C em função da umidade relativa do ar e radiação solar. Para vacas da raça Pardo Suíço e Jersey em lactação, a temperatura crítica superior pode chegar, respectivamente, a 27° e 29°C (Hafez, 1975). Huber (1990) reportou

a zona de termoneutralidade de 4° a 26°C, para vacas holandesas em lactação, enquanto que para vacas Zebu, a crítica superior varia entre 30 e 35°C (Bianca, 1965).

### **3 - ESTRESSE POR CALOR E PRODUÇÃO DE LEITE**

A elevada temperatura do ar, principalmente quando associadas à alta umidade e radiação solar são os principais elementos climáticos estressores que causam declínio na produção de leite.

O estresse por calor é um problema típico encontrado na bovinocultura leiteira nos trópicos e subtropicais, causando reduções na produção, mudanças na composição do leite, redução na ingestão de alimentos e aumento na ingestão de água. A perda de produção de leite devido ao aumento de temperatura depende de fatores como a umidade relativa do ar, velocidade do vento, nutrição e outros fatores relacionados ao manejo (Brasil & Silva 2010).

No metabolismo animal, a homeotermia aparece como prioridade frente a outras funções produtivas, como, por exemplo, a lactação.

Os decréscimos observados na produção de leite de vacas submetidas ao estresse pelo calor são devidos aos efeitos envolvidos na termorregulação, no balanço de energia e armazenamento de calor corporal (Hansen, 1990), podendo resultar em decréscimo de 17% na produção de leite de vacas de 15 kg de leite/dia e de 22% em vacas de 40 kg/dia (Pinarelli, 2003). Todas as modificações que são observadas no organismo animal acontecem com o objetivo de reduzir a produção de calor e aumentar as perdas de calor com o ambiente (Jhonson, 1985).

A diminuição na produção de leite das vacas sob estresse por calor advindo de elevadas temperaturas deve-se, primordialmente, à redução no consumo de alimentos (Baccari Jr., 2001), à hipofunção da tireóide e à energia despendida para eliminar o excesso de calor corporal. A redução no consumo de alimentos é maior quanto mais intenso o estresse por calor, e ocorre principalmente devido à inibição, pelo calor, do centro do apetite localizado no hipotálamo, resultante da hipertermia corporal (Baccari Jr., 2001). Para este mesmo autor as respostas das vacas em lactação ao estresse por calor incluem: redução na produção e porcentagem de gordura no leite; redução no consumo de forragem como porcentagem do total de alimento, quando oferecida separadamente; aumento das necessidades de manutenção; diminuição da atividade, especialmente durante o dia; aumento da frequência respiratória e hipertermia.

A recuperação da produção de leite após o estresse por calor ocorre lentamente, variando com a intensidade e duração do estresse, da fase da lactação, podendo recuperar a produção normal ou comprometer toda a lactação.

Vacas em lactação na Califórnia, no verão de 1977, passaram por estresse por calor severo por um período de quase uma semana. Durante esse período, as máximas de temperatura diárias atingiram valores que variaram de 31 a 35,5°C e as mínimas de 21°C. A umidade relativa do ar, média, variou entre 90 e 95%. Aproximadamente 700 animais morreram devido ao estresse pelo calor e a produção de todas as vacas foi substancialmente reduzida (Buffington et al., 1982).

Vacas holandesas mantidas das 9 às 16 horas sob estrutura portátil com tela de polipropileno provendo 80% de sombra, produziram 12% a mais de leite que as que ficaram sob radiação solar direta (Valtorta et al., 1996).

Campos et al. (2002) observaram diminuição da produção de leite quando os animais foram submetidos à temperatura de 32°C e a umidade relativa variou de 20 para 45%. Essa diferença de 25% na umidade inibe o resfriamento evaporativo em bovinos, causando diminuição no consumo de alimento e, conseqüentemente, perdas na produção de leite.

Martello et al, (2010) avaliando o efeito do ambiente sobre a produção de leite, observou que a produção de leite por animal na primavera, no verão e no inverno, foi de 25,2, 19,6 e 23,7kg/dia, respectivamente. A produção de leite foi maior na primavera que no verão e no inverno, e maior no inverno que no verão.

#### **4 - EFEITO DA COLORAÇÃO DA PELAGEM SOBRE A PRODUÇÃO DE LEITE**

A cor do pelame e suas características morfológicas em bovinos são fatores que interferem diretamente nas trocas térmicas de calor sensível (convecção cutânea e radiação) e as perdas de calor latente (evaporação cutânea) para o ambiente.

Sob radiação solar direta, a quantidade de calor transferida ao animal é diretamente dependente da cor de sua pelagem. No momento em que a luz solar atinge a superfície corporal, uma proporção da radiação solar é absorvida e outra refletida.

É dito que o pelame escuro apresenta maior absorção e menor reflexão da radiação térmica, resultando em maior estresse por calor para os animais. Mas tem sido demonstrado que os pelames claros permitem maior penetração da radiação solar que os escuros (Silva

et al, 2001). Quanto maior a medulação dos pelos, maior é a quantidade de melanina presente, conferindo maior proteção à pele.

Em geral, malhas de pelagem branca cobrem áreas de pele pouco pigmentadas e as de pelagem preta, áreas bem pigmentadas. Levando-se em conta que a pele pigmentada protege mais contra a radiação ultravioleta, responsável por queimaduras, o ideal seria um animal de pele escura e pelagem branca. Silva et al. (1988) observaram que, em animais da raça Holandesa, a epiderme sob as áreas brancas apresentava queimaduras intensas, enquanto as vacas predominantemente pretas, pastejavam mais tempo ao sol nas horas mais quentes do dia.

Silva (1999) estimando o balanço térmico por radiação solar em vacas Holandesas ao sol e à sombra relata que o tipo mais vantajoso de animal para climas quentes é o que apresenta pelagem total ou predominantemente branca sobre epiderme negra e, como na raça holandesa a pigmentação da pele acompanha a da pelagem, há duas alternativas: 1) se o regime for a pasto, dar preferência a animais predominantemente pretos, proporcionando-lhes sombra suficiente no campo, e 2) para um regime de estabulação, animais predominantemente brancos serão mais vantajosos. Em qualquer caso, a pelagem deve ser o menos espessa possível, com pelos curtos e bem assentados. Este fato é devido à radiação UV que para os animais é responsável pela síntese da vitamina D e fixação do cálcio, mas o seu excesso pode ser extremamente prejudicial. A proteção natural dos animais contra a radiação UV é proporcionada pela camada de pelos e pela melanina dos pelos e da epiderme. A melanina é formada por células especializadas (melanócitos) localizadas na camada basal da epiderme e na extremidade dos folículos pilosos, pela oxidação de um composto ortodihidroxifenílico do aminoácido tirosina, proveniente da digestão de proteínas. A única função conhecida da melanina é a proteção contra a radiação UV, sendo essa função fundamental para os animais que vivem nas regiões intertropicais, onde a incidência dessa radiação é significativamente maior que nas regiões ditas temperadas (Silva et al. 2001). De acordo com Becerril et al. (1993), vacas com maior percentual de manchas pretas apresentam produção de leite mais baixa que vacas com maior percentual de manchas brancas sob estresse por calor.

A estrutura física das fibras e a camada de ar armazenada no pelame promovem isolamento térmico e proteção contra a radiação solar direta (Silva et al., 2001). O pelame está diretamente relacionado à capacidade do animal em perder ou ganhar calor do ambiente, por isso, os diversos tipos de pelames envolvem isolamento térmico, eficiência de termólise evaporativa, atributos termorreguladores (entre tipo de pelame e sudação) e

associação do tipo de pelame com produção, ganho de peso, reprodução e outras características não ligadas diretamente à termorregulação (Turner, 1962).

Observando vacas da raça Australian Illawarra Shorthorn, predominantemente vermelhas, Schleger (1967) encontrou correlação negativa significativa entre a cor da pelagem e a produção média de leite durante os primeiros seis meses de lactação. As vacas mais claras produziram mais leite em sete dos nove rebanhos estudados. Um estudo comparativo de produtividade de vacas holandesas de pelagem vermelha com as de pelagem negra realizado por Rivas et al. (1985) em Cuba, não encontraram diferença significativa para produção de leite.

Trabalhando com vacas brancas (mais de 70% de pelagem branca) e pretas (mais de 70% de pelagem preta), Hansen (1990), observou para as primeiras à sombra e ao sol, produção de leite de 25,0 vs 23,7 Kg, enquanto que as pretas 23,1 vs 19,8 Kg, respectivamente, onde houve diferença significativa pela interação coloração x ambiente. A radiação solar causou uma depressão na produção de leite de 1,5 Kg/dia para as vacas brancas e 3,3 Kg/dia para as vacas predominantemente pretas. As vacas brancas foram menos afetadas que as pretas na sombra.

Goodwin et al. (1997) mostram que a produção de leite foi de 1,64 l/dia a mais para animais predominantemente brancos, relativamente aos predominantemente pretos (> 60% manchas pretas).

Maia et al. (2005), avaliando a variação genética das características do pelame e da produção de leite em vacas Holandesas manejadas à sombra no município de Descalvado, no Estado de São Paulo, observaram que a produção de leite em vacas predominantemente brancas tende a ser maior do que em vacas predominantemente negras. A média de produção diária de leite em sombra foi 23,1 kg para as vacas pretas e 25,2 kg para as brancas. A menor produção de leite em vacas predominantemente pretas pode ser devido ao maior balanço térmico por radiação em pelame preto (Silva et al., 2003). A maior absorção de energia de radiação térmica contribui para o aumento das temperaturas de superfície e retal (Hansen, 1990; Gebremedhin et al, 1997; Silva et al., 2001) ocasionando redução na capacidade do animal para dissipar o calor, contribuindo para o aumento da tensão térmica e diminuindo a produção de leite (Hansen, 1990; Gebremedhin et al, 1997). Silva et al. (2003), relata que vacas predominantemente brancas não apresentam esses problemas devido à menor absorção e maior reflexão da radiação solar.

## **5 - ÍNDICES DE CONFORTO TÉRMICO**

Um dos principais fatores que afetam a produção animal é o clima, sendo importante o seu conhecimento para analisar como pode ser adotado o manejo mais adequado dos animais. Assim, para que os animais possam exprimir todo o seu potencial produtivo, torna-se necessário considerar a relação existente entre genética, nutrição, sanidade e ambiente térmico. Este último, geralmente, engloba os efeitos da radiação solar, temperatura, umidade relativa do ar e velocidade do vento, sendo as variáveis temperatura do ar e umidade relativa do ar, os principais condicionantes para conforto térmico e o funcionamento geral dos processos fisiológicos.

Na avaliação dos efeitos do ambiente tropical sobre a adaptação dos animais, Barbosa e Silva (1995) assumem que os elementos climáticos não podem ser avaliados separadamente com respeito aos seus efeitos nas respostas fisiológicas e comportamentais dos animais, ou seja, estes elementos agem conjuntamente e uma dada resposta é uma função de suas ações combinadas. Silva (2000) relatou que em temperaturas ambientais muito elevadas, tanto o excesso quanto a carência de umidade são prejudiciais; ou seja, em ambiente muito seco a evaporação vai ocorrer muito rápido causando irritação cutânea e desidratação; e em ambiente muito úmido a evaporação torna-se muito lenta ou nula, reduzindo a termólise e aumentando o estresse de calor.

Além da temperatura do ar, outros elementos climáticos influem na habilidade dos animais em dissipar calor como a radiação, umidade relativa do ar e velocidade do vento. Diante da importância da interação desses elementos sobre as respostas adaptativas dos animais, índices de conforto térmico, combinando dois ou mais desses elementos, têm sido utilizados para avaliar o impacto ambiental sobre os animais, pois podem descrever mais precisamente os efeitos do ambiente sobre a habilidade do animal em dissipar calor (West, 1999).

### **5.1. ÍNDICE DE TEMPERATURA E UMIDADE (ITU)**

Segundo Silva (2000), o ITU é o índice mais utilizado para avaliar o conforto térmico em animais de produção. Foi originalmente desenvolvido para conforto térmico em humano, sendo empregado para esta finalidade em 1959. Este índice pode ser obtido por diversas equações, dentre as quais destaca-se a equação de Thom (1958) que leva em

consideração a temperatura do termômetro de bulbo seco ( $T_a$ ) e a temperatura do ponto de orvalho ( $T_{po}$ ), ambas expressas em °C:

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

A  $T_{po}$  é calculada através da seguinte fórmula:  $T_{po} = [(186,4950 - 237,3 \text{ Log } P_p\{t_a\}) / (\text{Log } P_p\{t_a\} - 8,2859)]$

Onde:

$P_p$  = pressão parcial de vapor.

Igono et al. (1992) determinaram para vacas Holandesas, na região central do Arizona-EUA (clima quente e seco), valores críticos mínimo, médio e máximo de ITU de 64; 72 e 76, respectivamente, encontrando redução na produção de 11,5 a 16,0 kg por vaca, por dia, quando comparada às produções de verão com as de meses com temperaturas mais amenas.

Armstrong (1994) classificou o estresse térmico de acordo com o ITU em ameno ou brando com valores de 72 a 78, moderado de 79 a 88 e severo de 89 a 98, sendo abaixo de 72 sem estresse por calor. Segundo Johnson (1980), o ITU à partir de 72 é crítico para vacas leiteiras, e à medida que este se eleva, sua produção de leite declina, sendo este declínio mais acentuado nas vacas mais produtoras, uma vez que, quanto mais produtora a vaca, maior é sua taxa metabólica e conseqüentemente sua sensibilidade ao estresse por calor. Para este mesmo autor, o declínio da produção de leite acentua-se com ITU de 76 a 78.

Segundo Damasceno et al. (1998) e Silva et al. (2002), O valor do ITU a partir do qual vacas Holandesas iniciam o declínio na produção de leite é igual a 72.

Avaliando ITU para bovinos Mader e Davis (2003), concluíram que este é um índice facilmente obtido por produtores quando estão sendo feitas avaliações de estresse por calor. Deve-se salientar que ajustes para velocidade do vento e radiação são necessários para determinar valores de ITU efetivos. Estes autores concluíram que com o aumento de 1,61 km/h na velocidade do vento o ITU diminui em 1,07 pontos, e um aumento de 25% na sombra de nuvens, o ITU diminui em 2,31 unidades. Para Aguiar (2003), o declínio na produção de leite em função da elevação do índice de temperatura e umidade (ITU), se observa a partir do valor 72, onde, à medida que o ITU se elevou, a produção de leite foi declinando, sendo o declínio mais acentuado, nas vacas de maior produção.

Azevedo et al. (2005) trabalhando com vacas leiteiras de diferentes grupos genéticos, 1/2, 3/4 e 7/8 Holandes-Zebú, estimaram valores críticos superiores para ITU

iguais a 79, 77 e 76, respectivamente, com base na frequência respiratória e de 80, 77 e 75, com base na temperatura retal, respectivamente.

Turco et al. (2006) realizaram o zoneamento bioclimatológico para vacas leiteiras no estado da Bahia e encontraram valores de 73 – 75 (perigo), 71 – 73 (alerta), 69 - 71(normal) e < 69 ideal para os meses mais frios, e 77 – 79 (perigo), 75 – 77 (alerta), 73 – 75 (normal) e ideal < 73 para os meses mais quentes.

Akyuz et al. (2010) avaliando os períodos críticos do ano na Turquia para vacas leiteiras, utilizando o ITU como parâmetro, concluíram que devem ser tomadas medidas à partir de ITU de 72 nos meses de verão para evitar as perdas na produção de leite e alterações na composição do leite, leite contagem de células somáticas e frequências de mastite. Silva et al. (2011), avaliando o comportamento ingestivo de vacas leiteiras na Zona da Mata Seca de Pernambuco, encontraram valores de ITU variando de 73 a 82, sendo considerados desconfortáveis para os animais.

## **5.2. ÍNDICE DE TEMPERATURA DO GLOBO E UMIDADE (ITGU)**

A radiação tem grande influência sobre os animais criados em campo aberto, nestas condições a utilização do ITU não mostrará quaisquer diferenças para animais mantidos à sombra ou ao sol direto (Silva, 2000).

Devido a isto, Buffington et al. (1981) desenvolveram o Índice de Temperatura Globo e Umidade (ITGU), inicialmente proposto para vacas leiteiras criadas a pasto, sendo posteriormente destinado para avaliar o conforto térmico de outros animais de produção criados a pasto. Este índice é expresso pela equação:  $ITGU = T_{gn} + (0,36 \times T_{po}) + 41,5$ ; em que:  $T_{gn}$  é a temperatura do globo negro (°C) e o  $T_{po}$  é a temperatura do ponto de orvalho (°C). Nesse trabalho, os autores observaram correlação da produção de leite mais alta com o ITGU do que com o ITU, sob radiação solar direta. À sombra, sob estresse moderado, os dois índices analisados apresentaram correlação similar com a produção de leite. Entretanto, sob condições de estresse severo pelo calor o ITGU foi o índice que evidenciou mais o fato, sendo considerado um indicador mais preciso do conforto térmico animal.

Martello et al. (2004), verificaram as respostas fisiológicas de vacas Holandesas em lactação submetidas a diferentes ambientes, encontraram valores de ITGU de até 77,8 e observaram que não houve alteração na condição normal da termorregulação dos animais. Os autores sugerem investigações adicionais dos limites críticos destes índices para vacas em lactação criadas em regiões tropicais.

Azevedo et al. (2005) estimaram os valores críticos de ITGU considerando a frequência respiratória. Obtiveram valores críticos superiores de 79, 77 e 76 para vacas leiteiras mestiças Holandês-Zebu (1/2, 3/4 e 7/8), respectivamente.

Souza et al. (2007), avaliando o ITGU de bovinos no semiárido paraibano, encontraram valores variando de 87,98 a 97,64 à sombra e ao sol, respectivamente. Silva et al. (2009) encontraram valor médio de 85 no município de Itambé, estado de Pernambuco. Façanha et al. (2010) observaram valores de ITGU médio igual a 92 no outono na região semiárida. Silva et al. (2011), avaliando o comportamento ingestivo de vacas Girolandas sob diferentes taxas de lotação na Zona da Mata Seca de Pernambuco, encontraram valores de ITGU variando de 79 a 83, os quais foram considerados elevados.

### 5.3. CARGA TÉRMICA RADIANTE (CTR)

A carga térmica radiante (CTR) é a radiação total recebida por um corpo de todo o espaço circundante. Essa definição não engloba a troca líquida de radiação entre o corpo e o meio circundante, mas inclui a radiação incidente no corpo (Bond & Kelly, 1955).

É necessário reduzir a complexidade estrutural do ambiente a uma superfície padrão, para que se possa quantificar a radiação trocada pelo animal, o que se consegue supondo que o animal esteja no centro de um envoltório esférico grande. Na qual, a superfície interna seja um corpo negro mantido numa temperatura conhecida como temperatura média radiante ( $T_{rm}$ , K). Onde a  $T_{rm}$  é a temperatura média do conjunto de todas as superfícies reais e virtuais ao redor de um animal em um determinado local. Esse animal troca com essas superfícies uma quantidade de energia denominada carga térmica radiante (CTR), que pode ser definida como a quantidade total de energia térmica trocada por um indivíduo através da radiação com o ambiente (Silva, 2000).

Existe uma preocupação em regiões de clima quente, de proteger os animais da radiação solar direta, proporcionando-lhes menor carga térmica radiante.

A CTR expressa à radiação total recebida pelo globo negro proveniente do ambiente ao seu redor, fornecida para cada tipo de instalação em  $W/m^2$ . Esmay (1979) propôs a seguinte equação:

$$CTR = \sigma (T_{rm})^4, \text{ em } W/m^2$$

Em que:

$$\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ W.m}^{-2} \text{ K}^{-4} \text{ (constante de Stefan-Boltzmann);}$$

$T_{rm}$  = temperatura média radiante (K) obtida por meio da equação

$$T_{rm} = 100 \cdot \{ 2,51 \cdot (Vv)^{0,5} \cdot [((Tg+273)-(Ta+273)) + ((Tg+273)/100)]^4 \}^{0,25}$$

Em que:

Vv = velocidade do vento em m/s;

Tg = temperatura do globo negro °C;

Ta = temperatura ambiente de bulbo seco °C.

A carga térmica radiante está intimamente ligada às trocas térmicas por radiação entre animal e ambiente (Façanha et al., 2010), que, segundo Silva (2008), em muitos casos, fazem a diferença entre um ambiente tolerável e outro insuportável. Em ambientes tropicais, os valores de carga térmica radiante desejáveis deveriam ser os menores possíveis.

Façanha et al. (2010) trabalhando com vacas da raça Holandesa no semiárido, encontraram valor máximo de CTR médio no verão de 768,7. Santos et al. (2011), avaliando o conforto térmico de ovinos da raça Santa Inês no Agreste de Pernambuco, encontraram valor de carga térmica radiante máxima de 1.213,7 W/m<sup>2</sup>, não havendo condições de conforto térmico.

#### 5.4. ÍNDICE DE TEMPERATURA EQUIVALENTE

De acordo com Silva (2008), os efeitos da temperatura, da umidade relativa e da velocidade do vento sobre o equilíbrio térmico de vacas leiteiras foram combinados por Baêta et al. (1987) em uma equação que os autores denominaram índice de temperatura equivalente,

$$ITE = 27,88 - 0,46T_A + 0,010754T_A^2 - 0,4905UR + 0,00088UR^2 + 1,1507VV - 0,126447V^2 + 0,019876T_AUR - 0,046313T_AVV$$

Em que:

T<sub>A</sub> = temperatura do ar em °C;

UR = umidade relativa em %;

VV = velocidade do vento em m/s

Esta equação foi testada em câmara climática com cinco vacas Holandesas de alta produção, expostas a temperaturas entre 16 e 41°C, umidade relativa entre 40 e 90% e

vento de até 6,5 m/s. Todos os animais apresentavam pelame de verão. Os resultados indicaram que um incremento no valor de ITE desde uma temperatura termoneutra até 41°C causava um decréscimo de 38,3% na produção de leite, além de uma elevação para 40,8°C na temperatura retal. De acordo com as condições nas quais o trabalho foi executado, pode-se considerar a seguinte escala de risco de temperatura para os animais, conforme o valor de ITE apresentados na tabela 1.

Tabela 1. Escala de risco de acordo com o índice de temperatura equivalente

<b>Escala de risco</b>	<b>Temperatura (°C)</b>
Ausência de problemas	18-27
Cautela	27-32
Cautela extrema	32-38
Perigo	38-44
Perigo extremo	> 44

Silva et al. (2007), avaliando alguns índices de estresse térmico para vacas leiteiras das raças Holandesa e Jersey em ambiente tropical, nas cidades de Quixeramobim-CE, Macaíba-RN e Monte Alegre-RN, sugerem que valores de ITE abaixo de 30 são seguros, entre 30 e 34 deve-se ter cautela, de 34 a 38 cautela extrema e acima de 38 perigo. Segundo estes mesmos autores, o nível de cautela deste índice para vacas Holandesas criadas em ambiente tropical e bem adaptadas, está por volta de 30°C.

## **6. EFEITO DO ESTRESSE TÉRMICO SOBRE OS PARÂMETROS FISIOLÓGICOS**

O clima é um dos fatores importantes a ser considerado na criação dos animais domésticos. As adversidades climáticas alteram as condições fisiológicas dos animais e ocasionam o declínio na produção, principalmente no período de menor disponibilidade de alimentos (Grant & Albright, 1995). As altas temperaturas, associadas à umidade do ar também elevada, afetam negativa e significativamente a temperatura retal e a frequência respiratória, podendo causar estresse em animais de interesse zootécnico (Souza et al., 1992).

## 6.1. FREQUÊNCIA RESPIRATÓRIA

Para Cunningham (1999), o primeiro sinal visível de resposta ao estresse térmico é a taquipnéia, embora esta seja o terceiro mecanismo na sequência de adaptação fisiológica, pois a vasodilatação periférica e o aumento da sudorese ocorrem previamente.

Segundo Silva (2000) as perdas evaporativas pela respiração estão relacionadas ao volume das trocas gasosas, temperatura corporal e a umidade do ar inspirado.

A frequência respiratória apresenta vínculo direto com a manifestação do estresse térmico, contudo sua contribuição varia entre espécies e idades dos animais. Entre os bovinos estressados pelo calor, 30% de suas perdas evaporativas ocorrem por meio dos movimentos respiratórios e 70% pela sudorese (Silva, 2000).

Em condições termoneutras a frequência respiratória varia de 24 a 36 movimentos por minuto (Stober, 1993) e acima de 26°C começa a elevar-se significativamente (Baccari Jr., 2001).

Para Pires & Campos (2004) a classificação de estresse térmico para vacas leiteiras de acordo com a frequência respiratória é que com 23 mov/min não há estresse algum; de 45 a 65 mov/min o estresse está sob controle; de 70 a 75 mov/min ocorre o início do estresse, no qual o apetite é diminuído; de 90 mov/min estresse acentuado, cai o apetite, a produção diminui e os sinais de cio diminuem; de 100 a 120 mov/min estresse severo com grandes perdas na produção, a ingestão diminui 50% a fertilidade pode cair para 12%; acima de 120 mov/min estresse mortal, as vacas expõem a língua e babam muito, não conseguem beber água e se alimentar.

Hahn et al. (1997), avaliando a frequência respiratória de bovinos europeus cruzados mantidos em câmara climatizada, verificou um incremento de 4,3 movimentos respiratórios por minuto a cada 1°C de aumento da temperatura, quando a temperatura passava 21,3°C.

Falco (1997) destacou a duplicação dos movimentos respiratórios de bovinos a cada 10°C de elevação da temperatura do ar e informou ter encontrado mais de 200 movimentos respiratórios por minuto quando a temperatura do ar superou a do corpo do animal.

A presença de genes de raças européias na composição genética de bovinos mestiços resultou no aumento da frequência respiratória dos mesmos quando comparados a outros grupos raciais melhor adaptados às regiões de clima quente do Brasil. Tais evidências foram constatadas por McManus et al. (1999) ao trabalharem com bovinos mestiços (Holandesa x Zebu e Holandesa x Simental) e Zebu no cerrado brasileiro.

Hemsworth et al. (1995) citam que as alterações na frequência respiratória e temperatura retal têm sido os dois parâmetros mais utilizados como medida de conforto animal e adaptabilidade a ambientes adversos ou como medida de eficácia de modificações ambientais.

Em temperatura de 31°C, vacas holandesas apresentam em média 68 movimentos respiratórios por minuto. Até 60 movimentos os animais não apresentam sinais de estresse. Ultrapassando 120 movimentos já refletem carga excessiva de calor e acima de 160 faz-se necessário adotar medidas emergenciais (Baccari Jr., 2001). Ainda para os mesmos autores, sob estresse ao calor, bovinos podem apresentar dois tipos de respiração: rápida e superficial ou lenta e profunda, podendo ocorrer ainda à respiração bucal acompanhada de salivacão copiosa e, não raro, de exposição de língua, características de animais muito intolerantes ao calor.

Pires et al., (1998) avaliando os parâmetros fisiológicos de vacas da raça Holandesa confinadas durante o verão e inverno, verificou que houve aumento da frequência respiratória (41 para 60 mov/min) para as estações inverno e verão, respectivamente.

## **6.2. TEMPERATURA RETAL**

Quando o ganho de calor é mais elevado do que a perda, ocorre aumento na temperatura corporal, podendo ocorrer a hipertermia. Esta se deve, principalmente, à elevada temperatura ambiente e a intensa radiação solar direta (Baccari Jr., 2001). Em bovinos, a maior parcela de temperatura corporal é devida ao calor liberado nos processos metabólicos, que, complementado pela absorção de radiação, somatiza o total de estoque térmico do organismo do animal (Façanha et al., 2010).

Silva (2000), entretanto, relatou que, em razão das diferenças na atividade metabólica dos diversos tecidos, a temperatura não é homogênea no corpo todo e varia de acordo com a região anatômica. As regiões superficiais apresentam temperatura mais variável e mais sujeita às influências do ambiente externo. O mesmo autor afirmou que a temperatura retal é um bom indicador da temperatura corporal.

Vacas Holandesas com produção média de 10 quilos de leite/dia apresentaram amplitude variando de 37,8 a 39,7 °C de temperatura retal (Baccari Jr., 1987). Para Igno & Johnson (1992), vacas de alta produção em início de lactação são mais sensíveis ao estresse por calor e a produção de leite diminui significativamente quando a temperatura retal excede 39°C por mais de 16 horas. Martello et al. (2004), encontraram temperatura

retal significativamente maior à tarde que pela manhã, sofrendo interação com a hora do dia em vacas mestiças Holandês-Zebu e Holandesas puras por cruzas. A variação da temperatura retal ao longo do dia deve-se ao acúmulo de calor no organismo animal, como resultado do excesso de calor recebido do ambiente somado à produção de calor interna durante o dia e à incapacidade dos mecanismos termorreguladores em eliminar esse excedente (Nääs, 1998).

### **6.3. PELAME**

O pelame ou conjunto de pelos é o tipo mais generalizado de proteção térmica entre os mamíferos, constituindo uma barreira ao fluxo de calor sensível por meio do isolamento proporcionado pela estrutura física e pelo tipo de fibra e principalmente pelas camadas de ar aprisionadas entre os pelos (Silva, 2008).

A camada de pelos tem grande efeito isolante na prevenção da perda de calor do corpo do animal (Cattell, 2000). Em regiões caracterizadas por elevadas temperaturas, pode ocorrer declínio na produtividade animal, pois dificultam a dissipação de calor devido ao baixo gradiente térmico entre as temperaturas superficiais e a ambiental. A temperatura da superfície do pelame geralmente é medida nas diversas regiões do corpo dos animais (cabeça, pescoço, flanco, garupa, cernelha e barriga), utilizando um termômetro de infravermelho.

Para definir o tipo de pelame mais vantajoso para bovinos em regiões tropicais, tem-se que definir o sistema de criação, ou seja, se existe proteção contra a radiação solar. De modo geral, o tipo mais vantajoso de bovino para regiões tropicais seria aquele que apresenta uma capa de pelame branco, com pelos bem assentados sobre uma epiderme altamente pigmentada.

Um das mais importantes características envolvidas com a tolerância ao calor é a cor do pelame, uma vez que determina até certo grau a proporção de radiação solar incidente sobre a superfície do animal que é absorvida pelo mesmo.

Há variações na espessura do pelame de acordo com a estação do ano. Na raça Holandesa, Pinheiro & Silva (2000) encontraram variações estacionais com valores (mm) de  $2,85 \pm 0,10$  e  $4,85 \pm 0,11$  para outono e primavera, respectivamente. Ainda para estes autores, na primavera deve ocorrer muda do pelame, mas ainda permanece muito do pelame de inverno, sendo que esta muda deve completar-se com a aproximação do verão.

Os animais da raça Holandesa possuem uma epiderme pigmentada sob as malhas pretas, enquanto nas áreas brancas há pouca melanina; conseqüentemente, a pelagem preta apresenta absorvância aproximada de 93%, enquanto a branca somente 35% (Silva et al., 2003). As áreas de pelagem preta estão mais bem protegidas dos efeitos da radiação ultravioleta, apesar de absorverem a maior parte da radiação incidente (Gebremedhin et al., 1997). Os pelames claros apresentam maior penetração da radiação solar que os escuros (Silva et al., 2001).

A transferência térmica através do pelame depende do número de pelos por unidade de área, do ângulo de inclinação dos pelos em relação à epiderme, de seu diâmetro e do comprimento. O calor conduzido através das fibras é maior do que o conduzido pelo ar. Deste modo, quanto maior o número de pelos por unidade de área e quanto mais grossos forem os mesmos, tanto maior será a quantidade de energia térmica conduzida através da capa. A resistência térmica da capa pode ser maior pela presença de fibras finas e compridas (Silva, 2000). Os efeitos da espessura do pelame sobre a troca de calor são marcantes e o aumento de 3 para 10 mm reduz a perda de calor sensível de bovinos de 17 para 10% (Turnpenny et al., 2000).

Segundo Cappa et al. (1989), a temperatura da pele de vacas Holandesas em lactação, medida em dois ambientes térmicos, com temperatura do ar entre 27 e 28 °C (condição quente) e entre 23 e 24 °C (condição fria), é da ordem de 37,59 e 36,75 °C, respectivamente. Pocay et al. (2001) avaliando as respostas fisiológicas de vacas Holandesas predominantemente brancas e predominantemente negras sob radiação solar direta na cidade de Jaboticabal-SP, observaram que a temperatura das malhas negras foi significativamente mais alta (44,1°) que o das malhas brancas (37,73), o que é resultado da maior absorção de radiação solar da primeira.

Prasanpanichi et al. (2002) avaliando os parâmetros fisiológicos de vacas Holandesas ao ar livre e em recinto fechado, verificaram que a temperatura da superfície do pelame foi mais alta no grupo de vacas ao ar livre (41,2°C contra 38,2°C no grupo em recinto fechado), demonstrando que o grupo de vacas expostas à radiação solar direta sofreu influência para este parâmetro.

Maia et al. (2005), avaliando as características do pelame e da produção de leite em vacas Holandesas manejadas à sombra, verificaram que a produção de leite em vacas predominantemente brancas tende a ser maior do que em vacas predominantemente negras. Façanha et al. (2010) encontraram temperatura média da superfície do pelame em vacas da

raça Holandesa ao longo do ano de 34,1 e 37,8°C para as predominantemente brancas e predominantemente negras, respectivamente.

#### **6.4. PELE**

A pele protege o organismo do animal do calor ou do frio e sua temperatura varia de acordo com as condições ambientais de temperatura, umidade, radiação solar e velocidade do vento, bem como de fatores fisiológicos como vasodilatação e sudação. Assim, contribui para a manutenção da temperatura corporal mediante trocas de calor com o ambiente em temperaturas amenas (Ferreira et al. 2006).

Baccari Jr.(2001) relatou que, em temperaturas do ar amenas (estresse brando), os bovinos dissipam calor para o ambiente através da pele, utilizando os mecanismos de radiação, condução e convecção, processos físicos conhecidos como perda de calor sensível.

A espessura da pele é um aspecto muito importante para a rápida dissipação de calor corporal. Há variações na espessura da pele entre espécies, raças e indivíduos dentro das raças. Animais velhos e mal nutridos têm a pele mais grossa (Falco, 1997).

Segundo McDowell (1974) a espessura da pele está relacionada à origem geográfica das raças bovinas utilizadas nos sistemas de produção, uma vez que são comuns espessuras de pele de 8,15 mm para *Bos taurus taurus* e de 5,75 mm para *Bos taurus indicus*, sendo a desta última subespécie mais solta e de maior mobilidade que a da primeira.

Variações na espessura da pele também têm sido associadas à seleção natural, que visava proteger os animais contra a ação de ectoparasitos, climas frios, vegetação espinhosa, outros dando-lhes imunidade natural e prevenção contra tais agentes agressores. Na raça Holandesa, a espessura da pele nas malhas negras é menor do que nas malhas brancas, possivelmente uma modificação de natureza morfológica obtida pela seleção natural e que visa facilitar a dissipação da energia térmica (Pereira 2005).

Hamid et al. (2000) avaliando a espessura da pele em relação à produção de leite de vacas mestiças, encontraram valores médios da pele do pescoço, barbeta, peito, abdômen e coxa foi de 3,33, 4,12, 2,93, 4,23 e 4,20 mm, respectivamente, e da espessura da pele média foi de  $4,20 \pm 0,90$  mm, nas cinco regiões diferentes. Os resultados indicaram que 29% da variação na produção de leite de vacas depende da espessura da pele. A partir do estudo verificou-se que a produção de leite de grupo com menor espessura da pele foi

maior do que aquela de grupo de média maior espessura da pele. Ainda segundo os autores, este fato pode ser devido que as vacas de baixa espessura de pele não depositam gordura extra em seu corpo e utilizam mais de sua energia para a produção de leite.

Chongkasikit et al. (2002), relatam que a cor da vaca não é apenas gosto pessoal ou estética, como por exemplo, no caso da raça Holandesa, cujo proprietário escolhe se quer um animal mais preto ou mais branco. Diferenças biológicas entre vacas com diferentes cores influenciam a capacidade da vaca para lidar com o estresse ambiental de calor, umidade e radiação solar.

O grau de pigmentação está associado com o clima, mais especificamente com a radiação solar, especialmente em grandes altitudes. Animais de regiões quentes e úmidas apresentam maior pigmentação que aqueles de zonas frias e secas (Falco, 1997).

A perda de calor latente evaporativo, através das glândulas sudoríparas, é um dos mecanismos de adaptação ao estresse por calor. Os animais domésticos que mais suam, pela ordem decrescente de importância desse mecanismo para a termorregulação, são os eqüinos, asininos, bovinos, bubalinos, caprinos, ovinos e suínos. Existem, a respeito, sensíveis diferenças entre raças (Falco, 1997).

A eficiência da sudorese está vinculada ao tipo de glândula e ao ambiente térmico onde os animais estão inseridos. As diferenças entre os tipos de glândulas apresentam-se vinculadas à localização, tipo de secreção e forma de eliminação do suor. Os ruminantes caracterizam-se por apresentarem glândulas sudoríparas do tipo apócrinas, com diferenças estruturais e funcionais entre espécies e raças (Silva, 2000). Estas glândulas estão localizadas na camada reticular da pele e associadas a folículos pilosos e glândulas sebáceas, secretam dentro do folículo piloso, o qual elimina conforme seu ciclo de atividade. Seu fluído é composto por 94,5% de água, 5% de cloretos e 0,5% de albumina e é liberado de forma intermitente. Ainda para este mesmo autor, os ruminantes criados em regiões tropicais, o mecanismo de termólise considerado mais eficaz é o evaporativo, uma vez que nesses ambientes a temperatura do ar tende a ser próxima à da superfície cutânea, neutralizando as trocas térmicas por condução e convecção.

Falco (1997) relata que nos bovinos destacam-se o diâmetro e formato das glândulas, sendo que na maioria das raças européias o formato é enovelado com diâmetro até 100 mm, enquanto nos zebuínos as glândulas formam um saco, cujo diâmetro oscila entre 180 e 200 mm. Este último grupo racial apresenta suas glândulas mais próximas à superfície, fatores estes facilitadores da secreção e excreção do suor. Tais características,

quando associadas às condições ambientais, possivelmente explicam o comportamento das taxas de sudorese de algumas raças bovinas.

A glândula apócrina está relacionada com o número de pelos, de forma que, contando-se o número de pêlos, temos o número de glândulas sudoríparas e o volume da glândula está relacionado à sua atividade (Müller, 1989).

Quando um animal é submetido a altas temperaturas, ocorre um aumento da circulação sanguínea para epiderme, proporcionando uma quantidade adicional de matéria-prima para as glândulas sudoríparas e estimulando a sua ação (Falco, 1997).

Bianchini et al. (2006) avaliando as características corporais associadas com a adaptação ao calor em bovinos naturalizados brasileiros, observaram que a raça Holandesa é a que possuiu menor área de tecido ocupada por glândulas sudoríparas, o que pode indicar maior dificuldade de adaptação.

## **7. EFEITO DA GENÉTICA**

Os níveis elevados de produção adotados na atualidade têm gerado problemas de adequações genóticas aos ambientes de criação. Animais com alto potencial produtivo costumam apresentar baixa capacidade adaptativa ao meio. Portanto, a diversidade de ambientes propícios a criação animal tem desempenhado papel fundamental como critério de seleção. A eficiência na exploração zootécnica em ambientes desfavoráveis, como os observados nas regiões tropicais, esta diretamente ligada a identificação dos genótipos mais produtivos sob tais circunstâncias climáticas, já que este fator torna-se limitante em se tratando de produção e reprodução (Anya & Ayuk, 2011).

A identificação dos genótipos mais adaptados é possível desde que haja variabilidade genética nas espécies a serem exploradas, já que esta permite moldar o material animal aos condicionalismos ambientais existentes (Gama, 2002)

A dinâmica de mudanças das propriedades genéticas de populações naturais é regulada por vários acontecimentos imperceptíveis em curto espaço de tempo, mas com efeitos marcantes ao longo de muitas gerações.

A seleção natural é reconhecida como o principal mecanismo responsável por manter na população genes diretamente ligado à adaptabilidade ambiental. Outro processo evolutivo capaz de promover variabilidade genética é a mutação, no entanto, Sousa (2008) atenta para o fato de que as mutações acontecem ao acaso e em probabilidades muito

pequenas, portanto, seu efeito sobre a variabilidade genética só pode ser notado após um número elevado de gerações, principalmente se esta mutação levou ao surgimento de um alelo novo na população.

Os indivíduos mutantes recessivos deletérios tendem a ser eliminados naturalmente sem afetar a estrutura genética da população, enquanto os indivíduos heterozigotos conferem aumento da variabilidade genética. Portanto, esta fonte primária de variação é de extrema importância para uma população enfrentar condições ambientais adversas e tornar-se mais adaptada.

Na tentativa de melhorar a produtividade dos sistemas de produção de leite sob condições tropicais, tem-se utilizado em larga escala o cruzamento de raças zebuínas, que apresentam maior capacidade adaptativa as condições tropicais, com raças de origem européia, especializadas em produção de leite. O objetivo desse cruzamento é minimizar os efeitos do ambiente sobre a produção leiteira. Animais puros voltados a produção de leite quando submetidos as condições de clima, manejo sanitário e nutricional, diferentes daqueles no qual foram selecionados primariamente, costumam apresentar baixas significativas nos níveis de produção que, em muitos casos, inviabilizam o sistema de produção.

A utilização de raças melhoradas e adaptadas (puras ou em cruzamentos), ou a seleção dentro de raças para as características de adaptação constituem, de uma maneira geral, os mecanismos pelos quais se pode melhorar geneticamente a adaptação dos rebanhos ao ambiente tropical (Conceição Júnior, 1996).

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIAR, I.S. Respostas fisiológicas e produção de leite de vacas holandesas mantidas ao sol e com acesso a sombra natural, **Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária**, n. 1, p. 1-4, 2003.
- ALMEIDA, G. L. P.; PANDORFI, H.; GUISELINI, C.; ALMEIDA, G. A. P.; MORRIL, W. B. B. Investimento em climatização na pré-ordenha de vaca girolando e seus efeitos na produção de leite. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.14, p.1337-1344, 2010.
- AKYUZ, A.; BOYACI, S.; CAYLI, A. Determination of Critical Period for Dairy Cows Using Temperature Humidity Index. **Journal of Animal and Veterinary Advances**, v. 9, p. 1824-1827, 2010.
- ANYA, M.I.; AYUK, A.A. Genetic Diversity and Climate Change: Implications for Animal Production Systems in Africa. **Asian Journal of Agricultural Research**, v. 5, p. 217-222, 2011.
- ARMSTRONG, D.V. Heat stress interaction with shade and cooling. **Journal of Dairy Science**, v.77, p.2044-2050, 1994.
- AZEVEDO, M.; PIRES, M.F.A.; SATURNINO, H.M. et al. Estimativa de Níveis Críticos Superiores do Índice de Temperatura e Umidade para Vacas Leiteiras 1/2, 3/4 e 7/8Holandês-Zebu em Lactação, **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, p.2000-2008, 2005.
- BACCARI JR., F. **Manejo ambiental da vaca leiteira em climas quentes**. Londrina, 2001. 142p.
- BACCARI Jr., F. A temperatura corporal dos bovinos. **Gado Holandês**, n.51, p.15-19, 1987.
- BAETA, F.C.; MEADOR, N.F.; SHANKLIN, M.D. et al. Equivalent temperature index at temperatures above the thermoneutral for lactating dairy cows. In: Summer Meeting of **American Society of Agricultural Engineers**, p. 2-19, 1987.
- BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. **Ambiência em edificações rurais conforto térmico**. Viçosa: UFV, 1997. 246 p.
- BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. **Ambiência em Edificações Rurais: conforto animal**. 2.ed. Viçosa: UFV, 2010. 269p.
- BARBOSA, O. R.; SILVA, R. G. Índice de conforto térmico para ovinos. **Boletim de Indústria Animal**, v. 52, p. 29-35, 1995.
- BECERRIL, C.M., WILCOX, C.J., LAWLOR, T.J. et al. D.W. Effects of porcentages of White coat color on Holstein production and reproduction in a subtropical environment. **Journal Dairy Science**, v.76, p.2286-91, 1993.
- BIANCA, W. Rewiews of the progress of dairy science. Section A. Physiology cattle in hor environment. **Journal Dairy Research**. v.32, p.291-345, 1965.
- BIANCHINI,E.; MCMANUS, C.; LUCCI, C.M. et al. Características corporais associadas com a adaptação ao calor em bovinos naturalizados brasileiros. **Pesquisa agropecuária brasileira**. v.41, p.1443-1448, 2006.
- BOND, T.E.; KELLY, C.F. The globe thermometer in agricultural research. **Transactions of the ASAE**, v.36, p.251-255, 1955.
- BRASIL, R.B. e SILVA. M.A.P. Conforto térmico na bovinocultura de leite: Revisão bibliográfica. **Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia**, Londrina, v. 4, p. 1-10, 2010.
- BUFFINGTON, D.E., COLLAZO-AROCHO, A., CANTON, G.H., et al. Black globr-humidity index (BHGI) as confort equation for dairy cows. **Transactions of the ASAE**. v.24,p.711-14, 1981.

- BUFFINGTON, D. E.; COLLIER, R. J.; CANTON, G. H. Shede management systems to reduce heat stress for dairy cows. St. Joseph: **American Society of Agricultural engineers**, 1982.
- CAMPOS, A. T.; KLOSOWSKI, E. S.; GASPARINO, E., et al. C, A.T. Estudo do potencial de redução de temperatura do ar por meio de sistema adiabático evaporativo na região de Maringá – estado do Paraná. **Acta Scientiarum**. v.24, p. 1575-1581, 2002.
- CGRFA (2009). **Contributions of small holder farmers e pastoralists to the development, use and conservation of animal genetic resources**. CGRFA/WG-AnGR-5/09/Inf.4.
- CAPPA, V.; VAZHAPILLY, P.; MAIANTI, M.G. et al. Effect of environmental variations (microclimate) on the performance of dairy cows. **Scienza e Tecnica Latiero-Casearia**, v.40, p. 98-115, 1989.
- CATTELL, M.B. Changes in feeding heifers to meet environmental challenges. In: **TRI-STATE**, 2000.
- CHONGKASIKIT, N; VEARASILP, T.; MEULEN, U. Variação da cor da pele entre as vacas Houstein Friesian no norte da Tailândia. **Conferência sobre Pesquisa Agrícola Internacional para o Desenvolvimento**. 2002.
- CONCEIÇÃO JUNIOR, V. **Características de adaptação nos cruzamentos de raças Européias x Zebu**. Caderno Técnico Escola de Veterinária UFMG. n.18, p.29-35, 1996.
- CUNNINGHAM, J.G. **Tratado de fisiologia veterinária**. 2.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1999. 454p.
- DAMASCENO, J.C.; BACCARI JR., 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.
- ESMAY, M.L. **Principles of animal environment**. West Port, C.T. Avi Publishing, 1979. 325p.
- FAÇANHA, D.A.E.; SILVA, R.G.; MAIA, A.S.C. Variação anual de características morfológicas e da temperatura de superfície do pelame de vacas da raça Holandesa em ambiente semiárido. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.837-844, 2010.
- FALCO, J. E. **Bioclimatologia animal**. Lavras: UFLA-FAEPE. 1997. 59p.
- FERREIRA, F.; PIRES, M.F.A. MARTINEZ, M. L. et al. Parâmetros fisiológicos de bovinos cruzados submetidos ao estresse calórico. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, vol.58, p. 732-738, 2006.
- GEBREMEDHIN, K.G.; NI, H.; HILLMAN, P.E. Modeling temperature profile and Heat flux through irradiated fur layer. **Transactions of the ASAE**, v.40, p.1441-1447, 1997.
- GLESSLER, S.L.; BERGMAN, J.A.G.; GLESSLER, M.G.M. Dictomia da seleção natural versus seleção artificial no melhoramento da fertilidade de bovinos. **Caderno técnico de Veterinária e Zootecnia**, p.1-18, 2004.
- GOODWIN, P. J. et al. Coat color and alleviation of heat load in Holstein-Friesian cows. In: **AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. INTERNACIONAL SYMPOSIUM**, 15, 1997, Bloomington: **Proceedings...** Bloomington, 1997. p. 2, 923-927.
- GRANT, R.J.; ALBRIGHT, J.L. Feeding behavior and management factors during the transition period in dairy cattle. **Journal of Animal Science**, v. 73, p.2791-2803, 1995.
- HAFEZ, E.S.E. **The behaviour of domestic animals**. 2.ed. London: Bailiere Tindal, 1975. 436p.

- 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**, v.40, p.97-121, 1997.
- HANSEN, P.J. Effects of coat colour on physiological responses to solar radiation in Holsteins. **Veterinary Research**, v. 127, p.333-4, 1990.
- HAMID, M.A; HUSSAIN, S.M.I; KHANK, M.K.I. et al. A espessura da pele em relação à produção de leite de vacas mestiças. **Paquistão Journal of Biological Sciences**. 2000.
- HEMSWORTH, P. H.; BARNETT, J. L.; BEVERIDGE, L. et al. The welfare of extensively managed dairy cattle: a review. **Applied Animal Behaviour Science**, v.42, p.161-182, 1995.
- HUBER, T.J. **Alimentação de vacas de alta produção sob condições de estresse térmico**. In: Bovinocultura leiteira. Piracicaba: FEALQ, 1990. p. 33-48.
- IGONO, M. O.; JOHNSON, H. D. Physiologic stress index of lactating dairy cows based on diurnal pattern of rectal temperature. **Journal of Interdisciplinary Cycle Research**, v.21, p.303-320, 1992.
- IGONO, M.O.; BJTVEDT, G.; SANFORD-CRANE, H.T. Environmental profile and critical temperature effects on milk production of Holsteins cows in desert climate. **International Journal of Biometeorology, Heidelberg**, v.36, p.77-87, 1992.
- JOHNSON, H. D. **Physiological responses and productivity of cattle**. In: YOUSEF, M.K. Stress physiology in livestock, Boca Raton, v. 2, p. 3 – 22, 1985.
- JHONSON, H. **Bioclimatology and adaptation of livestock**. New York: Elsevier Science Publishers B.V., 1987. 279p.
- MADER, T.; DAVIS, S. Wind speed and solar radiation adjustments for the temperature humidity index, University of Nebraska, Concord, **Nebraska Beef Report**, p.49-51, 2003.
- MAIA, A.S.C., SILVA, R.G., BERTIPAGLIA, E.C.A., et al. Genetic variation of the hair coat properties and the milk yield of Holstein cows managed under shade in a tropical environment. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**. v. 42, p. 180-187, 2005.
- MARTELLO, L.S., SAVASTANO JR., H.; SILVA, S.L. et al. Respostas fisiológicas e produtivas de vacas holandesas em lactação submetidas a diferentes ambientes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33 , p181-191, 2004.
- MARTELLO, L. S.; SAVASTANO JUNIOR, H.; SILVA, S.L. Alternative body sites for heat stress measurement in milking cows under tropical conditions and their relationship to the thermal discomfort of the animals. **International Journal of Biometeorology**, v. 54, p. 647-652, 2010.
- McDOWELL, R.E. **Bases biológicas de la producción animal en zonas tropicales**. 1ª, Ed. Zaragoza, Ed. Acribia, 1974. 692p.
- McMANUS, C., BRENNER, H. e SAUERESSIG, M. Tolerância ao calor em vacas do sistema de dupla aptidão da Embrapa cerrados. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36, 1999. Porto Alegre – RS. **Anais...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Zootecnia, [1999]. (CD ROM).
- MÜLLER, P.B. **Bioclimatologia aplicada aos animais domésticos**. 3.ed. Porto Alegre: Sulina, 1989. 262p.
- NÄÄS, I.A. **Princípios de conforto térmico na produção animal**. São Paulo: Ícone, 1989. 183p.
- NÄÄS, I.A. Tipologia de instalações em clima quente. In: Simpósio Brasileiro de Ambiência na Produção de Leite, 1., 1998, Piracicaba **Anais...** Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1998. p.146-155.

- PEREIRA, J.C.C. **Fundamentos de bioclimatologia aplicados à produção animal**. Belo Horizonte: FEPMVZ, 2005. 195p.
- PINARELLI, C. The effect of heat stress on milk yield. **Latte**, Milan, v. 28, p. 36-38, 2003.
- PINHEIRO, M.G.; SILVA, R.G. Estação do ano e características do pelame de vacas da raça Holandesa. **Boletim da Indústria Animal**, v.57, p.99-103, 2000.
- PIRES, M.F.A.; SATURNINO, H.M.; VERNEQUE, R.S. et al. Efeito das estações (inverno e verão) na temperatura retal e frequência respiratória de vacas Holandesas confinadas em free stall. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.50, p.747-752, 1998.
- PIRES, M.F.A.; CAMPOS, A.T. **Modificações ambientais para reduzir o estresse calórico em gado de leite**. EMBRAPA, Juiz de Fora, MG, 2004. p.1-6. (Comunicado técnico, 42).
- POCAY, P. L. B.; POCAY, V. G.; STARLING, R. G. et al. Respostas fisiológicas de vacas holandesas predominantemente brancas e predominantemente negras sob radiação solar direta. **Revista de Medicina Veterinária e Zootecnia**. v. 17, p. 155-161, 2001.
- PRASANPANICH, S; SIWICHAI, S; TUNSARINGKARN, K et al. Physiological responses of lactating cows under grazing and indoor feeding condition in the tropics. **Journal of Agricultural Science**, v.138, p.341-344, 2002.
- RIVAS, M., DELNOR, R., TORRES, A. Productividad de los Holstein. La productividad del Holstein rojo comparado com el negro. **Asociación Cubana de Production Animal**, v.4, p.38-39, 1985.
- RODRIGUES, A.L., SOUZA, B.B., FILHO, J.P. Influência do sombreamento e dos sistemas de resfriamento no conforto térmico de vacas leiteiras. **Agropecuária Científica no Semi-Árido**, v. 6, p. 14-22, 2010.
- SANSTHAN, L.P & KÖHLER-ROLLEFSON, I. **Indigenous breeds, local communities**. **Life Initiative**, LPPS, 2005, 66 p.
- SANTOS, M.M.; AZEVEDO, M.; COSTA, L.A.B. et al. Comportamento de ovinos da raça Santa Inês, de diferentes pelagens, em pastejo. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.33, p.287-294. 2011.
- SCHLEGER, A.V. Relationship of coat type and colour to milk production in Australia's Illawarw Shorthorn dairy cattle. **Australian Journal Agriculture**. Revisão. v.18, p.539-47, 1967.
- SILVA, R.G.; ARANTES NETO, J.G.; HOLTZ FILHO, S.V. Genetic aspects of the variation of the sweating rate and coat characteristics of Jersey cattle. **Brazilian Journal Genetics**, v.11, p.335-347, 1988.
- SILVA, R.G. Estimativa do Balanço Térmico por Radiação em Vacas Holandesas Expostas ao Sol e à Sombra em Ambiente Tropical. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.28, p.1403-1411, 1999
- SILVA R. G. **Introdução à bioclimatologia animal**. São Paulo: Nobel, 2000. 286p.
- SILVA, R.G.; LA SCALA JR., N.; POCAY, P.L.B. Transmissão de radiação ultravioleta através do pelame e da epiderme de bovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, p.1939-1947, 2001.
- SILVA, I.J.O.; PANDORTH, H.; ACARARO JR., E. et al. Efeitos da climatização do curral de espera na produção de leite de vacas Holandesas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, p.2036-2042, 2002.
- SILVA, R.G.; LASCALA JR.; TONHATI, H. Radiative properties of the body surface of cattle and others animals. **Transaction of ASAE**, v.46, p.913-918, 2003.

- SILVA, R.G.; MORAIS, D.A.E.; GUILHERMINO, M.M. Escolha de índices de estresse térmico para vacas leiteiras em ambiente tropical. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, p.1192-1198, 2007.
- SILVA, R. G. **Biofísica Ambiental. Os animais e seu ambiente**. Jaboticabal: Funep, 2008. 393 p.
- SILVA, E.C.L.; MODESTO, E.C.; AZEVEDO, M. Efeitos da disponibilidade de sombra sobre o desempenho, atividades comportamentais e parâmetros fisiológicos de vacas da raça Pitangueiras. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 31, p. 295-302, 2009.
- SILVA, A.M.; MODESTO, E.C; LIRA, C.C. et al. Comportamento ingestivo diurno de vacas Girolandas, sob diferentes taxas de lotação. **Archivos de Zootecnia**, v. 60, p. 859-870, 2011.
- SILVA, T.P.D.; OLIVEIRA, R.G.; SOUSA JÚNIOR, S.C. et al. Efeito da exposição à radiação solar sobre parâmetros fisiológicos e estimativa do declínio na produção de leite de vacas mestiças (Holandês X Gir) no sul do estado do Piauí. **Comunicata Scientiae**, v. 3, p. 299-305, 2012.
- SOUSA, N.R. Processos genético-evolutivos e os recursos fitogenéticos. In: JANICK, J.; PAULL, R. E. (Ed.). **The encyclopedia of fruit and nuts**. Oxfordshire: CABI, 2008. p. 19-26.
- SOUZA, C.F, et al. Eficiência de diferentes tipos de bezerreiros, quanto ao conforto térmico, na primavera e no verão em Viçosa – MG. **Engenharia na Agricultura – Série construções rurais e ambiência**, Viçosa: DEA, v.1, 12p., 1992.
- SOUZA, B.B.; SILVA, R.M.N.; MARINHO, M.L. et al. Parâmetros fisiológicos e índice de tolerância ao calor de bovinos da raça Sindí no semi-árido paraibano. **Ciência e Agrotecnologia**, vol. 31, 2007.
- STOBER, M. Identificação, anamnese, regiões básicas da técnica do exame clínico. In: ROSEMBERG, (Ed.). **Exame clínico dos bovinos**. 3 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1993. 419p.
- THOM, E.C. Cooling degrees: days air-conditioning, heating, and ventilating. **Transactions of the ASAE**, v.55, p.65-72, 1958.
- TURCO, S.H.N; SILVA, T.G.F.; SANTOS, L.F.C. et al. Zoneamento bioclimático para vacas leiteiras no Estado da Bahia. **Engenharia Agrícola**. vol.26, p. 20-27, 2006.
- TURNPENNY, J.R. Thermal balance of livestock. 1. A parsimonious model. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.101, p.15-27, 2000.
- TURNER, H.G.; NAY, T.; FRENCH, G.T. The hair follicle population of cattle in relation to breed in body weight. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.13, p.960-973, 1962.
- VALTORTA, S.E., GALLARDO, M.R., CASTRO, H.C., CASTELLI, M.E. Artificial shade and supplementation effects on grazing dairy cows in Argentina. **American Society of Agricultural Engineers**, v.39, p.233-6, 1996.
- WEST, J. W.; HILL, G. M.; FERNANDEZ, J. M.; MANDEBVU, P.; MULLINIX, B. G. Effects of dietary fiber on intake, milk yield, and digestion by lactating dairy cows during cool or hot, humid weather. **Journal of Dairy Science**, v.82, p.2455-2465, 1999.

## **CAPÍTULO 2**

---

### **Termorregulação de vacas Holandesas no Semiárido de Pernambuco**

## TERMORREGULAÇÃO DE VACAS HOLANDESAS NO SEMIÁRIDO DE PERNAMBUCO

**RESUMO-** A pesquisa teve como objetivo verificar as respostas termorreguladoras de vacas da raça Holandesa na região semiárida do estado de Pernambuco. Foram avaliados os parâmetros fisiológicos, temperatura retal (TR, °C), frequência respiratória (FR, mov/min<sup>-1</sup>), temperatura da epiderme branca (TEB, °C) e negra (TEN, °C), temperatura da superfície do pelame branco (TSPB, °C) e negro (TSPN, °C) de 18 vacas leiteiras primíparas no turno da manhã (6 h) e à tarde (16 h) nas estações primavera/verão e outono/inverno sob a sombra. A produção de leite foi medida diariamente. O período experimental foi de novembro de 2010 a setembro de 2011. O ambiente foi monitorado continuamente por intermédio de uma estação meteorológica automática e os dados climáticos registrados foram utilizados para calcular os índices de conforto térmico, tais como, índice de temperatura e umidade (ITU), índice de temperatura do globo e umidade (ITGU), índice de temperatura equivalente (ITE) e carga térmica radiante (CTR, W/m<sup>2</sup>). O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2x2 (período do dia (manhã e tarde) e estação do ano (primavera-verão e outono-inverno)). A análise de correlação mostrou que todas as variáveis meteorológicas apresentaram correlações significativas com todos os parâmetros fisiológicos. Os animais predominantemente brancos apresentaram diferença significativa para TR, TSPN, TEN e TEB, sendo seus valores maiores que para os predominantemente negros. Todos os parâmetros fisiológicos foram superiores na estação primavera-verão que no outono-inverno e no período da tarde que no da manhã. Conclui-se que a primavera-verão e o período da tarde foram mais estressantes que o outono-inverno e o período da manhã, respectivamente.

**Palavras-chave:** bovinocultura de leite, estresse por calor, parâmetros fisiológicos

---

## **THERMOREGULATION OF HOLSTEIN COWS IN PERNAMBUCO'S SEMI-ARID REGION**

**ABSTRACT** - The objective of this research was to verify the thermo-regulatory responses of Holstein cows in Pernambuco's the Semi-arid region. Physiological parameters, including rectal temperature (RT, °C), respiratory rate (RR,  $\text{mov}/\text{min}^{-1}$ ), skin temperature of white areas (STW, °C) and black areas (STB, °C), and surface temperature of white pelage (STWP, °C) and black pelage (STBP, °C) were measured in 18 dairy cows in the shade in the morning (6 h) and afternoon (16 h) during spring/summer and autumn/winter. Milk production was measured daily. The experiment took place from November 2010 to September 2011. The environment was continuously monitored by an automatic meteorological station and the recorded weather data was used to calculate the following indices for thermal comfort: temperature humidity index (THI), Black-Globe temperature humidity index (BGTHI), equivalent temperature index (ETI) and the radiant thermal load index (RTL,  $\text{W}/\text{m}^2$ ). The experimental delineation that was used was completely casual, a 2x2 factorial scheme being the period of day (morning and afternoon) and season of the year (spring/summer and autumn/winter). The result of the correlation analysis showed that all of the meteorological variables showed significant correlations with all of the physiological parameters. Predominantly white cows showed a significant difference for RT, STBP, STB and STW, which were higher than those recorded for predominantly black cows. All of the physiological variables were higher in spring/summer than in autumn/winter and in the afternoon rather than in the morning. We conclude that the spring/summer and the afternoon was more stressful than the autumn/winter period and morning, respectively.

**Keywords:** dairy cattle, heat stress, physiological parameters

---

## INTRODUÇÃO

No Brasil, a produção leiteira vem aumentando ao longo dos anos com a utilização de genética de animais europeus, considerados mais produtivos. Entretanto, esses animais são oriundos de regiões de clima temperado, fazendo-se necessário a adoção de práticas de manejo para fornecer conforto térmico quando introduzidos em regiões de clima tropical, com a finalidade de obter bons índices produtivos.

As condições climáticas influenciam a produção de leite. A temperatura do ar, a umidade relativa do ar e a radiação solar são os principais elementos.

Quando ocorre a combinação dos elementos climáticos, como altas temperaturas e elevadas umidade ou baixas temperaturas, estes são um dos principais responsáveis pelo estresse por calor em bovinos leiteiros. Quando em situação de estresse térmico, esses animais adotam modificações fisiológicas e comportamentais para diminuir o efeito do calor ou do frio, utilizando mecanismos sensíveis e/ou latentes para dissipação ou ganho de calor, na tentativa de manter sua temperatura corporal dentro dos limites da zona de termoneutralidade.

Quando a temperatura efetiva está acima da zona de conforto térmico dos animais, intervalo em que não há esforço dos mecanismos termorreguladores para dissipação de calor, ocorre excedente de calor produzido em relação ao dissipado, causando aumento da frequência respiratória, temperatura corporal e sudorese, caracterizando o estresse por calor.

Silva (2000) afirma que alguns fatores envolvidos na determinação do conforto térmico são: o ambiente (temperatura do ar, temperatura radiante, radiação solar, umidade do ar e pressão atmosférica), a capa externa do animal (espessura, estrutura, isolamento térmico, penetração pelo vento, ventilação, emissividade, absorvidade e refletividade), características corporais (forma corporal, tamanho, área de superfície, área exposta à radiação solar, emissividade e absorvidade da epiderme).

Uma das mais importantes características envolvidas com a tolerância ao calor é a cor do pelame, uma vez que determina até certo grau a proporção de radiação solar incidente sobre a superfície do animal que é absorvida pelo mesmo. As áreas de pelagem preta estão mais bem protegidas dos efeitos da radiação ultravioleta, apesar de absorverem a maior parte da radiação incidente (Gebremedhin et al., 1997).

Poucos são os trabalhos realizados com vacas da raça Holandesa que procuram elucidar as diferenças nos parâmetros fisiológicos entre os animais predominantemente brancos ou negros, que levam os mesmos ao estresse por calor.

Esta pesquisa foi desenvolvida com o objetivo monitorar as respostas fisiológicas de animais com diferentes colorações do pelame, branco e negro em diferentes turnos do dia nas diferentes estações do ano para identificar o real impacto climático sobre os parâmetros fisiológicos dos animais.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Descrição dos ambientes, animais e dieta

A pesquisa foi realizada na Fazenda Cachoeira localizada na PE 180, Km 13, no município de São Bento do Una, no Agreste do Estado de Pernambuco. O município está localizado na Mesorregião Agreste e na Microrregião Vale do Ipojuca, latitude de 08°31'22" Sul, longitude de 36°26'40" Oeste e altitude de 614 m. Quanto ao relevo o município localiza-se no Planalto da Borborema. O clima da cidade é semiárido do tipo Bs'h pela classificação de Köppen, muito quente, com chuvas no outono e inverno. O período normal de chuva inicia-se em fevereiro/março e pode estender-se até agosto. A precipitação anual apresenta máxima de 1.035 mm e mínima de 305 mm. As temperaturas variam, acompanhando a época das precipitações pluviométricas. A média anual fica em torno de 24°C (CPRM, 2010). Limita-se a Norte com a cidade de Belo Jardim, ao Sul com Jucati, Jupi e Lajedo, a Leste com Cachoeirinha, e a Oeste com Capoeiras, Sanharó e Pesqueira.

A propriedade iniciou suas atividades produtivas no ano de 2009 com exploração da pecuária leiteira em sistema semi-intensivo, com criação de gado Holandês e mestiços, totalizando 155 animais. Possui área total de 138 ha, com solo argiloso e topografia variando entre plano e plano-ondulada. As características gerais da vegetação, hidrografia, e clima são semelhantes às referentes ao município de São Bento do Una.

Foram utilizadas 18 vacas primíparas puras holandesas em lactação, provenientes da cidade de Castro, no Estado do Paraná. O período experimental foi de 327 dias, compreendendo 3 estações climáticas completas e uma parcial. As fases experimentais constituídas foram: primavera/verão (novembro de 2010 a março de 2011, época seca) outono/inverno (março a setembro de 2011, época chuvosa). O período de adaptação ao manejo experimental foi de 15 dias.

A ordenha mecânica era realizada duas vezes ao dia, às 6 h e às 16 h (Figura 11, ANEXO). A produção de leite foi quantificada diariamente por meio de medidor de leite da empresa TRU-TEST®.

Os animais foram mantidos em um piquete provido de saleiro, cocho coletivo para alimentação, coberto com telhas de cerâmica, um bebedouro e sombreamento natural e artificial coberto com telha cerâmica (Figura 12, ANEXO). A alimentação fornecida era composta por silagem de milho à vontade, palma forrageira e feno, todos produzidos na

própria propriedade. A alimentação ofertada após as duas ordenhas, em cochos separados, era composta de 4,5 kg de concentrado do tipo max leite lactação 28 RM, de fabricação da Du Rancho Nutrição Animal Ltda. 1,5 kg de farelo de soja, 2 kg de caroço de algodão, 1,5 kg de farelo de milho, 100 g de sal mineral, 80 g de bicarbonato de sódio e 8 kg de silagem de milho, estes divididos para as duas ordenhas.

### **Monitoramento do ambiente e variáveis climáticas da área experimental**

O monitoramento das variáveis climáticas foi realizado continuamente, por intermédio de uma estação agrometeorológica automática localizada na fazenda do Instituto Agrônomo de Pernambuco –IPA, pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) no município de São Bento do Una. A estação foi programada para registrar a cada três horas os dados referentes à temperatura do ar ( $T_a$ ), umidade relativa do ar (UR), velocidade dos ventos (Vv), precipitação pluvial (PP). Foram instalados dois globos termômetros na altura do dorso dos animais, um exposto ao sol e o outro na sombra, este na sala de ordenha, para obtenção da temperatura do globo negro ( $T_{gn}$ ), a cada duas horas.

A temperatura do globo negro foi utilizada para calcular o índice de temperatura e umidade (ITGU), como também a carga térmica radiante (CTR).

Foram calculadas as médias das variáveis ambientais ( $T_a$ , UR,  $T_{gn}$ , Vv) observados nos horários das 6 e 16 h.

O ITU (índice de temperatura e umidade) foi calculado utilizando a equação proposta por Thom (1958), a qual leva em consideração a temperatura do termômetro de bulbo seco ( $T_a$ ) e a temperatura do ponto de orvalho ( $T_{po}$ ), ambas expressas em °C:

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

A  $T_{po}$  é calculada através da seguinte fórmula:  $T_{po} = [(186,4950 - 237,3 \text{ Log } P_p\{t_a\}) / (\text{Log } P_p\{t_a\} - 8,2859)]$

Onde:

$P_p$  = pressão parcial de vapor.

Para o cálculo do ITGU (índice de temperatura do globo e umidade) foi utilizada a equação desenvolvida por Buffigton et al. (1981):  $ITGU = T_{gn} + 0,36T_{po} + 41,5$

Onde:

$T_{gn}$  = temperatura do globo negro em graus centígrados

$T_{po}$  = temperatura do ponto de orvalho em graus centígrados

A carga térmica de radiação (CTR, W/m<sup>2</sup>) foi calculada utilizando-se a equação estabelecida por Esmay (1969):

$$CTR = \sigma \cdot (TRM)^4$$

em que:

$$\sigma = \text{constante de Stefan-Boltzman } (5,67 \times 10^{-8} \text{ W.m}^{-2} \text{ K}^{-4})$$

TRM = temperatura radiante média (K), calculada de acordo com a equação:

$$TRM = -100 \times \{ 2,51 \times Vv^{0,5} \times ((Tgn + 273) - (Ta + 273)) + (Tgn + 273/100)^4 \}^{0,25}$$

em que:

Vv = velocidade dos ventos (m/s)

Tgn = temperatura do globo negro °C

Ta = temperatura ambiente de bulbo seco °C.

Para avaliação dos efeitos combinados da temperatura, da umidade relativa e da velocidade do vento sobre o equilíbrio térmico de vacas leiteiras, foi calculado o índice de temperatura equivalente proposto por Baêta et al. (1987):

$$ITE = 27,88 - 0,456T_a + 0,010754T_a^2 - 0,4905UR + 0,00088UR^2 + 1,1507Vv - 0,126447Vv^2 + 0,019876T_aUR - 0,046313T_aVv$$

em que:

Ta = temperatura de bulbo seco °C.

UR = umidade relativa (%)

Vv = velocidade do vento em m/s;

### **Observação das variáveis fisiológicas**

Após as ordenhas da manhã (6 h) e da tarde (16 h), antes das vacas serem reconduzidas ao piquete, foram observados diariamente os parâmetros fisiológicos, temperatura retal (TR, °C), frequência respiratória (FR, mov/min.), temperatura da superfície do pelame branco (TSPB, °C) e negro (TSPN, °C) e temperatura da epiderme branca (TEPB, °C) e negra (TEPN, °C) dos animais predominantemente negros e brancos. A temperatura corporal foi obtida mediante o uso de termômetro clínico digital introduzido diretamente na reto do animal. Para obter a frequência respiratória contou-se o número de movimentos respiratórios no flanco dos animais por um período de 30 segundos e

multiplicou-se os valores encontrados por dois, para se obter o número de movimentos respiratórios por minuto. As temperaturas da pele e da superfície do pelame foram obtidas na região da escápula e garupa do lado esquerdo dos animais, por meio de um termômetro infravermelho digital, portátil, com mira laser circular, com precisão de 1% e resolução ótica de 30/1. Nos meses de novembro de 2010 a maio de 2011, todos os parâmetros foram observados diariamente, e nos meses de junho a setembro de 2011 estas mesmas avaliações foram realizadas três vezes por semana, sendo nos dois períodos do dia. Este fato foi devido às dificuldades durante o experimento no que diz respeito à locomoção e o horário de coleta pela manhã que se tornaram muito exaustos.

### **Medidas das características do pelame**

Foi realizada a quantificação das pelagens das vacas para identificar as proporções brancas e negras. A metodologia constou basicamente da execução das seguintes atividades:

- Obtenção do material fotográfico (fotos),
- Digitalização das fotos,
- Edição das fotos e
- Cálculo da relação entre as fotos mapeadas.

A quantificação das pelagens teve início com a obtenção de fotografias coloridas de ambos os lados do animal (direito e esquerdo) com auxílio de uma câmera fotográfica digital. Para que a quantificação das pelagens fosse confiável, as fotografias tiveram que cobrir todo o lado do animal que deveria estar preferencialmente imóvel e perpendicular ao ângulo de visão da câmera fotográfica. Posteriormente, foi realizada a digitalização do contorno dos animais, com auxílio do programa Corel Draw 8. Criou-se inicialmente um arquivo de moldura padrão (12 x 16 cm) para a importação de todas as fotografias a serem interpretadas. O ajuste das fotografias a esta moldura fez com que todas as fotografias passassem a ter o mesmo tamanho. Após, procedeu-se a digitalização das imagens das fotos a serem quantificados (pelagem branca, pelagem preta, cascos, chifres, tetos e focinho). O cálculo da área dos temas previamente mapeados foi realizado com auxílio do programa ArcGIS 9.3, e para tal tornou-se necessário inicialmente estruturar uma Personal Geodatabase. Dessa forma, tornou-se possível a determinação das áreas de cada lado dos animais. Posteriormente, quantificou-se em porcentagem as áreas de malhas branca e

negra. Os animais que possuíam mais que 70% de malhas negras, foram considerados predominantemente negros, e aqueles com percentual superior a 70% de malhas brancas, predominantemente brancos. Não houveram animais que possuísem valores inferiores aos 70% (Tabela 6, ANEXO).

### **Análise estatística**

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2x2, sendo período do dia (manhã e tarde) e estação do ano (primavera/verão e outono/inverno). Dos 18 animais avaliados, 12 possuíam mais de 70 % de pelagem negra e 6 mais de 70 % de pelagem branca. Dessa forma, foram 12 repetições para os animais predominantemente negros e 6 repetições para os predominantemente brancos. As variáveis fisiológicas foram submetidas à análise de variância e as médias de mínimos quadrados comparadas pelo teste T, adotando-se os níveis de 1 e 5% de probabilidade. Foram realizadas correlações de Pearson entre as variáveis ambientais e índices de conforto térmico com os parâmetros fisiológicos, sendo as médias de mínimos quadrados comparadas pelo teste T a 1% de probabilidade. Todos os procedimentos estatísticos foram realizados utilizando o SAS (Statistical Analysis System, versão 9.3).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

**Tabela 1.** Valores médios e variação dos elementos meteorológicos e dos índices de conforto térmico registrados nos dias e horários de aferição dos parâmetros fisiológicos nas estações do ano

VARIÁVEL		ESTAÇÃO DO ANO			
		PRIMAVERA/VERÃO		OUTONO/INVERNO	
		MÉDIA	MÁX-MÍN	MÉDIA	MÁX-MÍN
Ta (°C)	MANHÃ	20,2	16,9-22,1	19,0	14,0-26,6
	TARDE	30,1	19,2-34,7	27,0	20,7-32,4
UR (%)	MANHÃ	93,5	54,0-98,0	94,3	54,0-98,0
	TARDE	51,8	28,0-98,0	68,6	32,0-97,0
V V (m/s)	MANHÃ	2,7	0,4-7,8	2,4	2,2-2,7
	TARDE	7,4	3,8-12,5	7,7	2,7-12,8
ITU	MANHÃ	68,6	64,3-71,5	67,1	60,3-75,6
	TARDE	78,3	67,1-81,8	75,5	68,6-80,7
ITGU	MANHÃ	70,7	66,4-78,3	68,3	62,7-84,0
	TARDE	87,0	70,0-96,9	82,0	70,8-94,2
ITE	MANHÃ	21,9	16,8-26,8	20,2	11,8-25,5
	TARDE	23,0	14,1-31,9	22,9	13,9-34,1
CTR (W/m)	MANHÃ	477,3	376,0-761,5	442,0	375,4-857,7
	TARDE	865,6	476,5-1.274,7	780,2	331,8-1.199,1

Ta – temperatura do ar; UR – umidade relativa; VV – velocidade dos ventos; ITU – índice de temperatura e umidade; ITGU – índice de temperatura de globo e umidade; ITE – índice de temperatura equivalente; CTR – carga térmica; radiante; MÁX – máxima; MÍN – mínima.

Os valores médios da temperatura do ar (Tabela 1) encontrados no período da tarde em ambas as estações são superiores aos do período da manhã. Este fato é devido à maior radiação solar no período da tarde. Esta variável em ambas as estações do ano à tarde está acima do limite superior da zona de termoneutralidade para vacas da raça Holandesa em lactação, que, de acordo com Huber (1990) é de 26 °C, e para Roenfeldt (1998) é de 25 °C. Se a temperatura ambiental ultrapassar desse limite, ocorre redução da eficiência dos processos de perda de calor e o animal entra em estresse térmico (Hansen & Arechiga, 1999).

Com relação à umidade relativa do ar (Tabela 1), observam-se maiores valores no outono/inverno comparado à primavera/verão e no período da manhã em relação ao período da tarde. Isto ocorre devido à menor incidência de raios solares pela manhã e na estação outono/inverno. Em ambas as estações no período da tarde, a UR estava abaixo do

valor considerado limite (70%) para vacas lactantes em clima quente (Näas & Arcaro Júnior, 2001), sendo esta uma característica do clima em regiões semiáridas.

As médias observadas para variável velocidade dos ventos (Tabela 1) em ambas as estações do ano e períodos do dia, são considerados superiores ao que se preconiza como ótimo para vacas lactantes que de acordo com Hahn (1985) é de 2,2 m/s. Na estação outono/inverno no período da manhã o valor de 2,4 m/s aproxima-se do considerado ideal. No período da tarde em ambas as estações, a velocidade dos ventos foi maior. De acordo com Tubelis & Nascimento (1986), a maior velocidade do vento no período da tarde está associada ao maior saldo de radiação, e para Leite e Virgens Filho (2011), deve-se à consequente instabilidade térmica, a qual, em geral, é maior neste período, uma vez que o incremento dos fluxos convectivos verticais também acentua os movimentos do ar no sentido horizontal. O vento é muito importante, pois incrementa as perdas de calor por convecção e evaporação melhorando o conforto térmico dos animais.

Os valores do índice de temperatura e umidade (ITU) e índice de temperatura de globo e umidade (ITGU) (Tabela 1) encontrados são maiores na primavera/verão e no período da tarde em função da maior temperatura do ar, decorrente da maior incidência de radiação solar, combinado a uma baixa umidade relativa do ar. Diversos autores (Johnson (1980), Igono et al. (1992), Armstrong (1994), Damasceno et al. (1998) e Silva et al. (2002)) encontraram o ITU crítico para vacas Holandesas em lactação de 72. Assim, o período da tarde em ambas as estações do ano 78,4 (primavera/verão) e 75,5 (outono/inverno) apresentou-se estressante termicamente de acordo com o ITU.

Igono et al. (1992) determinaram para vacas Holandesas, na região central do Arizona-EUA (clima quente e seco), valores críticos mínimo, médio e máximo de ITU de 64; 72 e 76, respectivamente, encontrando redução na produção de 11,5 a 16,0 kg por vaca, por dia, quando comparada às produções de verão com as de meses com temperaturas mais amenas.

Os valores do índice de temperatura equivalente (ITE) médios variaram de 20,2 na estação outono/inverno pela manhã até 23,0 na primavera/verão à tarde. Silva et al. (2007), avaliando índices de estresse térmico para vacas leiteiras da raça Holandesa e Jersey nos Estados do Ceará e Rio Grande do Norte, determinaram que os valores de ITE seguro são menores que 30, de cautela entre 30-34, cautela extrema entre 34-38 e perigo >38, no qual a média da velocidade do vento variou de 2,6 a 3,3 m/s. De acordo com esta classificação, os valores de ITE encontrados neste experimento estão dentro da faixa de conforto para os animais. Vale salientar que este índice foi testado por Baêta et al. (1987) em câmara

bioclimática, onde a temperatura variou de 16 a 41 °C, a umidade relativa de 40 a 90% e velocidade do vento de até 6,5 m/s, e em nossa pesquisa esses valores variaram de 14,0 a 34,7 °C, de 32 a 98% e de 0,4 a 12,8 m/s, para temperatura do ar, umidade relativa e velocidade dos ventos, respectivamente.

A CTR apresentou-se com maiores valores médios na estação primavera/verão e no período da tarde em função da maior radiação solar. Os animais eram mantidos em um confinamento a céu-aberto, mas com disponibilidade de sombra natural e artificial à vontade, onde permaneciam grande parte do dia. No local de pré-ordenha, da ordenha e pós-ordenha, também permaneciam em baias sombreadas, o que reduz o impacto da radiação solar direta. Dessa forma, amenizando o armazenamento de calor e favorecendo a manutenção da temperatura corpórea constante (Baccari Jr., 2001).

**Tabela 2.** Valores médios dos parâmetros fisiológicas das vacas Holandesas de acordo com as estações do ano e período do dia

PARÂMETRO	PERÍODO DO DIA	ESTAÇÃO DO ANO		CV (%)	Desvio padrão
		PRIMAVERA/VERÃO	OUTONO/INVERNO		
TR	Manhã	38,78 aB	38,44 bB	1,3	0,62
	Tarde	39,12 aA	38,55bA		
FR	Manhã	46,04 aB	40,67 bB	23,38	13,24
	Tarde	57,67 aA	46,56 aA		
TSPN	Manhã	32,45 aB	31,61 bB	4,53	1,64
	Tarde	33,34 aA	32,20 bA		
TSPB	Manhã	31,64 aB	30,79 bB	4,61	1,71
	Tarde	32,82 aA	31,56 bA		
TEN	Manhã	28,85 aB	26,44 bB	8,76	3,59
	Tarde	32,50 aA	30,97 bA		
TEB	Manhã	28,15 aB	25,28 bB	9,12	3,81
	Tarde	32,22 aA	30,20 bA		

Letras distintas, minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas, indicam diferença (P<0,01) pelo teste T. TR – temperatura retal; FR – frequência respiratória; TSPN – temperatura da superfície do pelame negro; TSPB – temperatura da superfície do pelame branco; TEN – temperatura da epiderme negra; TEB – temperatura da epiderme branca.

Para todas as variáveis fisiológicas mensuradas houve diferença significativa (P<0,01) da interação estação do ano x período do dia (Tabela 2). Estes resultados demonstram que as variáveis fisiológicas foram influenciadas pela estação do ano nos diferentes períodos do dia independente da predominância negra ou branca. Observa-se que na estação primavera/verão e no período da tarde, foram encontrados os maiores

valores para as variáveis fisiológicas e também para as variáveis climáticas, temperatura do ar, ITU, ITGU, TGN e CTR (Tabela 1), certamente em virtude da maior carga térmica nesta estação do ano e período do dia, acarretou em um aumento das variáveis fisiológicas.

Os valores médios encontrados para TR e FR foram maiores no período da tarde em ambas as estações do ano e na estação primavera/verão em comparação ao outono/inverno. Estes valores são explicados pela maior carga térmica radiante (Tabela 1) nestes períodos, o que resulta na maior produção de calor endógeno. Entretanto, os valores estão dentro do considerado normal para animais da raça Holandesa, que de acordo com Pires & Campos (2004) a FR de 45 a 65 mov/min o animal está sob estresse brando e de acordo com Dhiman & Zaman (2001) a TR a partir de 39,2 °C os animais encontram-se hipertermicos. Isso mostra que apesar dos valores médios de temperatura do ar e ITU em ambas às estações e o ITGU na estação primavera/verão terem sido considerados críticos para vacas leiteiras, as mesmas conseguiram manter sua homeotermia, não estando em condição de estresse térmico. Isto deve-se ao local onde os animais estavam alojados, o qual era sombreado. Os resultados encontrados concordam com os de Wolff & Monty (1976), que encontraram maiores valores de frequência respiratória no verão que no inverno. Singh & Mishra (1980) também observaram aumento significativo da TR e FR entre as estações inverno e verão. Pires et al. (1998) avaliando os parâmetros fisiológicos de vacas da raça Holandesa confinadas durante o verão e inverno, verificou que houve aumento da frequência respiratória (41 para 60 mov/min) para as estações inverno e verão, respectivamente e também da temperatura retal.

Silva et al. (2009) avaliando a interferência de fatores climáticos em respostas fisiológicas de vacas Holandesas em lactação no semiárido mineiro, encontrou FR normal nas estações do inverno (31 mov/min) e primavera (36 mov/min), e no verão (60 mov/min) indicando um início de estresse térmico. Estes mesmos autores encontraram valores de TR de 38,2, 38,4 e 38,9°C nas estações inverno, primavera e verão, respectivamente, as quais são consideradas normais.

Em geral, bovinos apresentam TR mais alta no turno da tarde que no da manhã (Cunha et al., 2007). Martello et al. (2004) avaliando as respostas fisiológicas de vacas da raça Holandesa em lactação em diferentes ambientes, encontraram valores pela manhã de 39,0°C e à tarde de 39,2°C, valores estes maiores que os encontrados nesta pesquisa. Ferreira et al. (2006) trabalhando com vacas leiteiras mestiças e Aguiar & Targa (1999), Nääs & Arcaro Júnior (2001) e Pereira et al. (2008) e avaliando vacas Holandesas, encontraram temperatura retal significativamente maior à tarde que pela manhã, havendo

interação com a hora do dia. A variação da temperatura retal ao longo do dia deve-se ao acúmulo de calor no organismo animal, como resultado do excesso de calor recebido do ambiente somado à produção de calor interna durante o dia e à incapacidade dos mecanismos termorreguladores em eliminar esse excedente (Nääs, 1998). Silva et al. (2012) trabalhando com vacas mestiças Holandês x Gir no sul do Estado do Piauí, encontraram valores superiores aos de TR e FR que foram de 39,4 °C e 62,6 mov/min, respectivamente.

Diferença significativa ( $P < 0,01$ ) foram encontradas para TSPN, TSPB, TEN e TEB, sendo que os valores no período da tarde em ambas as estações do ano e na estação primavera/verão em comparação ao outono/inverno foram maiores, demonstrando que com o aumento das variáveis climáticas (Tabela 1) houve aumento também nas variáveis fisiológicas em decorrência da maior carga de calor. Também como consequência do aumento da temperatura corporal e frequência respiratória, e ao aumento dos processos químicos originados pela ingestão de alimentos, atividade física durante o dia e repouso durante a noite (Bianca, 1965), bem como ao maior comprimento e espessura do pelame branco.

Façanha et al. (2010) encontraram valores de temperatura da superfície do pelame branco e negro de 34,05 e de 37,77 °C respectivamente. Estes maiores valores encontrados por estes autores, são reflexo do horário de coleta que foi às 9 h.

Prasanpanichi et al. (2002) avaliando os parâmetros fisiológicos de vacas Holandesas ao ar livre e em recinto fechado, verificaram que a temperatura da superfície do pelame foi mais alta no grupo de vacas ao ar livre (41,2°C contra 38,2°C no grupo em recinto fechado), demonstrando que o grupo de vacas expostas à radiação solar direta sofreu influência para este parâmetro, cujos valores foram maiores que os encontrados nesta pesquisa como consequência da exposição à radiação solar direta. Os dados de TSPN e TSPB estão coerentes com os encontrados por Rosenberger (1966) citado por Aguiar & Targa (1999), Baccari (1971) e Damasceno et al. (1998), que também observaram maiores valores no período da tarde que pela manhã.

Martello et al. (2004) encontraram diferença significativa ( $P < 0,01$ ) nos valores médios de temperatura da epiderme em vacas da raça Holandesa primíparas variando de 31,8 a 36,7°C, nos turnos da manhã e tarde, sendo estes superiores aos encontrados nesta pesquisa nos dois períodos do dia. A diferença numérica existente entre a TEN e TEB, possivelmente refletem variações existentes no suprimento sanguíneo periférico como consequência da exposição ao calor (Rubsamen & Hales, 1985) Com o aumento do calor

ambiental, o organismo promove a vasodilatação periférica, no sentido de permitir meios de troca de calor entre o organismo e o ambiente. Ocorre ativação das glândulas sudoríparas, aumentando o intercâmbio de calor através da transformação do estado líquido em vapor.

**Tabela 3.** Coeficientes de correlação de Pearson entre variáveis climáticas com os parâmetros fisiológicos de vacas da raça Holandesa

Variáveis	TR	FR	TSPN	TSPB	TEN	TEB
ITU	0,53219**	0,44799 **	0,41129**	0,45984**	0,66292**	0,69120**
ITGU	0,50240**	0,44816**	0,38893**	0,43933**	0,67031**	0,69199**
ITE	0,31993**	0,18801**	0,25908**	0,26650**	0,29697**	0,31375**
CTR	0,39973**	0,37841**	0,30933**	0,35765**	0,57758**	0,59099**
Ta	0,52366**	0,46981**	0,40067**	0,45294**	0,67391**	0,70253**

(\*\*) – significativo a 1% de probabilidade ( $P < 0,01$ ); ITU – índice de temperatura e umidade; ITGU – índice de temperatura do globo e umidade; ITE – índice de temperatura equivalente; CTR – carga térmica radiante ( $W/m^2$ ); ta – temperatura do ar ( $^{\circ}C$ ); TR – temperatura retal ( $^{\circ}C$ ); FR – frequência respiratória (mov/min); TSPN – temperatura da superfície do pelame negro ( $^{\circ}C$ ); TSPB – temperatura da superfície do pelame branco ( $^{\circ}C$ ); TEN – temperatura da epiderme negra ( $^{\circ}C$ ); TEB – temperatura da epiderme branca ( $^{\circ}C$ ).

Foi observada correlação positiva ( $P < 0,01$ ) (Tabela 3) entre as variáveis ambientais e os parâmetros fisiológicos, o que era esperado, uma vez que, o aumento das variáveis ambientais, tendem a aumentar o metabolismo dos animais, afim de manter sua homeotermia. A correlação de maior magnitude foi encontrada entre Ta, ITU e ITGU com todos os parâmetros fisiológicos, sugerindo que o aumento desses elementos meteorológicos interferiu na termorregulação dos animais. A Ta é uma variável utilizada no cálculo do ITU e ITGU, os quais apresentaram correlação altamente significativa com os parâmetros fisiológicos. Observa-se que o ITU foi o índice que teve maior correlação com a termorregulação.

a temperatura retal mostrou-se mais correlacionada com ITU ( $r = 0.53219$ ) e com a temperatura do ar ( $r = 0,52366$ ), confirmando a importância da Ta sobre a termorregulação dos animais.

A frequência respiratória apresentou correlação positiva ( $P < 0,01$ ) de maior magnitude com a  $T_a$  ( $r = 0,46981$ ) e ITGU ( $r = 0,44816$ ), indicando ter sido o mecanismo respiratório muito importante para a termólise dos animais.

A temperatura da superfície do pelame negro e branco apresentaram maior correlação positiva ( $P < 0,01$ ) com a  $T_a$ , sendo  $r = 0,40067$  para TSPN e  $r = 0,45294$ , sendo maior a correlação entre a  $T_a$  e TSPB. Pocay et al. (2001) também encontraram maior correlação positiva ( $P < 0,01$ ) entre  $T_a$  com TSPB ( $r = 0,395$ ) que com TSPN ( $r = 0,220$ ).

O índice de temperatura equivalente apresentou correlação positiva ( $P < 0,01$ ), mas foi o de menor magnitude quando comparado com os outros índices de conforto térmico e variáveis ambientais com os parâmetros fisiológicos. O maior valor encontrado foi para TR ( $r = 0,31993$ ). Silva et al. (2007) encontrou valores de correlação positiva ( $P < 0,05$ ) para vacas Holandesas e Jersey nos estados do Ceará e Rio Grande do Norte de  $r = 0,293$  para TR e  $r = 0,520$  para FR.

A temperatura da epiderme negra e branca apresentaram maior correlação positiva ( $P < 0,01$ ) com a  $T_a$  e ITGU. Este fato se explica por ITGU levar em consideração a radiação solar.

As interações pelame x estação do ano, pelame x estação do ano x período do dia não foram significativas para nenhum dos parâmetros fisiológicos avaliados. Isso demonstra que as variações nestes parâmetros entre as duas cores de pelame ocorreram independentemente da estação do ano e período do dia.

**Tabela 4.** Médias das variáveis fisiológicas medidas nas vacas Holandesas de acordo com a cor do pelame

PELAGEM	PARÂMETROS FISIOLÓGICOS					
	TR (°C)	FR (mov/min)	TSPN (°C)	TSPB(°C)	TEN (°C)	TEB (°C)
BRANCA	38,94 A	47,08 A	32,43 A	31,66 A	29,94A	29,09 A
NEGRA	38,57 B	48,39 A	32,37 B	31,74 A	29,44B	28,83 B
CV (%)	1,3	23,38	4,53	4,61	8,76	9,12
Desvio padrão	0,62	13,24	1,64	1,71	3,59	3,81

Letras distintas nas colunas indicam diferença significativa ( $P < 0,01$ ) pelo teste T. CV – coeficiente de variação; TR - temperatura retal; FR - frequência respiratória; TSPN – temperatura da superfície do pelame negro; TSPB – temperatura da superfície do pelame branco; TEN – temperatura da epiderme negra; TEB – temperatura da epiderme branca.

Os animais de pelagem predominantemente branca apresentaram TR maior ( $P < 0,01$ ) ( $38,94^{\circ}\text{C}$ ) que as vacas predominantemente negras ( $38,57^{\circ}\text{C}$ ), entretanto os valores observados estão dentro da faixa de normalidade para bovinos com mais de um ano de idade de acordo com Kolb (1987) que é de  $38,5 \pm 1,5$ , a qual é mantida quando ocorre regulação do equilíbrio entre a formação de calor e a sua liberação pelo organismo. Pocay et al. (2001) encontraram resultado diferente avaliando as respostas fisiológicas de vacas predominantemente brancas e predominantemente negras sob radiação solar direta, os autores encontraram diferença significativa entre os animais negros que apresentaram média mais alta ( $39,6^{\circ}\text{C}$ ) que os brancos ( $39,4^{\circ}\text{C}$ ). Martello et al. (2004) não encontraram diferença significativa ( $P > 0,05$ ) nos valores médios de TR em vacas Holandesas primípara variando de  $38,3$  a  $39,3^{\circ}\text{C}$ .

Não foram verificadas diferenças estatísticas significativas ( $P > 0,05$ ) para a FR, demonstrando que os animais não necessitaram utilizar com maior intensidade as vias respiratórias para dissipação do calor corporal excedente, a qual está caracterizada com ausência de estresse por calor de acordo com Hahn et al. (1997) que determinaram que acima de 60 mov/min os animais apresentam-se sob estresse térmico. Pocay et al. (2001) também não encontraram diferença significativa ( $P > 0,05$ ) para FR, com valores de 93,88 mov/min para as predominantemente negras e 93,45 mov/min para as predominantemente brancas.

Foram encontradas diferenças significativas ( $P < 0,01$ ) para os valores médios na TSPN ( $32,43$  e  $32,37^{\circ}\text{C}$ ), TEB ( $29,94$  e  $29,44^{\circ}\text{C}$ ) e TEN ( $29,09$  e  $28,83^{\circ}\text{C}$ ) para vacas predominantemente negras e predominantemente brancas, respectivamente, resultados estes que estão compatíveis com a maior TR das vacas brancas em relação às negras. Resultados diferentes foram obtidos por (Hansen 1990), Goodwin et al. (1995,1997), Aguiar e Targa (1999), Pocay et al. (2001) para TSPN, que não encontraram diferença significativa ( $P > 0,05$ ) para os animais brancos ou negros. A diferença nos resultados pode ser explicada pelo sistema de criação adotado por aqueles autores, cujos animais receberam radiação solar direta ao contrário das vacas neste experimento, as quais estavam à sombra, não incidindo sobre elas a radiação solar direta. Nesta pesquisa foram encontrados valores de comprimento de pelo de 9,87 e 10,80 mm e de espessura do pelame de 4,03 e 4,45 mm para as vacas negras e brancas, respectivamente. Como em animais da raça Holandesa, a pigmentação da pele, acompanha a pigmentação do pelame, e de acordo com Silva (1999) pelames brancos apresentam pelos mais compridos e maior espessura da capa, o que lhes confere uma maior retenção de calor quando os animais estão à sombra, possuem também

considerável transmissividade para radiação de ondas curtas e especialmente a radiação ultravioleta. Assim, nestes locais a temperatura foi maior devido a esta maior transmissividade e retenção e calor.

Não foi encontrada diferença significativa ( $P>0,05$ ) para a TSPB. Há concordância com os resultados encontrados por Pocay et al. (2001) que não verificaram diferença significativa ( $P>0,05$ ) para a temperatura do pelame branco em vacas predominantemente negras e predominantemente brancas. Este fato pode ser devido a maior capacidade de reflexão do pelame branco. Aguiar & Targa (1999) encontraram valores inferiores aos deste experimento, sendo 31,0 vs 30,62°C, e Berman & Morag (1971) valores superiores, 39,9 vs 38,9°C ambos ao sol e à sombra, respectivamente.

**Tabela 5.** Valores médios da TEN (temperatura da epiderme negra) de acordo com a cor do pelame e o período do dia

PELAGEM	MANHÃ	TARDE
BRANCA	27,99bA	31,89aA
NEGRA	27,30bB	31,58aB
CV (%)	8,76	

Letras distintas, minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas, indicam diferença ( $P<0,05$ ) pelo teste T. CV – coeficiente de variação.

Os animais de pelagem predominantemente branca apresentaram TEN maior (31,89 e 27,99°C) ( $P<0,05$ ) (Tabela 5) que os predominantemente negros (31,58 e 27,30°C) no período da tarde em relação ao da manhã, respectivamente. Esta diferença está condizente com a maior TR nos animais predominantemente brancos, demonstrando que o fluxo de calor ocorreu do interior para o exterior do animal. Esses resultados podem ser atribuídos ao armazenamento de calor entre os dois períodos em função das temperaturas do ar mais elevadas à tarde (Tabela 1) e que ultrapassaram o limite crítico superior da zona termoneutra de 25°C (Azevedo et al. 2005) para vacas leiteiras, assim a TEN acompanhou este aumento por conta do aumento da carga de calor sobre o animal.

Os resultados sugerem que as vacas Holandesas predominantemente negras podem ter um mecanismo mais eficiente de eliminação de calor, sendo mais vantajosos do ponto de vista adaptativo em regiões tropicais, uma vez que se mostraram mais resistentes ao calor. Apenas a provisão de sombra foi insuficiente para a manutenção do equilíbrio térmico dos animais no período da tarde e/ou na estação primavera/verão, e medidas adicionais de manejo ambiental seriam necessárias.

## CONCLUSÕES

Os animais predominantemente negros apresentaram maior tolerância ao calor que os predominantemente brancos, em função dos valores inferiores para os parâmetros fisiológicos avaliados.

A estação primavera/verão e o período da tarde, se mostraram mais estressantes que o outono/inverno e o período da manhã para os animais.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIAR, I.S.; TARGA, L.A. respostas termorreguladoras, armazenamento de calor corporal e produção de leite de vacas holandesas mantidas ao sol e com acesso a sombra natural. **Energia na Agricultura**, v.14, p.9-21, 1999.
- ARMSTRONG, D.V. Heat stress interaction with shade and cooling. **Journal of Dairy Science**, v.77, p.2044-2050, 1994.
- ARCARO JR, I.; ARCARO, J.R.P; POZZI, C.R.; FAGUNDES, H.; MATARAZZO, S.V; OLIVEIRA, C.A. Teores plasmáticos de hormônios, produção e composição do leite em sala de espera climatizada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 7, p. 350-354, 2003.
- AZEVEDO, M.; PIRES, M.F.A.; SATURNINO, H.M. et al. Estimativa de Níveis Críticos Superiores do Índice de Temperatura e Umidade para Vacas Leiteiras 1/2, 3/4 e 7/8Holandês-Zebu em Lactação, **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, p.2000-2008, 2005.
- BACARRI, JR. F., Estudo da frequência respiratória, cardíaca e da temperatura retal de bovinos leiteiros da espécie *Bos taurus*. **Arquivos da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais**, v. 23, p.337-339, 1971.
- BACCARI Jr., F. **Manejo ambiental da vaca leiteira em climas quentes**. Londrina, 2001. 142p.
- BAETA, F.C.; MEADOR, N.F.; SHANKLIN, M.D. et al. Equivalent temperature index at temperatures above the thermoneutral for lactating dairy cows. Summer Meeting of **American Society of Agricultural Engineers**. p. 2-19, 1987.
- BERMAN, A., MORAG, M. Nychthemeral patterns of thermoregulation in high-yielding dairy cows in a hot dry near-natural climate. **Australian Journal Agriculture Research**. V. 22, p.671-678, 1971.
- BIANCA, W. Reviews of the progress of dairy science. Section A. Physiology cattle in hot environment. **Journal Dairy Research**. v.32, p.291-345, 1965.
- BUFFINGTON, D.E., COLLAZO-AROCHO, A., CANTON, G.H., et al. Black globe-humidity index (BHGI) as comfort equation for dairy cows. **Transactions of the ASAE**. v.24, p.711-14, 1981.
- CPRM – Serviço Geológico do Brasil. Projeto cadastro de fontes de abastecimento por área subterrânea. **Diagnóstico do Município de São Bento do Una, estado de Pernambuco**. Recife: CPRM/PRODEEM. 2005. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/rehi/atlas/pernambuco/relatorios/SAOBENTODOUNA/27.pdf>> Acesso em: 09/09/2010.
- CUNHA, D. N. F. V.; CAMPOS, O. F.; PEREIRA, J. C.; ÁVILA, M. F.; LIZIEIRE, R. S.; MARTUSCELLO, J. A. Desempenho, variáveis fisiológicas e comportamento de bezerros mantidos em diferentes instalações: época chuvosa. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, p. 1140-1146, 2007.
- DAMASCENO, J.C.; BACCARI JR., 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.
- DHIMAN, T. R.; ZAMAN, M. S. Desafio dos sistemas de produção de leite em confinamento em condições de clima quente. In: II SIMPÓSIO DE NUTRIÇÃO E PRODUÇÃO DE GADO DE LEITE, 2001. Belo Horizonte, MG. **Anais...** 2001, p. 5-20.
- ESMAY, M.L. **Principles of animal environment**. West Port, C.T. Avi Publishing, 1969. 325p.

- FAÇANHA, D.A.E.; SILVA, R.G.;MAIA, A.S.C. et al. Variação anual de características morfológicas e da temperatura de superfície do pelame de vacas da raça Holandesa em ambiente semiárido. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.837-844, 2010.
- FERREIRA, F.; PIRES, M.F.A. MARTINEZ, M. L. et al. Parâmetros fisiológicos de bovinos cruzados submetidos ao estresse calórico. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, vol.58, p. 732-738, 2006
- GEBREMEDHIN, K.G.; NI, H.; HILLMAN, P.E. Modeling temperature profile and Heat flux through irradiated fur layer. **Transactions of the ASAE**, v.40, p.1441-1447,1997.
- GOODWIN, P., JOSEY, M.J., COWAN, J.M. Coat color and its effect on production in Holstein-Friesians in South-East Queensland. In: Australian Association of Breeding and genetics Conference, 11., Sidney, 1995. **Proceedings...** p. 295-8.
- GOODWIN, P., GAUGHAN, J., SKELE, P., JOSEY, M.J., HALL, A., YOUNG, B. Coat color and alleviation of heat load in Holstein-Friesian cows. In: International Livestock Environment Symposium, 5., Bloomington,MN, 1997. **Proceedings...** p. 923-7.
- HAHN, G. L. Manegement and housing of farm animals in hot environments. In: YOURSEF, M. K. **Stress physiology in livestock**. v. 2. Ungulates. Boca Raton: CRC Press, Inc. p. 151-174, 1985.
- 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**, v.40, p.97-121, 1997.
- HANSEN, P.J. Effects of coat colour on physiological responses to solar radiation in Holsteins. **Veterinary Research**, v. 127, p.333-4, 1990.
- HANSEN, P. J.; ARECHIGA, C. F. Strategies for managing reproduction in the heat-stressed dairy cow. **Journal of Animal Science**, v. 77, p. 36-50, 1999.
- HUBER, T.J. **Alimentação de vacas de alta produção sob condições de estresse térmico**. In: Bovinocultura leiteira. Piracicaba: FEALQ, 1990. p. 33-48.
- IGONO, M. O.; JOHNSON, H. D. Physiologic stress index of lactating dairy cows based on diurnal pattern of rectal temperature. **Journal of Interdisciplinary Cycle Research**, v.21, p.303-320, 1992.
- JHONSON, H. Environmental management of cattle to minimize the stress of climatic change. **International Journal of Biometerology**, v.24, p.65-78, 1980.
- KOLB, E.; KETZ, A.; GURTLER, H. **Fisiologia Vateriaária**, 4 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1987. 612p.
- LEITE, M.L.; VIRGENS FILHO, J.S. Ajuste de modelos de distribuição de probabilidade a séries horárias de velocidade do vento para o município de Ponta Grossa, Estado do Paraná. **Acta Scientiarum Technology**, v. 33, p. 447-455, 2011.
- MARTELLO, L.S., SAVASTANO JR., H.; SILVA, S.L. et al. Respostas fisiológicas e produtivas de vacas holandesas em lactação submetidas a diferentes ambientes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, p. 181-191, 2004.
- NÄÄS, I.A. Tipologia de instalações em clima quente. In: Simpósio Brasileiro de Ambiência na Produção de Leite, 1., 1998, Piracicaba **Anais...** Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, p.146-155, 1998.
- NÄÄS, I.A.; ARCARO JR., I. Influência de ventilação e aspersão em sistemas de sombreamento artificial para vacas em lactação em condições de calor. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.5, P. 139-142, 2001.
- PEREIRA, J. C.; CUNHA, D. N. F. V; CECON, P. R. et al. Desempenho, temperatura retal e frequência respiratória de novilhas leiteiras de três grupos genéticos recebendo dietas com diferentes níveis de fibra. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.37, p.328-334, 2008.

- PIRES, M.F.A.; SATURNINO, H.M.; VERNEQUE, R.S. et al. Efeito das estações (inverno e verão) na temperatura retal e frequência respiratória de vacas Holandesas confinadas em free stall. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.50, p.747-752, 1998.
- POCAY, P. L. B.; POCAY, V. G.; STARLING, R. G. et al. Respostas fisiológicas de vacas holandesas predominantemente brancas e predominantemente negras sob radiação solar direta. **Revista de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 17, p. 155-161, 2001.
- PRASANPANICH, S; SIWICHAI, S; TUNSARINGKARN, K et al. Physiological responses of lactating cows under grazing and indoor feeding condition in the tropics. **Journal of Agricultural Science**, v.138, p.341-344, 2002.
- ROENFELDT, S. You Can't afford to ignore heat stress. **Dairy Manage**, v.35, p.6-12, 1998.
- ROSEMBERGER, G. **Exploración clinica del ganado vacuno**. Barcelona: Labor, 1966. 234p.
- RUBSAMEN, K & HALES, J.R.S. Circulatory adjustmants of heat-stressed livestock. in: **Stress Physiology in Livestock**, v. 1. basic principles. boca raton: crc press, inc., p.143-154, 1985.
- SILVA, I.J.O. **Ambiência e Qualidade na Produção Industrial de Suínos**. Piracicaba: FEALQ. 1999.
- SILVA R. G. **Introdução à bioclimatologia animal**. São Paulo: Nobel, 2000. 286p.
- SILVA, I.J.O.; PANDORTH, H.; ACARARO JR., E. et al. Efeitos da climatização do curral de espera na produção de leite de vacas Holandesas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, p.2036-2042, 2002.
- SILVA, R.G.;MORAES, D.E.F.; GUILHERMINO, M.M. Escolha de índices de estresse térmico para vacas leiteiras em ambiente tropical. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, p.1192-1198, 2007.
- SILVA, B.C.M., ALMEIDA, A.C. FNSECA, L.M., et al. Interferência de fatores climáticos em respostas fisiológicas de vacas da raça Holandesa em lactação no semi-árido mineiro. In: XIX CONGRESSO NACIONAL DE ZOOTECNIA, 2009. Águas de Lindóia. **Anais...**São Paulo: Sociedade Brasileira de Zootecnia, [2009]. (CD-ROM).
- SILVA, T.P.D.; OLIVEIRA, R.G.; SOUSA JÚNIOR, S.C. et al. Efeito da exposição à radiação solar sobre parâmetros fisiológicos e estimativa do declínio na produção de leite de vacas mestiças (Holandês X Gir) no sul do estado do Piauí. **Comunicata Scientiae**, v. 3, p. 299-305, 2012.
- SINGH, A. S.; MISHRA, M. Physiological responses and economic traits of Holstein, Jersey, Crossbred and Haryana cows in hot and humid environment. **Indian Journal Dairy Science**, vol. 33, p. 175-181, 1980.
- THOM, E.C. Cooling degrees: days air-conditioning, heating, and ventilating. **Transactions of the ASAE**, v.55, p.65-72, 1958.
- TUBELIS, A.; NASCIMENTO, F. C. L. **Meteorologia descritiva: fundamentos e aplicações brasileiras**. 1. ed. São Paulo: Nobel, 1986.
- WOLFF, L. K.; MONTY, D. E. Physiologic response to intense summer heat and its effect on the estrous cycle of non lactating and lactating Holstein-friesian cows in Arizona. **American Journal Veterinary Research**, v.35, p.187-192, 1974.

## **Capítulo 3**

---

**Níveis críticos de índices ambientais para vacas da raça Holandesa na região**

**Semiárida**

## RESUMO

Esta pesquisa foi realizada com o intuito de estimar os valores críticos superiores do índice de temperatura e umidade (ITU) e do índice de temperatura do globo e umidade (ITGU) para vacas da raça Holandesa, baseando-se na temperatura retal (TR) e frequência respiratória (FR) de 19 vacas leiteiras da raça Holandesa durante as estações primavera/verão e outono/inverno. A produção de leite foi medida diariamente. O período experimental foi de novembro de 2010 a setembro de 2011. O ambiente foi monitorado continuamente por intermédio de uma estação meteorológica automática e os dados climáticos registrados foram utilizados para calcular os índices de conforto térmico. Foram realizadas correlações de Pearson entre as variáveis ambientais e índices de conforto térmico com os parâmetros fisiológicos e análise de regressão. Foram observadas correlações significativas entre as variáveis ambientais e os índices de conforto térmico com a TR e FR. Os resultados obtidos evidenciaram que a TR é o melhor indicador de estresse térmico que a FR em vacas da raça Holandesa em lactação. O ITU mostrou ser um índice de conforto térmico melhor que o ITGU nesta pesquisa. Foram estimados os níveis críticos de ITU e ITGU com base na temperatura retal e frequência respiratória, sendo respectivamente iguais a 76 e 75 e de 82 e 79.

**Palavras-chave:** bovinocultura de leite, estresse térmico, parâmetros fisiológicos

---

## **CRITICAL LEVELS OF ENVIRONMENTAL INDICES FOR HOLSTEIN COWS IN THE SEMI-ARID REGION**

**ABSTRACT** – This research was carried out with the aim of estimating critical values for temperature humidity index (THI) and Black-Globe temperature humidity index (BGTHI), based on rectal temperature (RT) and respiratory rate (RR), for 19 Holstein dairy cows during spring/summer and autumn/winter. Milk production was measured daily. The experiment took place from November 2010 to September 2011. The environment was continuously monitored by an automatic meteorological station and the recorded weather data was used to calculate indices for thermal comfort: Pearson's correlations were made for the environmental variables and thermal comfort indices with the physiological parameters and regression analysis. Significant correlations were observed between the environmental variables and the thermal comfort indices for RT and RR. The results obtained prove that RT is a better indicator than RR of heat stress in lactating Holstein cows. THI was shown to be a better indicator of thermal comfort than BGTHI in this study. Critical levels of THI and BGTHI, based on rectal temperature and respiratory rate, were estimated, being equal to 76 and 75, and 84 and 78, respectively.

**Keywords:** dairy cattle, heat stress, physiological parameters

---

## INTRODUÇÃO

O estresse é um sintoma consequente da exposição do indivíduo a um ambiente hostil que provoca sobrecarga no seu sistema de controle (homeostase) e causa aumento de mortalidade, como também insucesso na produção e reprodução. Os agentes estressores podem ser de natureza mecânica (traumatismos), físicas (calor ou frio), química (drogas) e biológicas (parasitos, fatores nutricionais, agentes infecciosos). As alterações comportamentais são sinais para a identificação de condições estressantes ao animal. De acordo com Broom e Jhonson (1993), o estresse é um efeito ambiental sobre um indivíduo que coloca uma sobrecarga sobre o seu sistema de controle e reduz o seu fitness, o que envolve um aumento da mortalidade e insucesso no crescimento e reprodução.

O estresse por calor é caracterizado pela quantidade de calor produzido acima do eliminado quando o animal é exposto a um ambiente térmico desfavorável, ou seja, quando a temperatura excede ao valor de temperatura crítica superior (TCS), acima da zona de conforto térmico, e quando os fatores: radiação solar, umidade relativa do ar e vento, os quais, com a própria temperatura formam a temperatura efetiva, tornam-se limitantes. Nestas condições, todas as fontes de calor endógeno são inibidas: o metabolismo basal e energético e o consumo de alimentos (Pires et al., 2003).

O conforto térmico no animal define-se como o intervalo de temperatura em que não há o mínimo esforço dos sistemas termorreguladores para manter homeotermia. Neste caso há melhores condições de saúde e produtividade e a atividade reprodutiva não é comprometida visto que não há desgaste dos processos fisiológicos. Os animais, nestas condições, apresentam temperatura, frequência respiratória e apetite normais (Martello, et al., 2004).

Uma variedade de índices foram utilizadas para estimar o grau de estresse por calor que afeta o gado e outros animais (Akyuz et al., 2010). Geralmente, estes índices envolvem dois ou mais elementos climáticos como também outras variáveis não climáticas, tais como taxas metabólicas (Pires et al., 1999). O que se observa, é que os valores críticos dos índices de conforto térmico utilizados foram obtidos em clima temperado, ou seja, baseando-se em informações obtidas a partir de condições climáticas não condizentes com a realidade das nossas regiões.

Objetivou-se com este estudo estimar os valores críticos do índice de temperatura e umidade (ITU) e do índice de temperatura do globo e umidade (ITGU para vacas da raça holandesas em lactação com base na temperatura retal e frequência respiratória.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Fazenda Cachoeira localizada na PE 180, Km 13, S/N, no município de São Bento do Una, na região Semiárida do Estado de Pernambuco. O município está localizado a uma latitude 08°31'22" Sul, longitude 36°26'40" Oeste, e altitude de 614 m. Quanto ao relevo o município localiza-se no Planalto da Borborema. O clima da cidade é semiárido do tipo Bs'h pela classificação de Köppen, muito quente, com chuvas no outono e inverno. O período normal de chuva inicia-se em fevereiro/março e pode estender-se até agosto. A precipitação anual apresenta máxima de 1.035 mm e mínima de 305 mm. As temperaturas variam, acompanhando a época das precipitações pluviométricas. A média anual fica em torno de 24° C (CPRM, 2010). Limita-se a norte com a cidade de Belo Jardim, a sul com Jucati, Jupi e Lajedo, a leste com Cachoeirinha, e a oeste com Capoeiras, Sanharó e Pesqueira.

A propriedade iniciou suas atividades produtivas no ano de 2009 com exploração da pecuária leiteira em sistema semi-intensivo, com criação de gado Holandês e mestiços, totalizando 155 animais. Possui área total de 138 ha, com solo argiloso e topografia variando entre plano e plano-ondulada. As características gerais da vegetação, hidrografia e clima são semelhantes às referentes ao município de São Bento do Una.

Foram utilizadas 19 vacas puras da raça Holandesas de primeira cria, provenientes da região de Castro, no Estado do Paraná. O período experimental foi de 327 dias. O período de adaptação ao manejo foi de 15 dias.

A ordenha mecânica foi realizada duas vezes ao dia, às 6 e às 16 h. A produção de leite foi quantificada diariamente por meio de medidor de leite da empresa TRU-TEST®.

Os animais eram mantidos em um piquete provido de saleiro, cocho coletivo para alimentação, coberto com telhas do tipo cerâmica, um bebedouro e sombreamento natural e artificial coberto com telha do tipo colonial. A alimentação fornecida neste piquete ao longo do dia foi composta de silagem de milho à vontade, palma forrageira e feno, todos produzidos na própria propriedade. A alimentação ofertada após as duas ordenhas, em cochos separados, era composta de 4,5 kg de concentrado do tipo max leite lactação 28 RM, de fabricação da Du Rancho Nutrição Animal Ltda. 1,5kg de farelo de soja, 2 kg de caroço de algodão, 1,5 kg de farelo de milho, 100 g de sal mineral, 80 g de bicarbonato de sódio e 8 kg de silagem de milho, estes divididos para as duas ordenhas.

O monitoramento do ambiente foi realizado continuamente através do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) por intermédio de uma estação meteorológica

automática localizada na fazenda do Instituto Agrônomo de Pernambuco –IPA. A estação foi programada para registrar a cada três horas os dados referentes à temperatura do ar (Ta), umidade relativa do ar (UR), velocidade dos ventos (Vv), precipitação pluvial (PP). Foram instalados dois globos termômetros na altura do dorso dos animais, um exposto ao sol e o outro na sombra, este na sala de ordenha, para obtenção da temperatura do globo negro (Tgn), a cada duas horas.

A temperatura do globo negro foi utilizada para calcular o índice de temperatura do globo e umidade (ITGU), como também a carga térmica radiante (CTR).

Foram calculadas as médias das variáveis ambientais (Ta, UR, Tgn, Vv) observados nos horários das 6 e 16 h.

O ITU (índice de temperatura e umidade) foi calculado utilizando a equação proposta por Thom (1958), a qual leva em consideração a temperatura do termômetro de bulbo seco (Ta) e a temperatura do ponto de orvalho (Tpo), ambas expressas em °C:

$$ITU = Ta + 0,36Tpo + 41,5$$

Para o cálculo do ITGU (índice de temperatura do globo e umidade) foi utilizada a equação desenvolvida por Buffigton et al. (1981):  $ITGU = Tgn + 0,36Tpo + 41,5$ . Na qual, Tgn = temperatura do globo negro (° C); Tpo = temperatura do ponto de orvalho (° C).

A carga térmica de radiação (CTR) foi calculada utilizando-se a equação estabelecida por Esmay (1969):  $CTR = \sigma \cdot (TRM)^4$ . Em que:  $\sigma$  = constante de Stefan-Boltzman ( $5,67 \times 10^{-8} \text{ W.m}^{-2} \text{ K}^{-4}$ ); TRM = temperatura radiante média, calculada de acordo com a equação:

$$TRM = -100 \times \{ 2,51 \times Vv^{0,5} \times ((Tgn + 273) - (Ta + 273)) + (Tgn + 273/100)^4 \}^{0,25}$$

em que: Vv = velocidade dos ventos (m/s); Tgn = temperatura do globo negro (° C); Ta = temperatura ambiente de bulbo seco (° C).

Após as ordenhas da manhã e da tarde, antes das vacas serem reconduzidas ao piquete, foram observados diariamente nos dois turnos os parâmetros fisiológicos, temperatura retal (TR, °C), frequência respiratória (FR, mov/min.). A temperatura retal foi obtida mediante o uso de termômetro clínico digital introduzido diretamente no reto do animal. A frequência respiratória foi contabilizada pelo número de movimentos respiratórios no flanco dos animais por um período de 30 s e multiplicando-se os valores encontrados por dois, para se obter o número de movimentos respiratórios por minuto. Nos meses de novembro de 2010 a maio de 2011, estes parâmetros foram aferidos diariamente,

e nos meses de junho a setembro de 2011 estas mesmas avaliações foram realizadas três vezes por semana.

Correlações de Pearson foram realizadas entre as variáveis ambientais e índices de conforto com os parâmetros fisiológicos e análises de regressão com testes de ajuste do modelo visando estimar níveis críticos de índices de conforto térmico. Foram escolhidos os modelos de regressão que melhor representam as variáveis analisadas, levando-se em consideração a significância do modelo, o coeficiente de determinação e a resposta biológica. Todos os procedimentos estatísticos foram realizados utilizando-se o SAS (Statistical Analysis System, versão 9.3).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

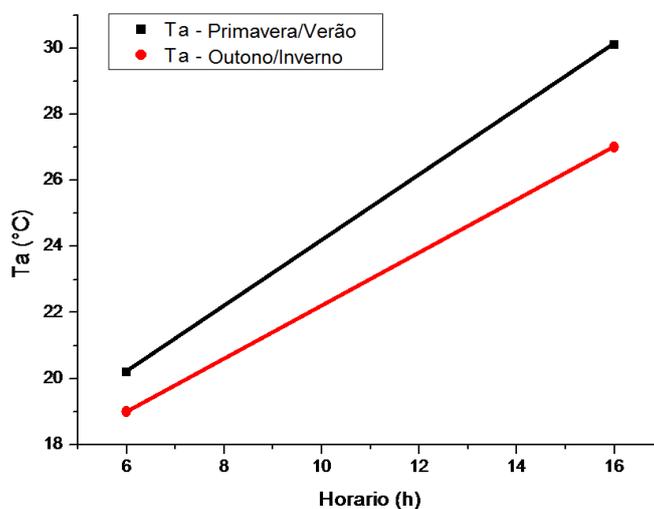


Figura 1. Valores médios de temperatura do ar (Ta) nas estações primavera/verão e outono/inverno

Verifica-se na Figura 1 que os valores médios da temperatura do ar (Ta) encontrados no período da tarde na estação primavera/verão (30,1 °C), no outono/inverno (27°) estão acima do limite superior da zona de termoneutralidade para vacas da raça Holandesa em lactação que variam de 4 a 26 °C, de acordo com Huber (1990). Hansen & Arechiga (1999), relatam que se a temperatura ambiental ultrapassar desse limite ocorre redução da eficiência dos processos de perda de calor e o animal entra em estresse térmico. A variação neste parâmetro foi maior na estação primavera/verão (9,9 °C) que na outono/inverno (8,0 °C).

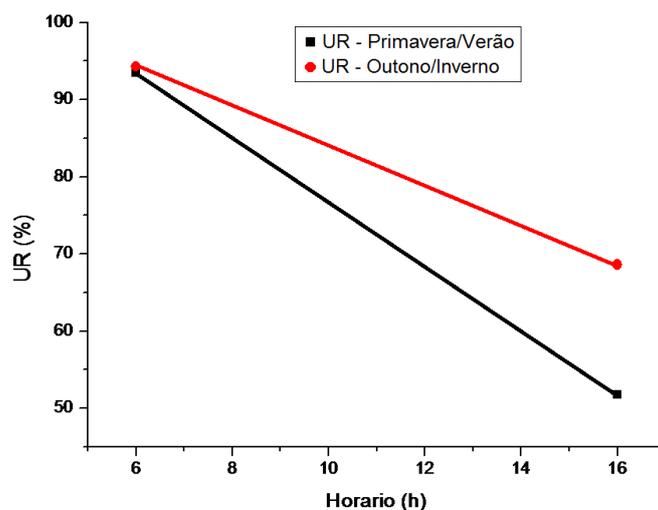


Figura 2. Valores médios de umidade relativa do ar (UR) nas estações primavera/verão e outono/inverno

Os valores de umidade relativa do ar (UR) (Figura 2) foram maiores outono/inverno que na primavera/verão. No período da manhã a umidade relativa do ar foi consistentemente maior que no período da tarde, com valores de 93,5 e 51,5 % e de 94,3 e 68,6 % nas estações primavera/verão e outono/inverno, respectivamente. Este fato ocorreu devido à maior incidência de radiação solar no período da tarde e na estação primavera/verão.

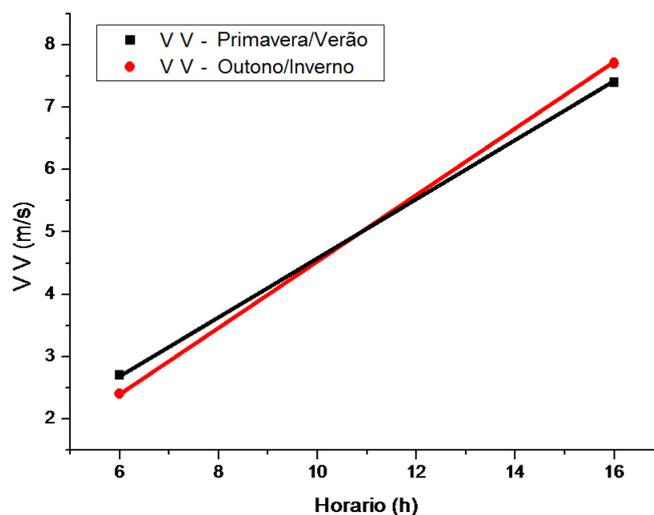


Figura 3. Valores médios de velocidade dos ventos (VV) nas estações primavera/verão e outono/inverno

Quanto à velocidade dos ventos (VV) (Figura 3), as médias em ambas as estações do ano e períodos do dia, são considerados superiores às ótimas para vacas lactantes que é de 2,2 m/s de acordo com Hahn (1985). Na estação outono/inverno no período da manhã o valor de 2,4 m/s aproxima-se do considerado ideal. O vento ameniza a sensação de calor, melhorando o conforto térmico dos animais, uma vez que incrementa as perdas de calor por evaporação e convecção. Diferenças neste parâmetro forma maiores na estação outono/inverno (5,3 m/s) em comparação com o primavera/verão (4,7 m/s).

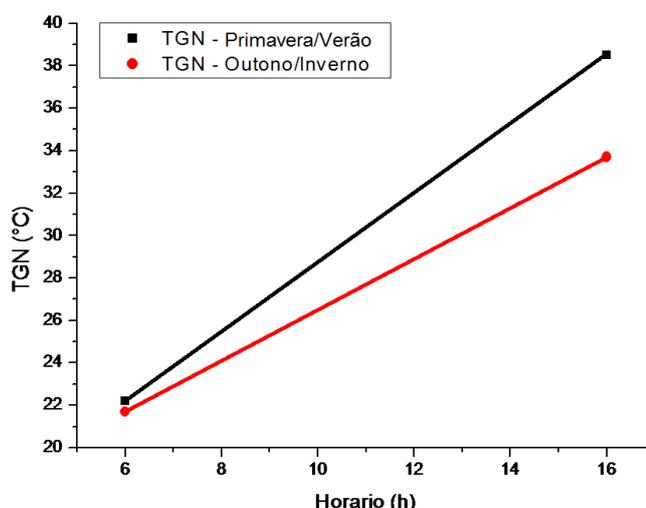


Figura 4. Valores médios de temperatura do globo negro (TGN) nas estações primavera/verão e outono/inverno

Maiores valores de temperatura do globo negro (TGN) (Figura 4) médios foram observados na primavera/verão no período da tarde (38,5 °C) que no outono/inverno (33,7 °C). Pela manhã, a TGN foi maior na primavera/verão que no outono/inverno, observando-se valores de 22,2 e 21,7 °C, respectivamente. Foram encontrados valores máximos de 47,0 °C. Beede et al. (1983) cita 29 °C como TGN crítica para vacas leiteiras e Schineider et al. (1988) cita 21,0 °C como sendo a TGN de conforto térmico para vacas em lactação. Dessa forma, de acordo com a classificação do primeiro autor, em ambas as estações no período da tarde os animais estavam em desconforto e com a classificação do segundo autor, ambas as estações e ambos os períodos do dia, apresentavam-se como desconfortáveis termicamente para as vacas deste estudo. Entretanto, Azevedo (2004) estimou o limite crítico de TGN de acordo com a temperatura retal para vacas leiteiras de diferentes grupos genéticos, 1/2, 3/4 e 7/8 Holandes-Zebú e observou que à partir de 46 °C, 41 °C e 38 °C

de TGN, para os três grupos genéticos, respectivamente, a temperatura retal chegou a 39,0 °C, sendo para aquele experimento, considerado acima do limite de conforto térmico para os animais.

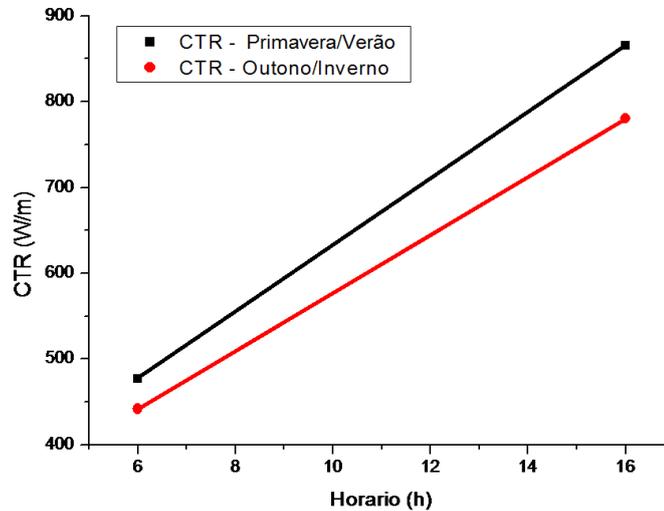


Figura 5. Valores médios de carga térmica radiante (CTR) nas estações primavera/verão e outono/inverno

Foram observados maiores valores médios de carga térmica radiante (CTR) (Figura 5) na estação primavera/verão no período da tarde (865,6 W/m) em função da maior radiação solar. Houve maior diferença entre as médias no período da tarde (85,4 W/m) que no da manhã (35,3 W/m), devido à maior diferença na radiação solar no período da tarde.

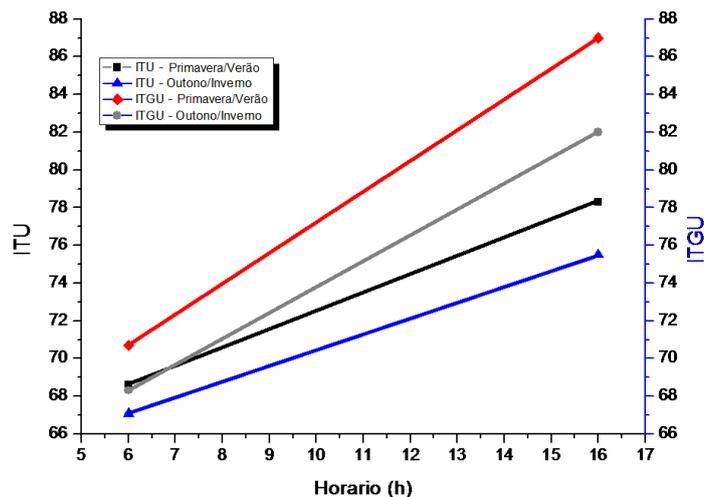


Figura 6. Valores médios de índice de temperatura e umidade (ITU) e índice de temperatura do globo e umidade (ITGU) nas estações primavera/verão e outono/inverno

Foram encontrados valores de índice de temperatura e umidade (ITU) e índice de temperatura do globo e umidade (ITGU) (Figura 6) maiores na primavera/verão, em virtude da maior temperatura do ar (Figura 1) nesta estação. Os valores médios na estação primavera/verão para ITU foram de 68,65 e 78,35 e para ITGU de 70,63 e 86,70 para os horários das 6 e 16 h, respectivamente. Os valores médios de na estação outono/inverno para ITU foram de 66,78 e 74,97 e para ITGU de 67,17 e 81,48 para os horários das 6 e 16 horas, respectivamente. Em ambas as estações, o ITU e ITGU foram maiores à tarde que pela manhã. Igono et al. (1992) determinaram para vacas Holandesas, na região central do Arizona-EUA (clima quente e seco), valores críticos mínimo, médio e máximo de ITU de 64; 72 e 76, respectivamente. Dessa forma, o período da tarde em ambas as estações do ano apresentou-se com estresse por calor de acordo com o ITU.

Verificou-se que os valores de correlação dos índices de conforto ITU e ITGU com TR (0,53219 e 0,50240) foram maiores que os obtidos para FR (0,44799 e 0,44816), respectivamente. Resultados diferentes foram obtidos por Azevedo et al. (2005) que obtiveram maior correlação positiva da FR com os índices de conforto térmico

A TR mostrou-se mais correlacionada com ITU ( $r = 0.53219$ ) e com a temperatura do ar ( $r = 0.52366$ ), confirmando a importância da  $T_a$  sobre a termorregulação dos animais. Pocay et al. (2001) também verificaram correlação positiva de maior magnitude entre a TR com ITU e temperatura do ar.

Observou-se correlação positiva de positiva ( $P < 0,01$ ) de maior magnitude da frequência respiratória com a  $T_a$  ( $r = 0,46981$ ) e ITGU ( $r = 0,44816$ ), indicando ser este um mecanismo muito importante para a termólise dos animais.

Os efeitos do ITU sobre a TR através da análise de regressão simples mostrou que o modelo quadrático ( $P < 0,01$ ) ( $TR = 41,44624 - 0,13570 * ITU + 0,00137 * ITU^2$  e  $R^2 = 0,2869$ ) foi o que melhor explicou as variações de TR em função do ITU. A Figura 7 apresenta a regressão obtida para as vacas Holandesas.

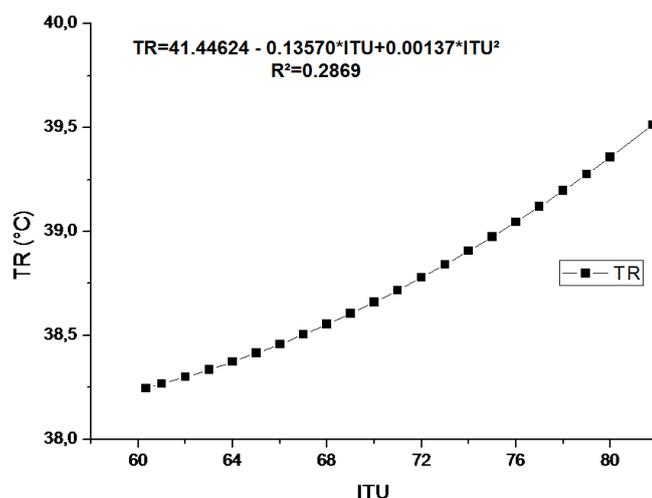


Figura 7. Temperatura retal (TR) de vacas Holandesas em função do índice de temperatura e umidade (ITU)

Observou-se que com ITU a partir de 60,3 houve um aumento na TR dos animais. Azevedo et al. (2005) verificaram hipertemia para vacas em lactação com TR à partir de 39 °C. Este valor de TR foi obtido com ITU igual a 76 indicando que a partir deste valor de ITU, os animais estavam sob estresse térmico, podendo ser considerado como crítico para vacas Holandesas. Silva et al. (2002) trabalhando com vacas Holandesas sob condições de estresse brando ITU de (78,2) encontraram valores semelhantes de TR (39,15 °C).

Johnson et al. (1962), citado por Johnson (1987) estimaram em câmara climática o ITU crítico igual a 72 para vacas holandesas em lactação, e à medida que este se elevava, sua produção de leite declinava, sendo este declínio mais acentuado nas vacas mais produtoras, acentuando-se com ITU de 76 a 78, o qual foi crítico também neste estudo.

Os valores obtidos por Johnson et al. (1962), citado por Johnson (1987) foram reavaliados por Zimbelman et al. (2009) os quais realizaram oito estudos com vacas Holandesas de alta produção (mais de 35 kg/dia) no Arizona (USA) avaliando o impacto do ITU sobre a produção de leite. Estes autores observaram que a perda média de produção de leite por dia foram de 2,2 kg por dia entre ITU de 65 e 73. O máximo valor de ITU encontrado nesta pesquisa foi de 81,8 e que correspondeu a TR de 39,5, evidenciando estresse térmico.

A temperatura retal média encontrada na presente pesquisa foi de 38,8°C, a qual foi atingida pelos animais no valor de ITU de 72. Armstrong (1994) considera ITU de 78 limite entre estresse ameno e moderado, uma vez que, a partir de 79 é considerado

moderado. Não podemos considerar como base o valor mínimo encontrado por Zimbelman et al. (2009) porque a produção leiteira das vacas que eles estudaram foi acima de 35 kg/dia, sendo muito superior a maioria das pesquisas realizadas, inclusive a nossa, na qual o produção média foi de 20,2 Kg/dia.

Para a FR em função do ITU, a análise de regressão mostrou que o modelo quadrático ( $P < 0,01$ ) foi o que melhor se ajustou, a qual é representada pela equação:  $FR = 216,91146 - 5,90831 * ITU + 0,04907 * ITU^2$  e  $R^2 = 0,2582$ . A Figura 8 apresenta o gráfico da equação de regressão.

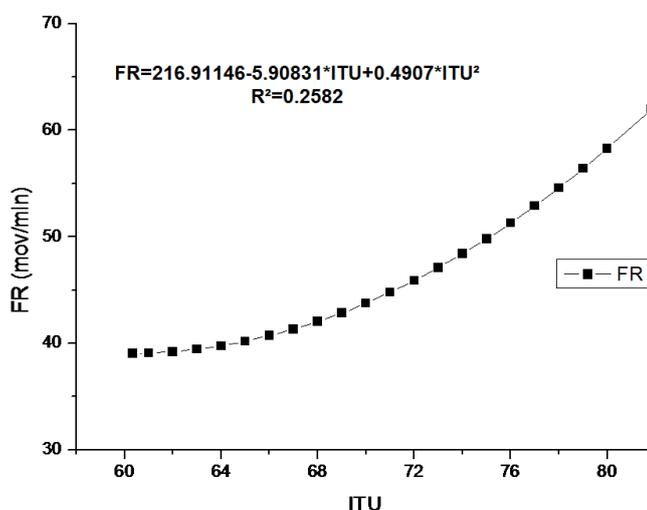


Figura 8. Frequência respiratória (FR) de vacas Holandesas em função do índice de temperatura e umidade (ITU)

Observando-se a Figura 4, nota-se que a partir de ITU mínimo encontrado de 60,3 a FR aumenta com o aumento do ITU. O menor valor de FR encontrado foi de 39 mov/min e o maior de 62 mov/min, atingida quando o ITU foi de 81,8. Esse valor de FR demonstra a boa adaptabilidade das vacas Holandesas às condições estressantes do Semiárido Pernambucano, pois não obstante o alto valor de ITU encontrado (81,8) os animais apresentaram uma baixa frequência respiratória caracterizando um estresse ausente ou mínimo. O valor médio de FR encontrado neste estudo foi de 48,8 mov/min e correspondeu a um ITU de 75 sendo esse valor considerado crítico.

Baseando-se na FR, Azevedo et al. (2005), encontraram níveis críticos de ITU igual a 79, 77, e 76 para vacas leiteiras 1/2, 3/4 e 7/8 Holandês/Zebu, sendo estes valores obtidos nas estações inverno e verão no estado de Minas Gerais. Também com base na FR, Lima

(2011) encontrou valores críticos de ITGU de 78,1 e 78,3 para vacas 5/8 e 3/4 Holandês/Gir, respectivamente. Estes valores foram encontrados na estação inverno na Zona da Mata de Pernambuco. Quando comparados aos valores encontrados em nossa pesquisa, verifica-se a boa tolerância ao calor das vacas estudadas.

Os efeitos do ITGU sobre a TR através da análise de regressão múltipla mostrou que o modelo quadrático ( $P < 0,01$ ) ( $TR = 36,67235 + 0,02048 * ITGU + 0,00009850 * ITGU^2$  e  $R^2 = 0,2530$ ) foi o que melhor explicou as variações de TR em função do ITGU. A Figura 9 apresenta a regressão obtida para as vacas Holandesas.

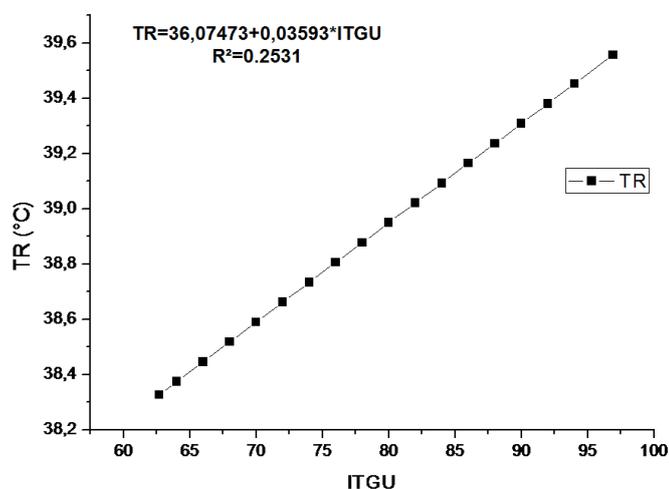


Figura 9. Temperatura retal (TR) de vacas Holandesas em função do índice de temperatura do globo e umidade (ITGU)

Observou-se que com ITGU a partir de 62,7 ocorreu aumento na TR dos animais. Azevedo et al. (2005) verificaram hipertemia para vacas em lactação com TR à partir de 39 °C. Este valor de TR foi obtido com ITGU igual a 82 indicando que a partir deste valor de ITGU, os animais estavam sob estresse por calor, podendo ser considerado como crítico para vacas Holandesas em lactação. O maior valor de ITGU encontrado foi de 94,4 correspondendo a TR de 39,6 °C. Baêta & Souza (1997), relatam que ITGU de até 74 é de conforto, de 75 a 78 os animais apresentam estresse moderado e à partir de 79 estresse severo (crítico) para bovinos leiteiros. Silva et al. (2011), avaliando o comportamento ingestivo de vacas da raça Girolando na região da Mata Seca do Pernambuco durante um ano, encontraram valor máximo de ITGU de 83, sendo este menor que o encontrado em nossa pesquisa.

Os efeitos do ITGU sobre a FR através da análise de regressão múltipla mostrou que o modelo quadrático ( $P < 0,01$ ) ( $FR = 13,73953 + 0,89776 * ITGU - 0,00129 * ITGU^2$  e  $R^2 = 0,2287$ ) foi o que melhor explicou as variações de FR em função do ITGU. A Figura 10 apresenta a regressão obtida para as vacas Holandesas.

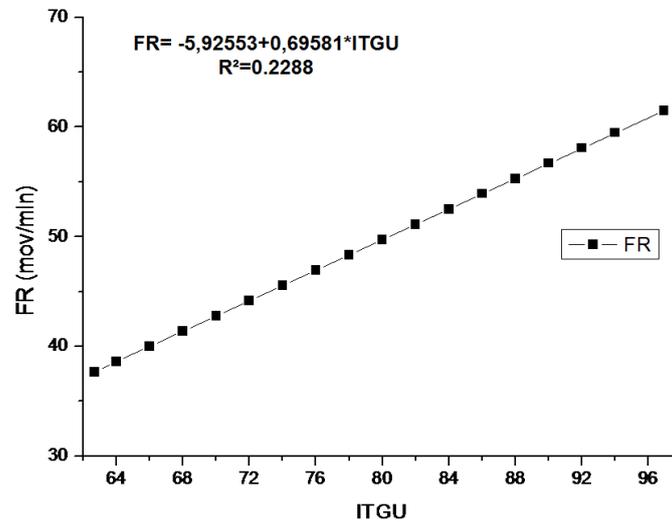


Figura 10. Frequência respiratória (FR) de vacas Holandesas em função do índice de temperatura do globo e umidade (ITGU)

Observando-se a Figura 10, nota-se que a partir do ITGU mínimo encontrado de 62,7 a FR aumenta com o aumento do ITGU. O menor valor de FR encontrado foi de 37 mov/min e o maior de 62 mov/min, atingida quando o ITGU foi de 96,9. O valor médio de FR encontrado neste estudo foi de 48,8 mov/min e correspondeu a um ITGU de 79 sendo esse valor considerado crítico. O valor crítico encontrado de acordo com a FR demonstra que as vacas estavam sob estresse brando ou moderado de acordo com a classificação de Pires e Campos (2004) que é de 45 a 65 mov/min.

## CONCLUSÕES

A temperatura retal mostrou ser melhor indicador de estresse térmico que a frequência respiratória em vacas da raça Holandesa em lactação.

Níveis críticos de ITU e ITGU com base na temperatura retal e frequência respiratória foram estimados, sendo respectivamente iguais a 76 e 75 e, 82 e 79.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AKYUZ, A.; BOYACI, S.; CAYLI, A. Determination of Critical Period for Dairy Cows Using Temperature Humidity Index. **Journal of Animal and Veterinary Advances**, v.10, p. 1824-1827, 2010.
- ARMSTRONG, D.V. Heat stress interaction with shade and cooling. **Journal of Dairy Science**, v.77, p.2044-2050, 1994.
- AZEVEDO, M. **Efeitos do verão e do inverno sobre os parâmetros fisiológicos de vacas mestiças Holandês-Zebu, em lactação, na região de Coronel Pacheco**, 2004. 85f. Tese (Doutorado) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2004.
- AZEVEDO, M.; PIRES, M.F.A.; SATURNINO, H.M. et al. 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.
- BAÊTA, F. C. & SOUZA, C. F. **Ambiência em edificações rurais - conforto animal**. Viçosa, UFV, 1997, 246p.
- BEED, D.K.; MALLONEE, P.G.; SCHNEIDER, P.L. et al. Potassium nutrition of heat-stressed lactating dairy cows. **South African Journal of Science**, v.13, p.198-200, 1983.
- BROOM, D.M., JHONSON, K.G. **Stress and animal welfare**. London: Chapman & Hall, 1993, 211p.
- BUFFINGTON, D.E., COLLAZO-AROCHO, A., CANTON, G.H., et al. Black globe-humidity index (BHGI) as confort equation for dairy cows. **Transactions of the ASAE**. v.24,p.711-14, 1981.
- CPRM – Serviço Geológico do Brasil. Projeto cadastro de fontes de abastecimento por área subterrânea. **Diagnóstico do Município de São Bento do Una, estado de Pernambuco**. Recife: CPRM/PRODEEM. 2005. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/rehi/atlas/pernambuco/relatorios/SAOBENTODOUNA/27.pdf>> Acesso em: 09/09/2010.
- ESMAY, M.L. **Principles of animal environment**. West Port, C.T. Avi Publishing, 1969. 325p.
- HAHN, G. L. Management and housing of farm animals in hot environments. In: YOURSEF, M. K. **Stress physiology in livestock**. v. 2. Ungulates. Boca Raton: CRC Press, Inc. p. 151-174, 1985.
- HANSEN, P. J.; ARECHIGA, C. F. Strategies for managing reproduction in the heat-stressed dairy cow. **Journal of Animal Science**, v. 77, p. 36-50, 1999.
- HUBER, T.J. **Alimentação de vacas de alta produção sob condições de estresse térmico**. In: Bovinocultura leiteira. Piracicaba: FEALQ, 1990. p. 33-48.
- IGONO, M. O., G. BJOTVEDT, H. T. SANFORD-CRANE. Environmental profile and critical temperature effects on milk production of Holstein cows in desert climate. **International Journal Biometeorology**. v.36, p.77-87, 1992
- JHONSON, H. **Bioclimatology and adaptation of livestock**. New York: Elsevier Science Publishers B.V., 1987. 279p.
- LIMA, I.A. **Adaptabilidade ao calor de vacas da raça Girolando, em duas estações do ano**. 2011. Tese (Doutorado). 97p. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

- MARTELLO, L.S., SAVASTANO JR., H.; SILVA, S.L. et al. Respostas fisiológicas e produtivas de vacas holandesas em lactação submetidas a diferentes ambientes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33 , p181-191, 2004.
- PIRES, M.F.A; FERREIRA, A.M; COELHO, S. G. Estresse calórico em Bovinos de Leite. **Caderno técnico de Veterinária e Zootecnia**, p. 23-37, 1999.
- PIRES, M.F.A; CAMPOS, A.T. Relação dos dados climáticos com o desempenho animal. In: RESENDE, H; Campos, A. T.; Pires, M.F. A (Orgs). Dados climáticos e sua utilização na atividade leiteira, 1 ed, Juiz de Fora: EMBRAPA Gado de Leite.2003, v.1,250p.
- PIRES, M.F.A.; CAMPOS, A.T. **Modificações ambientais para reduzir o estresse calórico em gado de leite**. EMBRAPA, Juiz de Fora, MG, 2004. p.1-6. (Comunicado técnico, 42).
- POCAY, P. L. B.; POCAY, V. G.; STARLING, R. G. et al. Respostas fisiológicas de vacas holandesas predominantemente brancas e predominantemente negras sob radiação solar direta. **Revista de Medicina Veterinária e Zootecnia**. v. 17, p. 155-161, 2001.
- SCHNEIDER, P.L.; BEED, D.K.; WILCOX, C.J. Nycterohemeral patterns of acid-base status, mineral concentration and digestive function of lactating cows in natural or chamber heat stress environments. **Journal of Animal Science**, v.31, p.112-125, 1988.
- SILVA, I.J.O.; PANDORFI, H.; ACARARO JR., E. et al. Efeitos da climatização do curral de espera na produção de leite de vacas Holandesas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, p.2036-2042, 2002.
- Silva, A.M.; Modesto, E.C.; Lira, C.C. et al. Comportamento ingestivo diurno de vacas Girolandas, sob diferentes taxas de lotação. **Archivos de Zootecnia**, v. 60, p. 859-870, 2011.
- THOM, E.C. Cooling degrees: days air-conditioning, heating, and ventilating. **Transactions of the ASAE**, v.55, p.65-72, 1958.
- ZIMBELMAN, R. B.; RHOADS, R.P.; RHOADS, M.L. et al. A Re-Evaluation of the Impact of Temperature Humidity Index (THI) and Black Globe Humidity Index (BGHI) on Milk Production in High Producing Dairy Cows. **Anais...Southwest Nutrition & Management Conference**, 2009. p. 158-169.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para que produção de leite nos trópicos vença o desafio das condições climáticas prevalentes, as quais são responsáveis pelo baixo desempenho dos animais, é necessário que se compreenda de que forma as vacas leiteiras de alta produção se comportam frente a estas condições, principalmente vacas de alta produção e que possuam alto grau de sangue europeu, pois estes animais são adaptados a condições edafoclimáticas bem diferentes às encontradas na região nordeste do Brasil.

As vacas Holandesas predominantemente negras apresentaram maior tolerância ao calor que as predominantemente brancas. A estação primavera/verão e o período da tarde, se mostraram mais estressantes que o outono/inverno e o período da manhã.

Apesar de não ter sido constatada hipertermia, os valores encontrados na estação primavera/verão estão próximos ao seu limite. Sugerem-se outras medidas adicionais de manejo ambiental além da provisão de sombra, como por exemplo aspersão.

## ANEXOS



Figura 11. Sala de ordenha.



Figura 12. Instalações

**Tabela 6.** Porcentagem de pelagem branca e negra nas vacas experimentais

VACA	PELAGEM BRANCA (%)			PELAGEM PRETA (%)		
	L D	L E	TOTAL	L D	L E	TOTAL
CISSA	10,6	11,9	11,3	87,4	86,5	87,0
ELVIRA	12,4	13,9	13,1	85,6	84,9	85,2
EMME	47,3	45,5	46,4	50,8	52,8	51,8
GRABI	17,3	12,4	14,8	81,3	85,7	83,5
INECK 1	8,2	6,9	7,5	90,2	91,6	90,9
INECK 2	14,1	16,3	15,2	84,2	81,7	83,0
JANDÁIA	18,3	17,4	17,8	80,2	81,0	80,6
JULIANA	47,0	46,6	46,8	50,6	52,0	51,3
LIA 2	21,7	24,6	23,2	76,7	73,0	74,8
MAIK	49,5	47,2	48,3	48,6	51,2	49,9
MARÍLIA	25,8	27,3	26,5	72,8	70,7	71,7
MARINA	75,0	87,1	81,1	23,0	11,4	17,2
MARIONETE	29,9	25,1	27,5	67,7	73,5	70,6
PALMEIRA	22,4	27,0	24,7	76,5	71,6	74,0
PRISCILA	23,2	22,0	22,6	75,0	76,2	75,6
TITA 1	17,4	19,1	18,2	81,3	79,2	80,3
TITA 2	78,7	74,1	76,4	19,9	24,3	22,1
VENEZA	52,5	68,6	60,5	45,7	29,7	37,7

LD: lado direito; LE: lado esquerdo.