

**CLIMATIZAÇÃO NA PRÉ-ORDENHA DE VACAS DA RAÇA GIROLANDO E  
SEUS EFEITOS NA PRODUÇÃO E QUALIDADE DO LEITE E NO  
COMPORTAMENTO ANIMAL**

**GLEDSON LUIZ PONTES DE ALMEIDA**

Engenheiro Agrícola e Ambiental

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

Co-orientador: Prof<sup>ª</sup>. Dra. **CRISTIANE GUISELINI**

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

RECIFE

Pernambuco

2009

### Ficha Catalográfica

A447c Almeida, Gledson Luiz Pontes de  
Climatização na pré-ordenha de vacas da raça girolando  
e seus efeitos na produção e qualidade do leite e no  
comportamento animal / Gledson Luiz Pontes de Almeida. –  
2010

135 f. : il.

Orientador: Héilton Pandorfi.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) –  
Universidade Federal Rural de Pernambuco. Departamento  
de Tecnologia Rural.

Inclui referências.

CDD 631.2

1. Construções rurais e ambiência
2. Bem-estar animal
3. Bovinocultura de leite
4. Conforto térmico
5. Resfriamento evaporativo
- I. Almeida, Gledson Luiz Pontes de.
- II. Título

*“O valor das coisas não está no tempo que elas duram, mas na intensidade com que acontecem. Por isso existem momentos inesquecíveis, coisas inexplicáveis e pessoas incomparáveis”*

*(Fernando Pessoa)*

*Aos meus pais, Luiz Artur e Genúria,  
exemplos de vida e luta, cujo amor e  
dedicação elevam-me a cada instante.*

*A minha esposa Mercília, pelo amor,  
cumplicidade, apoio, carinho e  
incentivo.*

*Aos meus irmãos, José Artur e Amélia,  
pelo amor, apoio e incentivo.*

*Aos meus tios, Maria Anunciada e  
Dagmar, pelo carinho, apoio e  
incentivo.*

*Aos meus avôs, Averaldo, Alzira,  
Otaciano e Maria Petronila (in  
memoriam) por serem a base dessa  
família.*

**OFEREÇO E DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

À Deus, que me iluminou e me deu forças nos momentos em que mais precisei para vencer os obstáculos surgidos durante esse percurso.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), pelo acolhimento em toda minha trajetória desde a graduação a realização do mestrado.

Ao Programa do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da UFRPE pela oportunidade de realizar este curso mestrado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos para a realização do curso de mestrado.

Ao professor Dr. Héilton Pandorfi, pela orientação atenciosa, pela amizade, confiança, incentivo e entusiasmo na execução deste trabalho, responsável pelo meu crescimento pessoal e científico.

À professora Dra. Cristiane Guiselini, pela sua amizade, co-orientação, disposição, paciência, incentivo e pelos ensinamentos, estando sempre à disposição.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, pelos ensinamentos, críticas e sugestões.

Aos colegas do curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola: Bianca, Waldirene, Leila, Tafnes, Matheus, José Roberto, Eduardo, Thiciano, Manoel Vieira e Antônio; pelo convívio, apoio, amizade sincera e pelos momentos de descontração durante a realização do curso.

Aos estagiários do curso de Engenharia Agrícola e Ambiental da UFRPE, Hugo Henrique e José Henrique, que contribuíram para execução das coletas de dados em campo.

À Fazenda Roçadinho, pela cessão dos animais e instalações utilizadas na realização deste trabalho.

Aos profissionais do laboratório do Programa de Gerenciamento de Rebanhos Leiteiros do Nordeste (PROGENE) do Departamento de Zootecnia da UFRPE, pela realização das análises do leite; Maria José, Raquel, Ronaldo e em especial ao professor Dr. Severino Benone.

Enfim, a todos que direta ou indiretamente colaboraram para a realização desse trabalho os meus sinceros agradecimentos.

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS .....	7
LISTA DE TABELAS .....	10
1 - INTRODUÇÃO .....	16
2 - REVISÃO DE LITERATURA .....	19
2.1 - O ambiente tropical e a produção de leite .....	19
2.2 - Sistemas de produção animal .....	20
2.3 – Bem-estar animal .....	20
2.4 - Conforto térmico para bovinos leiteiros.....	23
2.5 - Índices de conforto térmico.....	28
2.5.1 - Índice de temperatura e umidade .....	28
2.5.2 - Índice de temperatura de globo e umidade.....	29
2.5.3 – Entalpia.....	30
2.5.4 - Carga térmica radiante .....	31
2.6 - Controle do ambiente .....	31
2.6.1 - Climatização das instalações para bovinos de leite.....	32
2.7 - Respostas fisiológicas .....	36
2.7.1 - Temperatura retal .....	36
2.7.2 - Frequência respiratória.....	37
2.7.3 - Temperatura da superfície do pelame .....	38
2.8 - Respostas comportamentais .....	40
2.8.1 - Consumo de alimento.....	41
2.8.2 - Consumo de água .....	42
2.8.3 - Ruminação.....	43
2.8.4 - Ócio .....	44
2.9 - Produção, composição química e qualidade do leite.....	44
2.10 - Aspectos técnico-econômicos .....	46
3 - MATERIAL E MÉTODOS .....	48
3.1 – Local do experimento .....	48
3.2 - Período experimental.....	50
3.3 - Tratamentos.....	50
3.4 - Seleção dos animais .....	50
3.5 - Manejo dos animais.....	51

3.6 - Instalações .....	53
3.7 - Descrição do sistema de resfriamento adiabático evaporativo.....	56
3.8 - Levantamentos dos dados.....	58
3.8.1 - Determinação das variáveis meteorológicas .....	58
3.8.2 - Determinação dos índices de conforto .....	59
3.8.3 - Determinação das variáveis fisiológicas .....	61
3.8.4 - Variáveis comportamentais .....	62
3.8.5 - Produção e composição química do leite .....	64
3.8.6 - Análise técnico-econômica .....	64
3.9 - Delineamento experimental.....	65
4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	67
4.1 - Análise das variáveis ambientais.....	67
4.1.1 - Temperatura de bulbo seco .....	68
4.1.2 - Temperatura de globo negro .....	71
4.1.3 - Umidade relativa do ar .....	73
4.2 - Índices de conforto térmico.....	76
4.2.1 - Índice de temperatura e umidade .....	79
4.2.2 - Índice de temperatura de globo e umidade.....	82
4.2.3 - Entalpia .....	84
4.2.4 - Carga térmica radiante .....	87
4.3 - Análise dos parâmetros fisiológicos.....	89
4.3.1 - Frequência respiratória.....	91
4.3.2 - Temperatura da superfície do pelame .....	92
4.3.3 - Temperatura Retal .....	93
4.4 - Produção de leite .....	94
4.5 - Composição e contagem de células somáticas.....	97
4.6 - Análise das variáveis comportamentais .....	99
4.6.1 - Análise geral do comportamento animal.....	99
4.6.2 - Análise horária do comportamento animal .....	103
4.7 - Análise técnico econômica.....	108
5 - CONCLUSÕES.....	111
6 – REFERÊNCIAS .....	112

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Trocas térmicas entre os animais e o ambiente.....	24
Figura 2 - Localização da propriedade no município de Capoeiras, Estado de Pernambuco, Brasil.....	48
Figura 3 - Precipitações (mm) registradas durante o período experimental.....	49
Figura 4 – Detalhe do pluviômetro alternativo (UFRPE).....	49
Figura 5 – Animais selecionados para o estudo. ....	51
Figura 6 – Fornecimento de volumoso para os animais em cocho coletivo (A); área sombreada para descanso dos animais (B).....	51
Figura 7 - Esquema de localização dos setores de pós-ordenha, área de descanso e comedouro. ....	52
Figura 8 - Planta baixa do curral de espera e localização dos ventiladores e das linhas de nebulização.....	54
Figura 9 - Vista externa do curral de espera equipado com sistema de resfriamento adiabático evaporativo. ....	55
Figura 10 – Detalhe da sala de ordenha.....	55
Figura 11 – Ventilador utilizado no SRAE* (A); detalhe da linha de nebulização (B); bomba d'água utilizada no SRAE* (C).....	56
Figura 12 - Corte transversal do curral de espera e posicionamento dos ventiladores.....	57
Figura 13 - Corte longitudinal do curral de espera e posicionamento das linhas de nebulização e disposição dos sensores. ....	57
Figura 14 – Sensores no interior do curral de espera (A); detalhe do abrigo meteorológico no ambiente externo (B). ....	59
Figura 15 – Detalhe do anemômetro utilizado. ....	59
Figura 16 – Termômetro digital (A); registro de temperatura retal (B). ....	61
Figura 17 - Termômetro de infravermelho (A); registro de temperatura do pelame (B).....	62
Figura 18 – Registro das observações comportamentais dos animais.....	63
Figura 19 – Amostras de leite coletadas para análise.....	64
Figura 20 – Representação esquemática do delineamento estatístico utilizado no experimento. ....	65



Figura 21 - Médias e desvio padrão da temperatura de bulbo seco nos diferentes tratamentos e no ambiente externo no turno da manhã (A) e tarde (B)...	69
Figura 22 - Variação da temperatura de bulbo seco nos diferentes tratamentos e no abrigo meteorológico (ambiente externo) no turno da manhã (A) e da tarde (B). .....	71
Figura 23 - Médias e desvio padrão da temperatura de globo negro nos diferentes tratamentos e no ambiente externo no turno da manhã (A) e da tarde (B). .....	72
Figura 24 - Variação da temperatura de globo negro nos diferentes tratamentos e no abrigo meteorológico (ambiente externo) no turno da manhã (A) e da tarde (B). .....	73
Figura 25 - Médias e desvio padrão da umidade relativa do ar nos diferentes tratamentos e no ambiente externo no turno da manhã (A) e da tarde (B). .....	74
Figura 26 - Variação da umidade relativa do ar nos diferentes tratamentos e no abrigo meteorológico (ambiente externo) no turno da manhã (A) e da tarde (B). .....	75
Figura 27 - Médias e desvio padrão do índice de temperatura e umidade nos diferentes tratamentos e no ambiente externo nos turnos da manhã (A) e da tarde (B). .....	79
Figura 28 - Variação do índice de temperatura e umidade nos diferentes tratamentos e no abrigo meteorológico (ambiente externo) no turno da manhã (A) e tarde (B). .....	81
Figura 29 - Médias e desvio padrão do índice de temperatura de globo e umidade nos diferentes tratamentos e no ambiente externo no turno da manhã (A) e da tarde (B). .....	83
Figura 30 - Variação do índice de temperatura de globo e umidade nos diferentes tratamentos e no abrigo meteorológico (ambiente externo) nos turnos da manhã (A) e da tarde (B). .....	84
Figura 31 - Médias e desvio padrão da entalpia, nos diferentes tratamentos e no ambiente externo nos turnos da manhã (A) e tarde (B). .....	85
Figura 32 - Variação da entalpia nos diferentes tratamentos e no abrigo meteorológico (ambiente externo) no turno da manhã (A) e tarde (B). ..	86

Figura 33 - Médias e desvio padrão da carga térmica radiante, nos diferentes tratamentos e no ambiente externo, analisados no turno da manhã (A) e tarde (B). .....	87
Figura 34 - Variação da carga térmica radiante nos diferentes tratamentos e no abrigo meteorológico (ambiente externo) no turno da manhã (A) e tarde (B). .....	88
Figura 35 - Médias e desvio padrão da frequência respiratória, antes e depois da climatização, nos diferentes tratamentos, no turno da manhã (A) e da tarde (B). .....	92
Figura 36 - Médias e desvio padrão da temperatura da superfície do pelame, antes e depois da climatização, nos diferentes tratamentos analisados no turno da manhã (A) e da tarde (B). .....	93
Figura 37 - Médias e desvio padrão da temperatura retal, antes e depois da climatização, nos diferentes tratamentos analisados nos turnos da manhã (A) e da tarde (B). .....	94
Figura 38 - Médias diárias e desvio padrão da produção de leite, nos diferentes tratamentos analisados. ....	95
Figura 39 - Médias e desvio padrão da produção, nos diferentes tratamentos analisados no turno da manhã e tarde. ....	96
Figura 40 - Porcentagem das atividades comportamentais nos intervalos horários entre 7 e 13 h, e 15 e 17 h, nos diferentes tratamentos analisados. ....	104

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores médios de variáveis de vaca europeia em ambiente confortável e aquecido .....	41
Tabela 2 - Proporção dos ingredientes do concentrado fornecido às vacas em lactação durante a ordenha.....	53
Tabela 3 - Descrição do catálogo de atividades na determinação do comportamento .....	63
Tabela 4 - Valores médios e desvio padrão das variáveis ambientais registradas no interior do curral de espera no turno da manhã .....	68
Tabela 5 - Valores médios e desvio padrão das variáveis ambientais registradas no interior do curral de espera no turno da tarde .....	68
Tabela 6 - Valores médios e desvio padrão dos índices de conforto térmico registrados no interior do curral de espera no turno da manhã.....	78
Tabela 7 - Valores médios e desvio padrão dos índices de conforto térmico registrados no interior do curral de espera no turno da tarde .....	78
Tabela 8 - Valores médios e desvio padrão dos parâmetros fisiológicos avaliados nos diferentes tratamentos, no turno da manhã .....	91
Tabela 9 - Valores médios e desvio padrão dos parâmetros fisiológicos avaliados nos diferentes tratamentos, no turno da tarde .....	91
Tabela 10 - Valores médios e desvio padrão da porcentagem de gordura, lactose, proteína, sólidos totais e contagem de células somáticas referentes aos tratamentos avaliados no turno da manhã.....	98
Tabela 11 - Valores médios e desvio padrão da porcentagem de gordura, lactose, proteína, sólidos totais e contagem de células somáticas referentes aos tratamentos avaliados no turno da tarde .....	98
Tabela 12 - Frequência (Freq) e percentual (Perc) em que os animais permaneceram em cada atividade, nos tratamentos avaliados.....	99
Tabela 13 - Investimento e custos das instalações com nebulizadores e ventiladores.....	108
Tabela 14 - Custo variável.....	109
Tabela 15 - Valor monetário arrecadado durante o mês, após a utilização do sistema de resfriamento adiabático evaporativo .....	109

Tabela 16 - Tempo de retorno do investimento com a utilização do sistema de resfriamento adiabático evaporativo.....	110
--	-----

# **CLIMATIZAÇÃO NA PRÉ-ORDENHA DE VACAS DA RAÇA GIROLANDO E SEUS EFEITOS NA PRODUÇÃO E QUALIDADE DO LEITE E NO COMPORTAMENTO ANIMAL**

**Autor: GLEDSON LUIZ PONTES DE ALMEIDA**

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

**Co-orientador: Prof<sup>a</sup>. Dra. CRISTIANE GUISELINI**

## **RESUMO**

O presente trabalho foi conduzido com o objetivo de avaliar e quantificar os efeitos da climatização na pré-ordenha sobre a produção e composição do leite, comportamento animal, estado fisiológico, condicionamento térmico ambiental e relação custo/benefício do sistema de resfriamento adiabático evaporativo (SRAE). A pesquisa foi realizada em uma fazenda comercial de produção de leite tipo B, localizada no interior do Estado de Pernambuco. Foram utilizadas 16 vacas, múltiparas de composição genética 7/8 Holandês-Gir em lactação, com produção média de 18 kg de leite animal<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>, distribuídas em quatro grupos, com quatro períodos de avaliação, adotando-se o delineamento em quadrado latino (4x4) e para comparação entre as médias foi utilizado o teste de Tukey (P<0,05). O experimento foi realizado durante a estação de verão (fevereiro a março de 2009), com duração de 56 dias. Os tratamentos adotados foram os diferentes tempos de exposição dos animais ao SRAE no curral de espera, 0, 10, 20 e 30 min, para a ordenha do turno da manhã (5 às 5h30min) e da tarde (14 às 14h30min), respectivamente. A produção de leite foi registrada diariamente e a coleta das amostras para análise da composição do leite foi realizada duas vezes para cada período do estudo. A frequência respiratória (FR), temperatura retal (TR) e temperatura do pelame (TP) foram tomadas duas vezes em cada período, medidas antes e depois da climatização, em dias não consecutivos nem coincidentes com as avaliações comportamentais, observadas em todos os animais de cada tratamento, em intervalos de 10 minutos, das 7 às 13 h e das 15 às 17 h. Os dados ambientais: temperatura de bulbo seco (Tbs, °C), umidade relativa do ar (UR, %) e temperatura de globo negro (Tgn, °C) foram registrados a cada minuto, durante o tempo de exposição dos animais à

climatização no curral de espera e no ambiente externo, por meio de *datalogger* HOBO®. A velocidade do vento foi registrada, com o auxílio de um anemômetro, em todos os intervalos correspondentes aos tratamentos. Assim, foi possível determinar a eficiência térmica do sistema por meio do Índice de Temperatura e Umidade (ITU), do Índice de Globo Negro e Umidade (ITGU), da entalpia (h), e da Carga Térmica Radiante (CTR). A exposição dos animais no curral de espera ao SRAE, durante 30 min, permitiu manter as variáveis ambientais e os índices de conforto abaixo do limite crítico superior para o conforto térmico dos animais. O tratamento 30 min mostrou valores inferiores para FR, TR e TP, quando comparados aos obtidos nos animais submetidos aos tratamentos de 0, 10 e 20 min, permanecendo dentro dos limites normais para estas variáveis. Verificou-se maior frequência despendida com a ingestão de alimentos e ruminção (277 e 483 observações) no tratamento 30 min, comparativamente aos tratamentos 0 min (248 e 438 observações), 10 min (251 e 437 observações) e 20 min (274 e 476 observações), respectivamente. Este fato refletiu positivamente na produção de leite dos animais do tratamento 30 min, que apresentou um aumento de 4,35% na produção, quando comparado ao tratamento 0 min. Não se verificou efeito significativo na composição do leite, entre os tratamentos. O custo inicial do investimento para aquisição do SRAE foi de R\$ 2.147,80, o que promoveu aumento na produção de leite de 0,765 kg animal<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>, e gerou acréscimo na receita mensal de aproximadamente R\$ 1.266,84, entre os tratamentos 0 min e 30 min. de climatização, evidenciando tratar-se de investimento satisfatório e lucrativo, com tempo de retorno do capital investido de 58 dias.

**Palavras-chave:** bem-estar animal, bovinocultura de leite, conforto térmico, resfriamento evaporativo.

# **COOLING OF PRE-MILKING GIROLANDO COWS AND ITS EFFECT ON PRODUCTION AND QUALITY OF MILK AND ANIMAL BEHAVIOR**

Author: **GLEDSON LUIZ PONTES DE ALMEIDA**

Adviser: Prof. Dr. **HÉLITON PANDORFI**

Co-Adviser: Prof<sup>a</sup>. Dra. **CRISTIANE GUISELINI**

## **ABSTRACT**

This study was conducted to evaluate and quantify the effects of cooling of cows in the pre-milking stable waiting pen on milk production, milk composition, animal behavior, physiological state, thermal environmental adaptation and the cost-benefit of the Adiabatic Evaporative Cooling System (AECS). The research was conducted on a dairy farm producing type B milk located in the state of Pernambuco, Brazil. Sixteen multiparous lactating Girolando cows were used having a genetic composition of 7/8 Holstein-Zebu and an average production of 18 kg of milk per animal per day, divided into four groups with four evaluation periods. A (4x4) Latin square design was used. The Tukey test ( $P < 0.05$ ) was utilized for comparison of the means. The experiment was conducted during the summer season (February-March 2009) and lasted 56 days. The treatments consisted of different periods of exposure (0, 10, 20 and 30 min.) of the animals to the AECS in the pre-milking stable waiting pen before the morning milking sessions (5 to 5:30 a.m.) and the afternoon sessions (2:00 to 2:30 p.m.). Milk production was recorded daily and the collection of samples for analysis of its components was performed twice for each of the 4 study periods. The respiratory rate (RR), rectal temperature (RT) and temperature of the coat (TC) were taken twice during each study period, measured before and after cooling on alternating days and did not coincide with the behavioral assessment days. All animals of each treatment were observed at 10 minute intervals, from 7a.m. to 1p.m. and from 3p.m. to 5 p.m. Environmental data consisting of dry bulb temperature (DBT, °C), relative humidity (RH, %) and black globe temperature (BGT, °C) were recorded every minute during the time of exposure of animals to the cooling system in the stable waiting pen and out in the external environment using the HOBO<sup>®</sup> data logger. Wind speed was recorded using

an anemometer at all of the treatment intervals. The thermal efficiency of the system was determined by using the Temperature and Humidity Index (THI), the Wet Bulb Globe Temperature (WBGT), the Radiant Thermal Load (RTL) and enthalpy (h). Exposure of the animals in the stable waiting pen to the AECS for 30 minute periods allowed the environmental variables and the comfort indices to remain below the critical upper limit of thermal comfort for the animals. The 30 minute treatment showed lower RR, TR, and TC values when compared to animals subjected to the 0 min., 10 min. and 20 min. treatments and these values were within acceptable limits. The animals in the 30 minute cooling sessions spent more time on food intake and rumination (277 and 483 observations) compared to the 0 min. treatment (248 and 438 observations), the 10 min. treatment (251 and 437 observations) and the 20 min. treatment (274 and 476 observations) respectively. The 30 min. treatment had a 4.35% increase in milk production compared to the 0 min. treatment. There was no significant effect on milk composition among the treatments. The initial purchase cost of the AECS was R\$ 2,147.80, which yielded an increase in milk production of 0.765 kg per animal per day, and an increase in monthly revenue of approximately R\$ 1,266.84. Comparing the 0 min. and 30 min. cooling periods, the AECS showed itself to be a profitable investment, with a return on the invested capital within 58 days.

**Keywords:** animal welfare, dairy cattle, thermal comfort, evaporative cooling system.



## 1 - INTRODUÇÃO

A bovinocultura de leite é um dos segmentos mais importantes da agropecuária do país e ao longo dos últimos anos passou por grande transformação, em virtude da nova realidade econômica mundial e com a adoção de modernas tecnologias, colocando produtores especializados em patamar de destaque, ou seja, só quem produzir com maior eficiência e qualidade estará em condições de competir no mercado (PERISSINOTTO, 2007).

Na economia brasileira, o leite ocupa importante posição entre os produtos agropecuários, devido ao seu valor monetário e nutricional, de suma importância para a população humana. Apesar do significado econômico social da indústria leiteira no país, a produtividade dos rebanhos é baixa e as demandas internas de leite e derivados não são totalmente atendidas pela produção nacional (ROCHA, 2005).

O leite constitui um alimento rico, sob o ponto de vista nutricional, para o homem. É uma mistura complexa, nutritiva e estável de gordura, proteínas e outros elementos sólidos, que se encontram suspensos na água, determinando assim os parâmetros que definem a qualidade do produto (BRITO et al., 1997). A falta de informação, assistência e investimentos na produção leiteira gera baixa produtividade e afeta a qualidade do produto. Nota-se que propriedades com maior produção, frequentemente, produzem leite de melhor qualidade, quando comparadas àquelas com menor produção (TKAEZ et al., 2004).

O maior produtor de leite em 2007 foi os Estados Unidos, com 84,189 bilhões de litros, representando 15,02% do total mundial. A Índia aparece como o segundo maior produtor mundial, 7,52%, seguindo-se a China, com 5,86%, Rússia, com 5,7%, Alemanha, com 4,98%, e o Brasil, que aparece como sexto maior produtor mundial, com produção de 25,327 bilhões de litros, representando 4,52% do total mundial. Com essa produção o Brasil se destaca como sendo o maior produtor dentre os países da América do Sul, com participação de aproximadamente 47,8%. A Argentina aparece em segundo lugar, com 19,8%, seguindo-se a Colômbia, com 12,8%, Equador, com 2,6%, Chile, com 2,45% e os demais países que compõem a América do Sul, com uma participação de 14,55% do total produzido (ZOCCAL, 2009).

De acordo com dados do IBGE (2007), o estado brasileiro que apresenta a maior produção de leite de vaca é Minas Gerais, com 7,094 bilhões de litros. O Paraná, com 2,704 bilhões de litros, aparece como segundo maior produtor, seguindo-se o Rio

Grande do Sul, com 2,635 bilhões de litros, Goiás, com 2,614 bilhões, São Paulo, com 1,744 bilhão, Santa Catarina, com 1,710 bilhão, Bahia, com 906 milhões, Pará, com 691 milhões, Rondônia, com 637 milhões, e Pernambuco, que aparece como o décimo maior produtor do Brasil, com 630 milhões de litros.

Por sua vez, Pernambuco ocupa o lugar de segundo maior produtor da Região Nordeste, com 19,7% do leite produzido, ficando atrás do Estado da Bahia, com 28,3%. No Agreste de Pernambuco, região intermediária entre a Zona da Mata e o Sertão, a pecuária leiteira é uma importante atividade do ponto de vista econômico e social, estando presente na maioria das propriedades rurais, empregando mão-de-obra e constituindo importante fonte de renda e estabilidade social para a população rural. Dados revelam que a produção de leite dessa região representa 76% (478,8 milhões de litros) da produção leiteira do Estado (IBGE, 2007).

O fator climático influencia a produtividade de vacas leiteiras. No Brasil, a produtividade é afetada pelas dificuldades de adaptação das vacas de raças leiteiras europeias ao seu clima. Neste contexto, o uso de tecnologias como os sistemas de climatização constitui uma alternativa para minimizar os efeitos das condições desfavoráveis do ambiente para o animal.

Além da temperatura do ar, a radiação solar direta e a umidade relativa do ar exercem influência sobre a produção. A combinação de altas temperaturas com elevada umidade do ar pode deprimir o desempenho de vacas leiteiras (NÄÄS, 1998). Para equilibrar sua temperatura interna quando submetido a condição desfavorável de conforto, um dos mecanismos que o animal utiliza é a diminuição do consumo alimentar, com consequente alteração na produção de leite, devido às suas necessidades nutricionais não serem atendidas. Segundo o NRC (2001), a ingestão de matéria seca é de fundamental importância em nutrição, porque estabelece o total de nutrientes disponíveis para a saúde e a produção animal.

Na atualidade, observa-se nítida tendência na criação de rebanhos constituídos por animais de maior produção, utilizando-se raças especializadas para a produção de leite, com destaque para a holandesa e seus cruzamentos com outras raças, principalmente as de origem zebuína, como o Gir leiteiro e o Guzerá, que têm se destacado como uma das principais raças que contribuem para a formação do rebanho leiteiro nacional.

Em meio às instalações para vacas em lactação, o curral de espera anexo à sala de ordenha é, na maioria das fazendas, a área mais estressante para estes animais. Segundo

Armstrong (1994), quando uma vaca é confinada na sala de espera durante 15 a 60 minutos, duas ou três vezes por dia, o estresse pode ocorrer, mesmo a uma temperatura ambiente moderada. Portanto, torna-se fundamental que os sistemas de criação adotem manejo que priorizem o conforto e o bem-estar dos animais.

Face a esta realidade, torna-se necessária adoção de práticas que amenizem as condições adversas do clima, que garantam maiores níveis de produção, com menores perdas e, conseqüentemente, menores transtornos econômicos. Portanto, instalações como curral de espera, áreas de descanso e de alimentação merecem um planejamento minucioso, em busca de economia de custos e de conforto animal.

Dessa forma, objetivou-se, com esta pesquisa, avaliar e quantificar os efeitos da climatização na pré-ordenha sobre a produção de leite, comportamento, estado fisiológico e condicionamento térmico ambiental em um sistema de produção semi-intensivo de bovinos de leite.

Os objetivos específicos foram:

- analisar a relação animal-ambiente e tempo de exposição dos animais à climatização, no curral de espera;
- avaliar os efeitos do sistema de climatização sobre a produção, composição e contagem de células somáticas do leite;
- verificar o consumo de energia elétrica, custo de implantação do sistema de climatização e relação custo/benefício do seu emprego;
- avaliar as respostas comportamentais dos animais nas diversas realidades de manejo, no intervalo entre as ordenhas (pós-ordenha).

## **2 - REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 - O ambiente tropical e a produção de leite**

O Brasil possui cerca de dois terços de seu território situado na faixa tropical do planeta, onde predominam altas temperaturas do ar, em virtude da elevada radiação solar incidente. A temperatura média do ar situa-se acima dos 20 °C, sendo que a temperatura máxima se encontra acima dos 30°C em grande parte do ano, atingindo, muitas vezes, valores entre 35 °C e 38 °C (TITTO,1998).

Os animais vivem em equilíbrio dinâmico com o ambiente e a ele reagem de forma individual. Sua produção está condicionada às influências dos agentes estressores, os quais não se mantêm constantes ao longo do tempo. A vulnerabilidade dos animais às condições meteorológicas, uma vez deslocados para um ambiente diferente do original ou frente a mudanças dentro do mesmo ambiente, faz com que recorram a mecanismos de adaptação fisiológica, a fim de manter a homeostase (BACCARI JUNIOR, 2001).

Condições de calor excessivo promovem redução no consumo alimentar, na produção de leite e no desempenho reprodutivo dos animais em escala sazonal, causando prejuízos para os produtores e indústrias do setor leiteiro de vários países (AVENDANO et al., 2006).

De acordo com Hanh (1993), o estresse caracteriza a soma dos mecanismos de defesa do organismo em resposta a um estímulo provocado por um agente estressor, externo ou interno, para manter o equilíbrio fisiológico. O ambiente é composto de variáveis ambientais que interagem e incluem todas as combinações nas quais o organismo vive. O estresse climático é decorrente da temperatura do ar, umidade relativa, radiação solar, vento, temperatura corporal, intensidade e duração do agente estressor podendo resultar em decréscimo na produção de leite e em distúrbios reprodutivos.

A resposta dos animais a um evento estressante compreende três componentes principais: o reconhecimento da ameaça à homeostase ou ao bem-estar, a resposta e as consequências do estresse. Pesquisas anteriores revelam que a genética, idade, sexo ou condições fisiológicas modela a natureza da resposta biológica de um animal a um estressor (MOBERG, 1987).

As respostas fisiológicas incluem a vasodilatação periférica e aumentos na taxa de

sudorese e frequência respiratória. No campo imunológico, os glicocorticóides produzem alterações no número de glóbulos brancos e inibem a resposta linfocitária aos desafios imunogênicos. Como reação à resposta comportamental, verifica-se que os bovinos de origem europeia, não bem adaptados geneticamente ao calor, procuram a sombra nas horas mais quentes do dia, durante o verão, tentando amenizar os efeitos do estresse térmico causado pela radiação solar direta (BACCARI JUNIOR, 2001). Também ocorre aumento no número de visitas ao bebedouro e, quando há disponibilidade de lagoas, os animais tendem a permanecer em pé na água, de modo a facilitar a perda de calor por condução (PIRES et al., 1998a).

## **2.2 - Sistemas de produção animal**

Com o crescimento da população mundial, a partir do início do século XX, o consumo de proteína animal aumentou consideravelmente. A partir da década de 60, as antigas criações extensivas e de fundo de quintal intensificaram-se, alojando um maior número de animais em espaços mais reduzidos. Isto tornou possível um grande aumento na produção de alimentos de origem animal para o consumo humano (SILVA et al., 2003).

Determinar qual melhor sistema a ser utilizado não é tarefa fácil, já que envolve vários fatores. Porém, deve-se avaliar as respostas do animal a esses ambientes de criação, considerando-se não somente os dados de produtividade, mas também vários outros aspectos que envolvem a produção. No entanto, as condições da criação intensiva exigiram a adaptação fisiológica e comportamental dos animais, que devem ser estudadas para avaliar os sistemas de manejo (PERISSINOTTO, 2003).

## **2.3 – Bem-estar animal**

A conceituação de bem-estar envolve as questões físicas e reativas, sendo que a maioria das preocupações estão centradas em como o animal reage quando exposto a determinadas práticas de confinamento ou manejo (NÄÄS, 2003).

Crissiuma e Almeida (2006), em breve revisão sobre o conceito de bem-estar, concluíram que se deve refinar as formas de medir o grau de bem-estar dos animais, para que estas avaliações possam ser utilizadas no sentido de aprimorar as relações entre

seres humanos e animais e que o debate e a divulgação de tema são fundamentais para o desenvolvimento da pesquisa científica dentro dos parâmetros da bioética.

A avaliação do bem-estar animal, na exploração agropecuária, envolve aspectos ligados às instalações, ao manejo e ao ambiente (PERISSINOTTO, 2007).

Juntamente com as questões ambientais e a segurança alimentar, o bem-estar animal vem sendo considerado entre os três maiores desafios da agropecuária mundial (HOLANDA, 2006). O confinamento foi o caminho utilizado para reduzir trabalho, perda energética dos animais, ganhar espaço e controle ambiental. Agravam-se, então, os problemas de comportamento e bem-estar animal. Um animal que não esteja em condição de bem-estar não irá desenvolver seu potencial produtivo em sua magnitude, mesmo que condições sanitárias e nutricionais estejam aparentemente satisfeitas. Em condições de limitação de espaço, alta densidade animal, presença de microorganismos, condições de temperatura e luminosidade inadequadas, ruídos, dentre outros, o animal ficará impossibilitado de desenvolver seu sistema natural de comportamento (MACHADO, 1998).

Para uma abordagem mais detalhada, é preciso definir o bem-estar animal, termo que tem sido objeto de diferentes definições por diversos autores. De acordo com Hurnik (1992), o bem-estar animal é o estado de harmonia entre o animal e seu ambiente, caracterizado por condições físicas e fisiológicas ótimas e alta qualidade de vida do animal.

De acordo com Broom (1991), o bem-estar se refere ao estado de um indivíduo em relação ao seu ambiente. Se o organismo falha ou tem dificuldade de se adaptar ao ambiente, isso é uma indicação de bem-estar incipiente.

O bem-estar animal, portanto, pode ser considerado como uma demanda para que um sistema seja defensável eticamente e aceitável socialmente. Segundo Warriss (2000), as pessoas desejam obter alimentos de origem animal com “qualidade ética”, isto é, alimentos oriundos de animais que foram mantidos, em todo o ciclo de produção em sistemas que promovam o seu bem-estar, e que sejam sustentáveis e ambientalmente corretos.

Segundo Fraser (1999), a maioria das tentativas dos cientistas de conceituar o bem-estar animal resume-se em três questões principais:

- a) os animais devem se sentir bem, não serem submetidos ao medo, à dor ou a estados desagradáveis de forma intensa ou prolongada;

- b) os animais devem funcionar bem, no sentido de saúde, crescimento e funcionamento comportamental e fisiológico normal;
- c) os animais devem levar vida natural, o que possibilita seu desenvolvimento e o uso de suas adaptações naturais.

Uma definição de bem-estar bastante utilizada atualmente foi estabelecida pela FAWC (Farm Animal Welfare Council, apud CHEVILLON, 2000), na Inglaterra, mediante o reconhecimento das cinco liberdades inerentes aos animais:

1. a liberdade fisiológica (ausência de fome e de sede);
2. a liberdade ambiental (edificações adaptadas);
3. a liberdade sanitária (ausência de doenças e de fraturas);
4. a liberdade comportamental (possibilidade de exprimir comportamentos normais);
5. a liberdade psicológica (ausência de medo e de ansiedade).

De acordo com Xin e Shao (2005), quantificar o estado de conforto ou desconforto ao qual um animal está submetido não é suficiente para se avaliar as reais necessidades dos animais. Assim, outros fatores necessitam ser considerados, tais como ventilação (natural ou forçada), radiação solar, tipos de piso e suas condições, estado nutricional e de saúde do animal, dentre outros fatores que auxiliam na caracterização do bem-estar dos animais.

Existem diversas abordagens para avaliar o bem-estar animal. Algumas enfatizam os atributos físicos (crescimento e saúde), mentais (prazer ou sofrimento) e a naturalidade, que reflete a proximidade ou a distância do ambiente natural (APPLEY; WEARY, 2000), mas todos os critérios estão baseados em demonstrar alguma evidência de mudança (BARNETT; HEMSWORTH, 1990).

Na prática da etologia, o bem-estar é avaliado por meio de indicadores fisiológicos e comportamentais. As medidas fisiológicas associadas ao estresse têm sido usadas com base na premissa de que, se o estresse aumenta, o bem-estar diminui. Já os indicadores comportamentais são baseados especialmente na ocorrência de comportamentos anormais e daqueles que se afastam do comportamento no ambiente natural (PERISSINOTTO, 2003).

Segundo Fraser et al. (1975), um animal está em estado de estresse se forem necessários ajustes anormais ou extremos em sua fisiologia ou comportamento para adaptar-se a aspectos adversos do seu ambiente e manejo. Essa adaptação envolve uma série de respostas neuroendócrinas, fisiológicas e comportamentais que funcionam para

tentar manter a homeostase, o equilíbrio de suas funções e a integração desses três sistemas (BARNETT; HEMSWORTH, 1990; VON BORELL, 1995).

#### **2.4 - Conforto térmico para bovinos leiteiros**

Nos trópicos, o maior problema para a criação de bovinos, especialmente os de produção de leite, está na eliminação do calor corporal para o ambiente. Entretanto, este fator não está relacionado somente às altas temperaturas, mas à associação destas com a elevada umidade relativa e baixa movimentação do ar. As condições climáticas nessas regiões constituem os maiores desafios para os produtores, por alterarem os três processos vitais dos animais: a manutenção, a reprodução e a produção de leite (TINÔCO, 2004).

Segundo Arcaro (2005), pode-se considerar que os mecanismos básicos de trocas térmicas entre o animal e o ambiente atuam por meios não evaporativos (condução, convecção, radiação) e evaporativos (respiração e transpiração), conforme ilustra a figura 1. Os bovinos são animais homeotérmicos, isto é, capazes de manter a temperatura corporal independentemente das variações da temperatura ambiente. Os animais mantêm a homeotermia indiretamente, pelos processos de transferência de calor por radiação, convecção, condução e evaporação que ocorrem na superfície do animal (AZEVEDO et al., 2005). Os bovinos, dependendo da raça, nível de produção, estágio fisiológico e estado nutricional mantêm o conforto térmico em uma determinada faixa de temperatura ambiente, isto é, não sofrem estresse por frio ou calor; esta faixa é denominada zona termoneutra (ARCARO, 2005). Nesta faixa, o sistema termorregulador não é acionado, seja para fazer termólise ou termogênese; assim, o gasto de energia para manutenção é mínimo, resultando em máxima eficiência produtiva (BACCARI JÚNIOR, 1998).



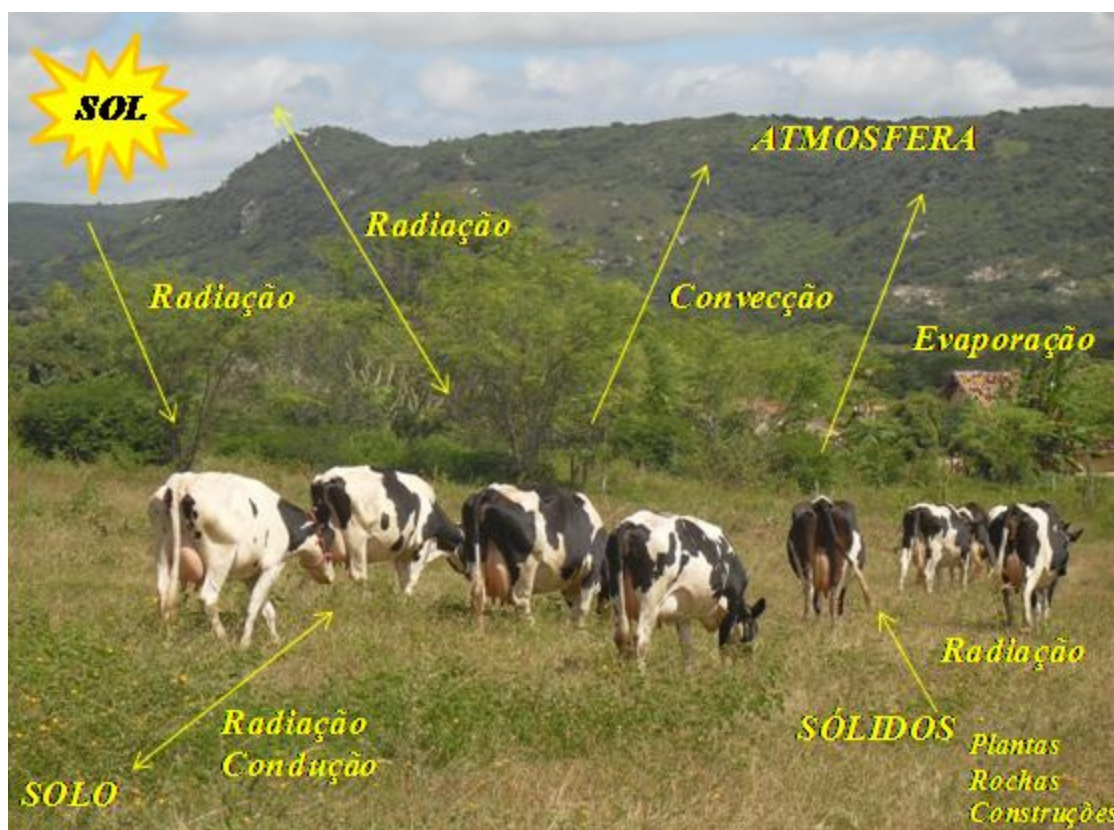


Figura 1 - Trocas térmicas entre os animais e o ambiente.

Quando a temperatura ambiente está dentro da zona de termoneutralidade, quase todo o calor corporal dissipado ocorre na forma de calor sensível (radiação, convecção ou condução). Esse tipo de liberação de calor altera a temperatura ambiente. À medida que a temperatura ambiente aumenta além do limite superior da zona de conforto, gradualmente aumenta a importância da dissipação de calor por evaporação (TINÔCO, 2004).

Os meios não- evaporativos incluem condução, convecção e radiação. Esses meios requerem um diferencial de temperatura entre o animal e o ambiente, o que nem sempre acontece em condições de clima quente. A perda de calor por condução se efetua por contato e passa sempre do corpo mais quente para o mais frio. Assim, quando a temperatura da pele (TP) (ou da superfície do corpo) é mais elevada que a do ambiente, o organismo cederá calor às moléculas do ar.

No processo de convecção o ar entra em contato com a pele e se aquece, tornando-se menos denso, deslocando-se em direção ascendente, dando lugar a outras moléculas de ar, ainda frias, que entram em contato com a superfície do corpo, onde serão aquecidas, dando continuidade ao processo de troca térmica. Se a temperatura do

ar for mais elevada do que a da superfície do corpo, este ganhará calor, invertendo-se o mecanismo.

A perda de calor por radiação consiste na emissão de ondas eletromagnéticas (radiação infravermelha, calorífica) do corpo do animal a outros objetos (paredes etc.) ou vice-versa, sendo sempre do corpo com temperatura maior para o de temperatura menor, sem aquecer o ar por onde passa e, portanto, não dependendo da movimentação do ar do local (BACCARI JÚNIOR, 2001). Segundo Morgan (1990), a radiação solar representa 75% da carga térmica transferida para o interior de um galpão. A cobertura é o sistema construtivo através do qual ocorre a principal entrada dessa carga térmica, daí o interesse em se estudar a interferência de materiais de cobertura, orientação da construção, projeção do telhado (beiral), insolação e vegetação circundante.

A quarta via de perda de calor compreende os meios evaporativos. Este tipo de perda é importante em temperaturas superiores a 29 °C. A partir de valores acima dessa temperatura, 85% da perda de calor ocorre por meio evaporativo (transpiração e respiração). A perda de calor por esses meios é praticamente independente da temperatura do ar, no entanto, depende da umidade externa. Se a umidade relativa do ar for alta, há necessidade de movimentá-lo, por meio de ventilação forçada (MACHADO, 1998).

A temperatura ótima para a produção de leite depende da espécie, raça e grau de tolerância ao calor e ao frio. De modo geral, a zona de termoneutralidade (ZTN) de vacas Holandesas em lactação, em termos de temperatura do ar, varia de 4°C a 26 °C (HUBER, 1990). A temperatura crítica superior para vacas em lactação Pardas Suíças e Jersey pode chegar a 27 e 29 °C, respectivamente (BACCARI JÚNIOR, 1998).

Já para a vaca Zebu, a temperatura crítica superior varia entre 30 e 35 °C (BIANCA, 1995). Dessa forma, pode-se concluir que, em um país de clima tropical/subtropical como o Brasil, as vacas leiteiras, principalmente de raça Holandesa, na maior parte do ano estão submetidas a temperaturas maiores do que a de conforto térmico (PERISSINOTTO, 2003).

Animais zebuínos (*Bos indicus*) têm maior tolerância ao estresse calórico que a maioria das raças taurinas (*Bos taurus*), devido às adaptações sofridas ao longo do tempo e pela seleção de genes para termotolerância (HANSEN, 2004).

Vacas em lactação na Califórnia, no verão de 1977, experimentaram estresse térmico severo por um período de quase uma semana. Durante esse tempo, a temperatura máxima diária variou de 31 a 35,5 °C, e mínima 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., 1981).

Quando a temperatura ambiente for maior que 29 °C e umidade relativa correspondente a 40%, a produção das vacas da raça Holandesa, Jersey e Pardo Suíça equivale a 97, 83 e 98% da produção de leite normal e, quando a umidade relativa é igual a 90%, a produção de leite foi 69, 75 e 83% da produção normal (WEST, 2003).

Os animais têm sido submetidos aos mais variados tipos de clima, cultura e práticas de manejo. Segundo Perissinotto et al. (2007), o ambiente físico exerce forte influência sobre o desempenho animal, uma vez que abrange elementos meteorológicos que afetam os mecanismos de transferência de calor e, assim, a regulação do balanço térmico entre o animal e o ambiente, em que a homeotermia é mantida indiretamente pelos processos de transferência de calor que ocorrem na superfície do animal (AZEVEDO et al., 2005).

Na zona de termoneutralidade, o sistema termorregulador não é acionado, seja para fazer termólise ou termogênese. Assim, o gasto de energia para manutenção é mínimo, resultando em máxima eficiência produtiva. Os limites da zona de termoneutralidade são a temperatura crítica inferior (TCI) e a temperatura crítica superior (TCS). Abaixo da TCI, a vaca entra em estresse pelo frio, e acima da TCS, em estresse pelo calor (BACCARI JÚNIOR, 1998).

Embora se saiba que a genética das vacas produtoras de leite tem origem em países de clima temperado, há uma eminente adaptação desses animais às situações de climas quentes. Entretanto, existe grande variação, na literatura, sobre as temperaturas crítica superior e inferior. Os valores mais altos de temperatura crítica superior indicam maior tolerância ao calor. Uma vaca mantida com alto nível de produção será mais sensível ao calor que uma vaca de baixa produção. Tal fato se deve à maior taxa metabólica da primeira (BACCARI JÚNIOR, 2001).

Fuquay (1997) considerou, para o gado europeu, valor de temperatura crítica superior entre 25 e 27 °C. De acordo com Nääs (1989), em função da umidade relativa do ar e da radiação solar local, a faixa de termoneutralidade poderia ser restringida entre 7 e 21 °C. Huber (1990) considerou como adequadas para o conforto térmico de vacas em lactação a temperatura do ar entre 4 e 26 °C. Para Perissinotto (2007), o limite superior da zona de termoneutralidade (ZTN), para vacas Holandesas em lactação em condição de confinamento, situa-se próximo dos 26 °C de temperatura de bulbo seco.

Ainda segundo o autor, uma temperatura menor ou igual a 26 °C, o animal encontra-se em conforto térmico, independentemente da umidade relativa do ar.

Essa diferença entre a zona de termoneutralidade apresentada por inúmeros pesquisadores deve-se à capacidade de adaptação dos animais a situações climáticas específicas (NÄÄS; RODRIGUES, 1999); a condições fisiológicas, reprodutivas e nutricionais dos animais (TITTO, 1998), além da produtividade. Entretanto, todos concordam que existe uma faixa ideal de conforto térmico e que, acima ou abaixo desse intervalo, as vacas da raça holandesa passariam à condição de tolerância ao calor e ao frio, ocorrendo uma demanda fisiológica no sentido do organismo ter uma sobrecarga de trabalho com o intuito de manter a temperatura corpórea estável; um pouco mais além, limitado pelo limite de tolerância ao frio e pelo limite de tolerância ao calor, o animal entra numa zona de estresse, e quando mantidas as condições de temperatura por um período mais prolongado, o animal corre risco de morte.

Acima da temperatura crítica superior, o aumento da temperatura corporal influencia negativamente o desempenho, reduzindo a produção e alterando a composição do leite (ROENFELDT, 1998).

Com referência aos valores de TCS, verifica-se que o Brasil apresenta, frequentemente, temperaturas superiores a esse limite, por várias horas do dia e em grande parte do ano, submetendo, então, as vacas leiteiras ao estresse térmico (MATARAZZO, 2004).

O ambiente térmico representa, portanto, um fator de restrição para a eficiência máxima de produção, principalmente nos sistemas intensivos, considerando-se que a maior influência do estresse pelo calor sobre a produção de leite é exercida pela diminuição no consumo de alimentos (matéria seca), com conseqüente redução na ingestão de energia metabolizável. Essas alterações são realizadas pelo animal com o objetivo de reduzir a produção ou promover a perda de calor e manter a homeostase (HUBER, 1990). Porém, a diminuição na produção de leite, como resposta ao estresse térmico, não leva à perda total da produção, mas, uma vez cessada a condição de estresse, a quantidade de leite volta a aumentar, porém o faz lentamente e sem retornar ao nível anterior ao estresse (PERISSINOTTO, 2003).

Aguiar et al. (1996) verificaram que o estresse brando pelo calor deprimiu a produção de leite de vacas Holandesas (com produção diária média de 17 kg) entre 3,6 a 4,5% nas fases termoneutras subsequentes ao estresse; após alguns dias de termoneutralidade as vacas recuperam, total ou parcialmente, a produção de leite. Os

autores observaram que as vacas recuperam a produção parcial ou total, desde que tenham ficado anteriormente alguns dias em condições de termoneutralidade.

## **2.5 - Índices de conforto térmico**

Existem diversos indicativos para caracterização do conforto e do bem-estar animal. Entre eles, está a observação criteriosa das respostas fisiológicas e comportamentais dos animais ao estresse térmico. Os índices de conforto térmico, determinados por meio de dois ou mais elementos meteorológicos, servem para avaliar o ambiente e procuram caracterizar, em uma única variável, o estresse a que os animais estão submetidos (MARTELLO, 2006; PERISSINOTTO et al., 2007).

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

O índice de temperatura e umidade (ITU) foi desenvolvido por Thom (1959), como um índice de conforto para humanos, e até hoje é um dos mais utilizados em trabalhos sobre conforto térmico para gado leiteiro, embora vários autores já tenham demonstrado que este índice, por considerar apenas a temperatura e a umidade do ar, apresenta limitação em representar de forma mais ampla as condições ambientais sob as quais os animais vivem (MATARAZZO, 2004; MARTELLO, 2006; SILVA et al., 2007).

Valores de ITU iguais ou menores que 72 unidades expressam a condição de conforto térmico para o animal; entre 73 e 78, o limite crítico; entre 79 e 83, situação de perigo, e acima de 83, situação de emergência (HAHN, 1982). Porém, é preciso levar em consideração que, quanto mais especializado for o animal para produção de leite, maior será sua sensibilidade ao desconforto térmico. Uma vez que a carga térmica total resulta da produção de calor metabólico mais o calor ambiental, vacas de alta produção, que apresentam metabolismo intenso devido à ingestão de grande quantidade de alimento, têm maior dificuldade para manter a temperatura corporal em níveis normais (HEAD, 1989).

Azevedo et al. (2005), baseados na temperatura retal, estimaram limites críticos superiores de ITU iguais a 80, 77 e 75 para animais dos grupos genéticos 1/2, 3/4 e 7/8 Holandês x Zebu, respectivamente.

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

Em 1932, Vernon propôs a utilização de um globo oco, pintado de preto, no interior do qual foi colocado um termômetro para medir sua temperatura interna. De acordo com o autor, a temperatura indicada pelo globo proveria a estimativa dos efeitos combinados da energia radiante procedente do meio, em todas as direções possíveis, da temperatura do ar e da velocidade do vento, dando assim uma medida de conforto térmico proporcionado pelo ambiente nestas condições (SILVA, 2000). Vários pesquisadores na área de bioclimatologia animal têm utilizado este instrumento para estabelecer a diferença na qualidade térmica sob telhados, abrigos ou sob sombra de árvores (GUISELINI et al., 1999; MARTINS, 2001; SILVA et al., 1991).

Outros estudiosos utilizaram para determinar as condições ambientais em sistemas de criação animal (BARBOSA FILHO, 2008; DAMASCENO et al., 1999; GARRET, 1967; KAWABATA et al., 2006; PANDORFI et al., 2005; MATARAZZO, 2004; ROMAN-PONCE et al., 1977). O índice de temperatura de globo e umidade (ITGU) foi desenvolvido por Buffington et al. (1981), como um índice de conforto térmico para vacas leiteiras expostas a ambientes com radiação solar direta e indireta. Temperaturas retais e taxa respiratória de vacas leiteiras são diretamente relacionadas com o ITGU, enquanto a produção de leite e a eficiência reprodutiva estão inversamente relacionadas.

De acordo com o National Weather Service (EUA), apud (BAÊTA; SOUZA, 1997), os valores de ITGU até 74 definem condição de conforto para os bovinos, entre 75 e 78 a situação é de alerta, entre 79 a 84 caracterizam perigo e, acima deste, a situação é de emergência.

A produção de leite apresentou correlação mais alta com o ITGU do que com o ITU sob radiação solar direta. À sombra, os índices estiveram correlacionados à produção, na mesma magnitude (BACCARI JÚNIOR, 1998).

Roma Júnior et al. (2001) avaliaram o efeito do resfriamento por nebulização de alta pressão sobre o ambiente físico de *freestall* e verificaram que as temperaturas do ar e do termômetro de globo negro reduziram de 1,5 e 1,0 °C, respectivamente, com o emprego da nebulização.

O emprego do sistema de resfriamento adiabático evaporativo (SRAE) tem resultado em menores valores de ITGU. Martello (2002) apontou valores de 77, 74,7 e 77,8 unidades, respectivamente, para o tratamento sem climatização, nebulização e malha de sombreamento.

### 2.5.3 – Entalpia

O conhecimento das condições de umidade e temperatura do ar é de grande importância. Além do conforto térmico, que depende mais da quantidade de vapor presente no ar do que propriamente da temperatura, outros ramos da atividade humana, como, por exemplo, a conservação de alimentos em câmaras frigoríficas, dependem da manutenção da umidade relativa adequada no ambiente (MARTINELLI JÚNIOR, 2000).

Por definição, ar seco é a mistura dos gases que constituem o ar atmosférico com exclusão do vapor d'água, isto é, quando todo o vapor d'água e os contaminantes são removidos do ar atmosférico; a mistura ar seco e vapor d'água é denominada ar úmido ou mistura binária de ar seco e vapor d'água. A quantidade de vapor d'água presente na mistura pode variar de zero até um valor correspondente à condição de saturação. Isso corresponde à quantidade máxima de vapor d'água que o ar pode suportar em determinada condição de temperatura (MARTINELLI JÚNIOR, 2000).

Entalpia é uma variável física que indica a quantidade de energia contida em uma mistura de vapor d'água. Portanto, nos casos de mudança de umidade relativa, para uma mesma temperatura, a energia envolvida nesse processo se altera e, conseqüentemente, a troca térmica que ocorre no ambiente também sofre alteração (MARTELLO et al., 2002).

A entalpia da mistura ar seco e vapor d'água é a energia do ar úmido por unidade de massa de ar seco ( $\text{KJ kg de ar seco}^{-1}$ ), acima de uma temperatura de referência. Na prática, a temperatura de referência utilizada para o cálculo da entalpia é  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , de tal forma que o conteúdo de energia do ar seco a essa temperatura é considerado zero (MARTINELLI JÚNIOR, 2000).

Martello et al. (2004a) verificaram, às 8 horas da manhã, valores de entalpia da ordem de 66,3; 66,4 e 62,7  $\text{KJ kg}^{-1}$  de ar seco no interior de instalações para bovinos leiteiros não climatizada, instalação equipada com SRAE e instalação com tela de sombreamento, respectivamente. No horário da tarde (13 h), as médias das entalpias observadas pelos autores apresentaram valores de 74,1; 71,2 e 70,8  $\text{KJ kg}^{-1}$  de ar seco, respectivamente, para as mesmas instalações.

#### **2.5.4 - Carga térmica radiante**

A carga térmica radiante (CTR) é uma estimativa da radiação eletromagnética total recebida por um corpo provinda do espaço circundante (VILLA NOVA et al., 1975). De acordo com Bond e Kelly (1955, apud SILVA, 2000), os fatores que influenciam a CTR no interior de abrigos para bovinos são a orientação azimutal da construção, a altura do teto, a altura do animal e sua localização sob o abrigo, a existência de paredes e o material de cobertura. 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).

Ressalta-se que, em regiões de clima quente, a principal preocupação é a de proteger os animais da radiação solar direta, isto é, proporcionar-lhes a menor carga térmica radiante possível. Segundo Costa (1982), a insolação direta é a principal geradora do desconforto térmico nas edificações. Czarick (1989, apud GHELFI FILHO et al., 1992) observou que, em alguns casos, pequeno decréscimo na CTR poderia determinar substancial aumento na produção, a partir da melhora nas condições do ambiente interno das instalações.

#### **2.6 - Controle do ambiente**

O projeto das instalações para o alojamento dos animais constitui um dos problemas estratégicos ligados à produção animal. Em alguns casos, pode ser responsável pelo insucesso do sistema produtivo. É de fundamental importância conhecer a influência dos elementos meteorológicos no desempenho animal, aliada à eficiência térmica da instalação, aspectos construtivos e do manejo dos animais, no sentido de adotar medidas que contornem os efeitos provocados pelo ambiente (MARTELLO, 2004; PERISSINOTTO, 2003).

O controle eficiente do ambiente pode ser realizado utilizando sistemas naturais e artificiais. Métodos de controle naturais envolvem arborização ao redor das instalações, galpões abertos, altura adequada do pé direito, escolha adequada do local, orientação longitudinal da instalação na direção leste-oeste, cobertura reflexiva, beirais amplos e presença de lanternim. Já os mecanismos artificiais se referem, basicamente, a sistemas de resfriamento adiabático evaporativo (SRAE), ou seja, sistemas mecânicos para redução da temperatura do ambiente com a utilização de vapor d'água como elemento



de refrigeração. A água é um excelente agente resfriador, devido à sua alta capacidade calórica e ao elevado calor latente de vaporização (SILVA, 1999).

### **2.6.1 - Climatização das instalações para bovinos de leite**

O curral de espera, anexo à sala de ordenha, é na maioria das fazendas, a área mais estressante para as vacas em lactação. Quando o animal é confinado no curral de espera durante 15 a 60 minutos, duas ou três vezes por dia, o estresse pode ocorrer mesmo a uma temperatura ambiente moderada (ARMSTRONG, 1994).

As instalações têm como objetivo oferecer conforto ao animal, permitindo que ele expresse seu potencial para produção. Devem ser construídas e planejadas com a finalidade principal de reduzir a ação dos elementos meteorológicos (insolação, temperatura, ventos, chuvas e umidade relativa do ar) que podem ter efeitos indesejáveis nos animais. As variáveis ambientais são controladas com diferentes materiais de construção, dimensionamento do espaço físico disponível, densidade e sistema de ventilação e resfriamento (NÄÄS; SOUZA, 2003).

Inúmeros métodos têm sido desenvolvidos para modificar o ambiente no qual o animal vive, com a finalidade de amenizar o efeito do estresse térmico. A movimentação do ar, o umedecimento da superfície do animal, o resfriamento evaporativo do ar e o uso de sombras para reduzir o efeito da radiação solar são artifícios empregados para potencializar a dissipação de calor (WEST, 2003).

O SRAE tem se expandido rapidamente em climas quentes, devido à sua simplicidade técnica, praticidade e relação custo benefício favorável, resultando na sua aceitação por muitos produtores (LIN et al., 1998).

O resfriamento evaporativo é essencialmente um processo de saturação adiabática, em que não há perda nem ganho de calor. Nesse processo, ocorre a mudança do ponto de estado psicrométrico do ar, verificando-se elevação da umidade relativa e decréscimo na temperatura, mediante o contato do ar com uma superfície umedecida ou líquida. A pressão de vapor do ar insaturado a ser resfriado é menor que a da água de contato, fazendo com que ocorra a vaporização da água. A energia necessária para esta mudança de estado vem do calor sensível contido no ar e na água, resultando em decréscimo da temperatura de ambos e, conseqüentemente, do ambiente. Ao passar do estado líquido para o gasoso, a água retira do ambiente cerca de 580 Kcal para cada kg de água evaporada, dependendo da temperatura do ambiente (SILVA, 1998).

Os SRAE são agrupados em *misting* (nebulização a baixa e média pressão), *fogging* (nebulização a alta pressão) e *sprinkling* (aspersão). A diferença entre os sistemas *misting* e *fogging* consiste basicamente no tamanho das gotas.

O sistema de nebulização, associado ao de ventilação, através de alta pressão, produz uma névoa que se evapora com o fluxo de ar originado pelo ventilador, não molhando o piso. Este sistema é mais dispendioso inicialmente, e requer mais atenção do que o sistema ventilador-aspersor (SOUZA, 2003). O sistema *fogging* é o método mais eficiente de resfriamento do ar pelo menor tamanho das gotas, porém é mais caro do que o *misting* e requer maior manutenção.

Nos sistemas de nebulização, pequenas gotas de água são aspergidas no ar, resfriando-o, ao evaporarem. Quando o animal inala o ar resfriado, há troca de calor com o ar mais fresco e, conseqüentemente, remoção de calor do corpo. A grande vantagem do sistema de nebulização em relação à aspersão é que, quando bem ajustado, mantém o piso seco (BUCKLIN; BRAY, 1998).

Um nebulizador bem calibrado, com água limpa, é capaz de dividir uma gota d'água em aproximadamente 611 gotículas com diâmetro de 0,5 milímetros, possibilitando o aumento da área de abrangência do sistema (MARQUES, 1992). A linha de nebulização deve ser instalada separadamente da linha de ventilação, o que promove maior movimentação de ar, e a uma altura razoável (aproximadamente três metros). Maiores eficiências são encontradas em nebulização com alta pressão (*fogging*), em que o tamanho das gotículas é reduzido, aumentando a área coberta com o mesmo volume de água e também o tempo em que permanecerá flutuando antes de atingir o solo, favorecendo a evaporação. Há necessidade de dimensionamento para cada tipo de instalação, calculando-se o tamanho e o número de bicos, o número de linhas, o posicionamento das linhas e a intermitência de funcionamento do sistema, evitando o aumento excessivo da umidade relativa do ar. A instalação aleatória pode causar aumento da umidade relativa, prejudicando os animais (SILVA, 1999).

A dissipação de calor por meios evaporativos pode ser facilitada com a aplicação de água na superfície corporal do animal. A água evapora e remove o calor, favorecendo as trocas entre a pele e o ambiente. Sendo assim, quando a temperatura ambiente for superior à temperatura crítica, a adoção de um sistema de aspersão apresenta-se como uma estratégia, a fim de aumentar a quantidade de calor perdido por meio da pele (DAVIS, 2001).

A aspersão não tem por finalidade resfriar o ar, pois emprega gotas com tamanho

maior, de modo a promover o umedecimento dos pelos das vacas. O animal se resfria com a evaporação da água, através da pele e pelos, permitindo a troca de calor mais eficiente, quando comparada apenas com a sudorese. Quando associada à ventilação natural ou forçada, aumenta a eficiência do resfriamento, por acelerar o processo de evaporação (BUCKLIN; BRAY, 1998).

Segundo Arcaro Júnior et al. (2005), a eficiência de aplicação do SRAE depende da diferença entre as temperaturas de bulbo seco e úmido (depressão psicrométrica), a qual é característica para cada região. O uso do SRAE permitiu queda de 4 a 7 °C na temperatura em determinada região dos Estados Unidos, o que correspondeu a uma depressão psicrométrica, ao meio dia, de 7 a 9 °C. Acredita-se que a eficiência do sistema seja maior em climas quentes e secos, devendo ser tomados os devidos cuidados com diferentes manejos, principalmente em regiões úmidas.

Quando os animais são borrifados com gotículas de água (formando uma névoa), torna-se desejável que essa névoa permaneça no microambiente que circunda o animal, para que seja removida pelos ventiladores, resfriando o ambiente. Desta forma, a nebulização, associada à movimentação do ar proporcionada por ventiladores, acelera a evaporação (ARMSTRONG, 1994).

Frazzi et al. (1998) apontaram redução de 2 a 3 °C na temperatura interna da instalação e aumento da umidade relativa entre 10 e 15%, com o uso de sistema de nebulização de alta pressão.

Nas condições tropicais, Pinheiro et al. (2001) avaliaram os efeitos do sistema de resfriamento evaporativo por nebulização associada à ventilação, sobre a produção de leite de vacas Jersey e verificaram que as vacas mantidas no ambiente climatizado apresentaram produção média diária maior que as vacas no tratamento controle.

Poucos trabalhos descrevendo os efeitos do resfriamento evaporativo têm sido conduzidos em regiões de umidade relativa elevada. Nas condições em que a temperatura e umidade do ar forem elevadas, poderá ocorrer limitação na aplicação desse sistema, uma vez que o ar saturado irá inibir a evaporação da água pela pele e sistema respiratório, proporcionando um ambiente ainda mais estressante para o animal. Quando a umidade relativa é superior a 70%, o potencial de redução no ITU é inferior a 10% (BROUK et al., 2001).

Em períodos de temperaturas elevadas e com ocorrência de chuvas, situações características do verão nas condições tropicais, os sistemas de nebulização poderiam aumentar excessivamente a umidade relativa dentro da instalação. Essa umidade deve

ser removida por meio de trocas de ar na instalação. A ventilação destes ambientes pode promover melhorias nas condições termo-higrométricas, podendo representar um fator de conforto térmico de verão, ao incrementar as trocas de calor por convecção e evaporação (SILVA, 1999).

O efeito da aspersão em vacas Holandesas, durante o verão, no estado de Columbia (EUA), foi evidente, mesmo em verão moderado, em que o ITU foi ligeiramente superior, justamente no ponto em que a produção de leite começa a decrescer, resultando em acréscimo diário de 0,7 kg de leite por vaca (IGONO et al., 1987).

A eficiência do SRAE por aspersão ou nebulização associada à ventilação forçada na linha de alimentação foi avaliada em condições de clima tropical. Verificou-se que a nebulização proporcionou menores valores de temperatura de bulbo seco e maiores valores de umidade relativa, devido à maior quantidade de vapor d'água produzida pelo sistema (PERISSINOTTO et al., 2006).

Estudo realizado com vacas holandesas alojadas em instalação parcialmente fechada, localizada no Vale do Pó (Itália), apontam que a velocidade de ventilação de  $0,5 \text{ m s}^{-1}$  reduziu os efeitos negativos do estresse térmico. Quando a ventilação foi associada à aspersão, ocorreu diminuição na taxa respiratória, aumento de 10 a 15% na umidade relativa e redução de 2,5 a 3,0 °C na temperatura ambiente, o que permitiu concluir que a utilização de ventiladores e aspersores foi eficiente em reduzir o estresse térmico (FRAZZI et al., 1997).

Estudos conduzidos na Flórida, por Bray et al. (1994), mostraram aumento de 11,7% na produção de leite de vacas estabuladas em *freestall* climatizado com ventiladores e nebulizadores. O sistema foi montado em cima do cocho de alimentação. A ventilação foi contínua, com velocidade do ar de  $3 \text{ m s}^{-1}$ , e controlada por um termostato que a fazia parar quando a temperatura atingia 22,2 °C. Os nebulizadores se localizaram abaixo dos ventiladores, sendo dimensionados para não molhar a cama, controlados por um termostato e por um timer, que os acionavam a intervalos de 1,5 min a cada 15 min, quando a temperatura se encontrava entre 24,4°C e 25,6 °C. O consumo de água do sistema de resfriamento foi de aproximadamente  $216 \text{ L dia}^{-1}$  animal<sup>-1</sup>, proporcionando resultados satisfatórios. A escolha adequada dos bicos e do intervalo de tempo de aplicação da nebulização pode diminuir o consumo de água para  $70,7 \text{ L dia}^{-1}$  animal<sup>-1</sup>, mantendo um adequado resfriamento do ambiente para as vacas.

Armstrong e Welchert (1994) observaram aumento na produção de leite em bovinos leiteiros submetidos ao SRAE, usando nebulização associada a ventilação forçada dentro do *freestall* em clima semi árido e com umidade relativa do ar em aproximadamente 30%. A utilização de sistemas de condicionamento térmico em instalações, com a finalidade de manter o conforto térmico de vacas leiteiras, proporcionou ganhos em produção mais significativos, quando se utilizam animais mais especializados e quando o ambiente se encontrou a temperaturas mais elevadas (ARMSTRONG; WELCHERT, 1994).

## **2.7 - Respostas fisiológicas**

Com a evolução da bovinocultura, surgiu uma série de problemas metabólicos e de manejo, destacando-se, entre eles, o estresse calórico. A susceptibilidade dos bovinos ao estresse calórico aumenta à medida que o binômio umidade relativa/temperatura ambiente ultrapassa a zona de conforto térmico, o que dificulta a dissipação de calor que, por sua vez, aumenta a temperatura corporal, com efeito negativo sobre o desempenho (FERREIRA et al., 2006).

Os efeitos do ambiente térmico sobre as respostas fisiológicas de bovinos leiteiros como a frequência respiratória (FR), temperatura retal (TR) e temperatura de pelame (TP) têm sido bastante estudados, principalmente em animais em lactação, como uma forma de caracterizar situações de estresse (ZWALD, 2009).

### **2.7.1 - Temperatura retal**

A temperatura corporal resulta do equilíbrio entre o ganho e a perda de calor do corpo, isto é, a quantidade de calor produzida no organismo, ou por ele absorvida, e a quantidade liberada para o ambiente. A temperatura corporal é um evento biológico de ocorrência periódica, obedecendo a um ritmo ou ciclo circadiano, ou seja, que se repete a cada 24 h, com a máxima entre 17 h e 19 h e a mínima entre 4 h e 6 h (BACCARI JÚNIOR, 2001). A capacidade do animal de resistir às condições de estresse calórico tem sido avaliada fisiologicamente por alterações na temperatura retal e frequência respiratória.

O equilíbrio entre o ganho e a perda de calor do corpo pode ser inferido pela TR. A medida da TR é usada frequentemente como índice de adaptabilidade fisiológica aos

ambientes quentes, pois seu aumento indica que os mecanismos de liberação de calor tornaram-se insuficientes (MARTELLO et al., 2004b).

Segundo Martello et al. (2002), a temperatura retal sofre interação com a hora do dia, apresentando maior valor durante o período da tarde em relação ao da manhã, variando também com a categoria animal analisada, sendo que as novilhas apresentam, na maior parte do dia, temperatura retal maior em comparação às vacas.

Nas condições de termoneutralidade, a TR de bovinos holandeses apresentou correlação mais alta (0,96) com a hora do dia, do que com a temperatura do ar (0,71), no período das 8 às 18 horas. A partir das 15 horas, a temperatura do ar começou a cair, enquanto a TR continuou a aumentar, mostrando que, durante o dia, esta se eleva em função do metabolismo animal e não propriamente da temperatura ambiente (BACCARI JÚNIOR et al., 1979).

A TR normal da vaca leiteira, em termoneutralidade e em repouso, varia, geralmente, entre 38,0 °C e 39 °C (DU PEREZ, 2000).

### **2.7.2 - Frequência respiratória**

Na defesa contra o estresse pelo calor, os bovinos recorrem a mecanismos adaptativos fisiológicos de perda de calor corporal para tentar evitar a hipertermia. Assim, aumentam a FR, apresentando taquipneia, como complemento ao aumento da taxa de produção de suor (taxa de sudorese), constituindo ambos, importantes meios de perda de calor do corpo por evaporação (termólise evaporativa respiratória e cutânea). A taquipneia é o primeiro sinal visível como resposta ao estresse pelo calor, embora se situe em terceiro lugar na sequência dos mecanismos de adaptação fisiológica, pois a vasodilatação periférica e o aumento da sudorese ocorrem previamente (BACCARI JÚNIOR, 2001).

A perda de calor pelo trato respiratório, assim como pela pele, implica em um processo de mudança de estado físico, de líquido para vapor, o que ocorre com o ar umedecido nas vias respiratórias superiores, assim como com o suor. Tal processo se torna possível devido ao calor latente de vaporização. O gasto de energia despendido pelas vacas para eliminar calor do corpo, principalmente pelo aumento da FR e, também, pelo trabalho das glândulas sudoríparas para produzir mais suor, é um dos fatores que explicam a menor produção de leite sob estresse térmico, pois parte da

energia do organismo é desviada do processo produtivo para a manutenção do equilíbrio fisiológico (BACCARI JÚNIOR, 2001).

Segundo Hahn et al. (1997), a frequência de 60 mov min<sup>-1</sup> indica animais com ausência de estresse térmico ou que este é mínimo; mas, quando esta frequência ultrapassa 120 mov min<sup>-1</sup> reflete carga excessiva de calor e, acima de 160 mov min<sup>-1</sup>, medidas de emergência devem ser tomadas, como, por exemplo, molhar os animais.

Azevedo et al. (2005), trabalhando com vacas leiteiras de 03 grupos genéticos: 1/2, 3/4 e 7/8 Holandês-Zebu (HZ), observaram elevação da FR dos três grupos genéticos no período de verão; enquanto que a TR, no mesmo período, só se elevou nas vacas 3/4 e 7/8 HZ.

### **2.7.3 - Temperatura da superfície do pelame**

A habilidade dos bovinos em resistir aos efeitos negativos do estresse térmico depende da sua adaptação genética e fisiológica ao ambiente. Um dos principais atributos que afetam a resistência desses animais ao calor é a superfície cutânea (MAIA, 2002).

O pelame representa a fronteira entre o ambiente climático e o corpo dos animais, podendo, desta forma, influenciar o balanço térmico. O papel termorregulador do pelame pode ser dividido em dois componentes: proteção contra o excesso de absorção da radiação solar e dissipação do calor da superfície do animal (SILVA, 2000).

As diferenças verificadas na atividade metabólica dos tecidos fazem com que a temperatura não seja homogênea no corpo todo e apresente variações de acordo com a região anatômica. A superfície corporal apresenta temperatura variável e mais sujeita às influências do ambiente externo (SILVA, 2000). Segundo Martello et al. (2002), a temperatura da pele de vacas holandesas alojadas em instalações climatizadas pode variar de 31,6 °C (às 6 h) a 34,7 °C (às 13 h), sem indicar estresse térmico animal.

A pele protege o organismo do frio e do calor e sua temperatura depende, principalmente, das condições de temperatura ambiente, umidade e características fisiológicas como vascularização e evaporação do suor. Desta forma, contribui para a manutenção da temperatura corporal mediante trocas de calor com o ambiente (BACCARI JÚNIOR, 2001). 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), da ordem de

37,59 e 36,75 °C, respectivamente.

Os animais com superfície externa pigmentada e escura são mais sujeitos ao estresse pelo calor que os de coloração clara; os primeiros apresentam maior absorvidade da radiação solar, armazenando, assim, maior quantidade de energia térmica do que os animais com coloração clara. Esta última apresentaria maior refletividade, o que tem levado a maioria dos pesquisadores a aceitar a vantagem adaptativa dos pelames claros nos ambientes tropicais (SILVA et al., 2001).

Conforme descrito por Cena e Monteith (1975), o pelame branco apresenta maior penetração da radiação solar, sendo que a transmissão dessa radiação pela capa depende das propriedades estruturais e físicas do pelame (espessura da capa, comprimento, densidade, diâmetro e inclinação dos pelos). A maior transmissão é proporcionada por pelames brancos, ao passo que os negros, em geral, apresentam transmissão muito baixa ou nula.

Os efeitos do SRAE por aspersão, associados à presença de ventilação forçada e seus reflexos sobre a temperatura da pele foram avaliados por Brouk et al. (2001). Os resultados apontaram que os tratamentos associados à ventilação foram responsáveis por menores temperaturas de pele quando comparados com sistemas sem ventilação forçada. Martello (2002) obteve redução de 1,3 °C, Roma Júnior et al. (2001) de 2 °C, e Pinheiro et al. (2005) obtiveram redução de 0,95°C na temperatura da pele dos animais.

Segundo Arcaro Júnior et al. (2005), a temperatura da pele da região da cabeça, do dorso e da glândula mamária foi menor nas vacas submetidas a ventilação forçada e aspersão na sala de espera, durante 30 minutos, quando comparada à das vacas submetidas apenas a ventilação. A região da cabeça apresentou diminuição média de 4,2 °C. Na região do dorso essa diminuição foi de 2,8 °C e, na glândula mamária, de apenas 1,0 °C.

Segundo Baccari Júnior (2001), quando a temperatura da pele é mais elevada que a do ambiente, o organismo cede calor às moléculas de ar, dando início a uma troca térmica. Quando a temperatura do ambiente onde a vaca se encontra diminui, o animal dissipará mais calor, resfriando a sua temperatura corporal, o que explica a diminuição da temperatura da cabeça, dorso e glândula mamária verificada nos animais submetidos ao tratamento ventilação forçada e aspersão na sala de espera (ARCARO JÚNIOR et al., 2005).

É importante ressaltar que os efeitos evaporativos e convectivos na perda de calor não são facilmente separáveis. Assim, a velocidade do ar é um fator importante que



influencia o processo de transferência evaporativa (KADZERE et al., 2002).

## **2.8 - Respostas comportamentais**

O comportamento é a forma menos invasiva de determinar o estresse animal. A etologia demonstra que o comportamento animal segue padrões determinados pela espécie, raça, idade, estados nutricional e sanitário e pelo conforto. O animal busca situações que lhe são benéficas, escolhendo entre várias opções, a que demanda menor consumo de energia. Pouco se conhece sobre o efeito que a ausência do condicionamento ambiental no comportamento de bovinos leiteiros e de que forma a alteração do comportamento pode afetar atividades como pastejo, ruminação e, conseqüentemente, a produção de leite (MATARAZZO, 2004; PERISSINOTTO, 2003).

Conforme já mencionado, os animais se comportam segundo determinados padrões. Esses padrões são definidos como um segmento organizado de atitudes que têm uma função especial. Pode ser um ato único ou uma série de atividades que usualmente representam uma resposta do animal a algum estímulo ambiental. Uma dada alteração ambiental estimula mais que uma resposta comportamental, mas o animal aprende a usar aquela que mostra ser mais eficiente. Os animais exibem seus padrões de comportamento ciclicamente, uma vez que estes ocorrem em resposta aos desafios externos e internos, muitos dos quais seguem ciclos regulares (PIRES et al., 1998a).

O estresse calórico pode ser evidenciado pelas alterações no comportamento do animal. Em alguns casos, mudanças nos padrões do comportamento são as únicas indicações de que o estresse está presente (PIRES et al., 1998a).

Embora existam poucas referências sobre a extensão das mudanças comportamentais em condições de estresse térmico, fica claro que as alterações dos padrões usuais de ingestão de água e alimentos, postura e movimentação são importantes mecanismos adaptativos para reduzir o efeito do calor (PIRES et al., 2000).

O comportamento alimentar é afetado pelo clima e, em geral, o consumo de alimento diminui quando a temperatura ambiente ultrapassa 26 °C. Vale ressaltar que, em condições de pastejo, esse efeito é ainda mais pronunciado (BEEDE; COLLIER, 1986).

As vacas estabuladas passam em torno de cinco horas comendo, mas, caso a proporção de concentrado na dieta aumente, esse tempo pode ser reduzido. Embora o

ambiente de confinamento seja diferente do natural, o ritmo diurno do padrão alimentar é semelhante àquele do pastejo, mas o tempo total de alimentação é sensivelmente inferior (FRASER; BROOM, 1990).

### 2.8.1 - Consumo de alimento

A principal razão para o decréscimo na produção de leite em climas quentes é a redução no consumo de alimentos, como tentativa do animal de minimizar o desbalanço térmico e manter a homeotermia (YOUSEF; JOHNSON, 1985).

A ingestão de alimentos nas vacas em lactação começa a diminuir quando a temperatura ambiente está entre 25 e 26 °C, e esta queda é mais acentuada quando a temperatura é superior a 30 °C. A 40 °C, a ingestão da dieta declina em 40% (NRC, 2001). Essa resposta está ligada diretamente ao nível metabólico e à produção de calor, considerada como a grande responsável pela redução na produção de leite, como pode ser observado na tabela 1.

Tabela 1 - Valores médios de variáveis de vaca europeia em ambiente confortável e aquecido

Variável	A 18 °C	A 30 °C
Produção de calor metabólico (Kcal h <sup>-1</sup> )	841	629
Temperatura retal (°C)	38,6	39,9
Frequência respiratória (mov min <sup>-1</sup> )	32	94
Consumo de água (kg dia <sup>-1</sup> )	57,9	74,7
Taxa de sudação (g m <sup>-2</sup> h <sup>-1</sup> )	94,6	150,6
Taxa respiratória (g m <sup>-3</sup> h <sup>-1</sup> )	60,6	90,9
Consumo de concentrado (kg dia <sup>-1</sup> )	9,7	9,2 (-5,1%)
Consumo de feno (kg dia <sup>-1</sup> )	5,8	4,5 (-22,4%)
Produção de leite (kg dia <sup>-1</sup> )	18,4	15,7 (-14,6)
Massa corporal (kg)	486	482

Fonte: Adaptado de Mcdowell, apud Titto (1998).

Experimentos realizados na Embrapa Gado de Leite, com vacas Holandesas, confinadas em *freestall* mostraram que, num período de observação referente a três anos, o tempo médio despendido com alimentação foi de 5 h e 10 min no inverno, e 4 h

e 25 min no verão. Considerando o tempo total de 24 h, esses animais permaneceram 21% desse tempo alimentando-se, no inverno, e 18%, no verão (PIRES et al., 1998b).

Em um experimento conduzido por Frazzi et al. (1998), em que os animais permaneciam sob ambiente climatizado durante os meses mais quentes do ano (julho a setembro), foram verificadas diferenças no comportamento dos animais submetidos a climatização. Os animais permaneceram por longos períodos descansando nas camas do *freestall* ou nas áreas adjacentes aos cochos de alimentação, semelhante ao que ocorre quando as temperaturas são mais amenas. Sob condição de estresse, os animais tendem a permanecer no interior do *freestall* nas horas mais quentes do dia, protegidos da radiação solar direta. Os animais permaneceram por muito mais tempo em pé que deitados e reduziram suas atividades físicas (permanência de mais tempo em ócio).

### **2.8.2 - Consumo de água**

Uma das formas de defesa dos animais contra as temperaturas elevadas é a ingestão de água. O organismo dos animais é constituído em peso por, aproximadamente, 2/3 de água. Tal fato mostra a importância da água em todos os processos vitais e a necessidade de oferecê-la em quantidade suficiente e qualidade desejável, qualquer que seja o tipo de criação (MACARI, 1995).

A água, por apresentar elevado calor específico, pode absorver o calor liberado na reação de queima de carboidratos e gordura. Além disso, evapora-se rapidamente, removendo muitas unidades calóricas do organismo. A água é o nutriente necessário em maior quantidade e possui propriedades físicas que lhe permitem atuar como meio de transporte para os demais nutrientes e produtos do metabolismo, além de intensificar as reações celulares (SGUIZZARDI, 1979).

A água ingerida pelos bovinos tem a função de nutrir o tecido celular e de compensar as perdas ocorridas pelo leite, fezes, urina, saliva, evaporação (suor e respiração), atuando também na manutenção da homeotermia, regulando a temperatura do corpo e dos órgãos internos (PEREIRA, 2005).

Vacas em lactação necessitam de mais água em relação a seu peso vivo do que as outras categorias de animais, pois o leite contém 87% de água. O animal adulto apresenta de 55 a 70% deste elemento, chegando a 80-85% no animal jovem e até 90% no recém-nascido. Em geral, os animais podem perder até 100% de seu tecido adiposo

(gordura) e mais de 50% de sua proteína corporal e mesmo assim sobreviver, mas, perdendo de 10 a 12% de sua água corporal, chegam a óbito (CAMPOS, 2009).

O consumo de água pelas vacas em lactação é vital para seu desempenho, já que são necessários 4-5 litros de água para cada quilo de leite a ser produzido. Picos no consumo de água são observados nos horários após a ordenha, quando chegam a representar 40-50% do consumo total diário (PEREIRA, 2005).

O aumento na ingestão de água em condições de estresse calórico tem como objetivo repor as perdas sudativas e respiratórias, além de resfriamento corporal, por meio do contato da água, mais fria que o corpo, com as mucosas do trato digestivo (TITTO, 1998).

O consumo de água por vaca em lactação depende de vários fatores: estado fisiológico, produção de leite, peso corporal, raça, consumo de matéria seca, composição da dieta, ambiente, clima e qualidade da água. Durante os meses mais quentes, as vacas sofrem estresse pelo calor e pela elevação da umidade relativa do ar, aumentando o consumo de água, com elevação na excreção de urina e alteração na composição dos dejetos. O hábito no consumo de água segue o de consumo de alimento, sendo que o pico de consumo coincide com o pico de consumo de matéria seca, mesmo quando o alimento é oferecido várias vezes ao dia (CAMPOS, 2009).

### **2.8.3 - Ruminação**

A ruminação é a atividade que permite a regurgitação, mastigação e passagem do alimento previamente ingerido, para o interior do rúmen. O tempo total de ruminação pode variar de 4 a 9 h, dividido em períodos com duração de poucos minutos a uma hora ou mais (FRASER; BROOM, 1990).

Durante a ruminação, deitadas ou em pé, as vacas ficam quietas e relaxadas com a cabeça baixa e as pálpebras semicerradas. Geralmente, os bovinos preferem ruminar deitados, embora em condições ambientais desfavoráveis (ventos, chuvas) possam permanecer em pé ou caminhar lentamente. Quando deitados, utilizam a lateralidade esquerda como uma estratégia para otimizar o posicionamento do rúmen e obter, assim, uma ruminação mais eficiente (ALBRIGTH, 1993).

### 2.8.4 - Ócio

O período em que os animais não estão comendo, ruminando ou ingerindo água ou alimento é definido como ócio. Vacas em lactação, confinadas em *freestall*, permanecem mais tempo em ócio no período de verão (10 h e 35 min), quando comparado com o inverno (9 h e 33 min), mostrando que, no verão, os animais substituem atividades relacionadas com o comportamento alimentar (ingestão e ruminação) pelo ócio, numa provável tentativa de reduzir a produção de calor metabólico (PIRES et al., 1998b).

Os animais podem ajustar-se ao ambiente térmico por meio de modificações posturais. Nas épocas quentes, tendem a deitar-se com os membros estirados para aumentar a superfície de contato com o piso frio. Também orientam seus corpos em relação ao sol, para aumentar ou diminuir a área de exposição da superfície corporal. Assumem ainda, uma postura de relaxamento e minimizam as atividades físicas (PIRES et al., 1998b).

Dentre os padrões fixos de comportamento, o de deitar é considerado de grande importância para as vacas leiteiras. A privação do descanso pode induzir à frustração que se manifesta por comportamentos estereotipados. Outras consequências incluem lesões traumáticas e outros danos físicos, resultando em problemas sanitários e baixo desempenho produtivo. O tempo de permanência na posição deitada, em um período de 24 horas, é, geralmente, em torno de 8 a 14 horas (KROHN; MUNKSGAARD, 1993).

## 2.9 - Produção, composição química e qualidade do leite

O conhecimento da composição do leite é essencial para a determinação de sua qualidade, pois define diversas propriedades organolépticas e industriais. Os parâmetros de qualidade são cada vez mais utilizados para detecção de falhas nas práticas de manejo, servindo como referência na valorização da matéria-prima (DÜRR, 2004).

Segundo Silva et al. (2008), com base no conhecimento da composição do leite é possível avaliar a qualidade desse produto, para atender as exigências do mercado. Contudo, do ponto de vista alimentício para o homem, o leite assume papel importante na dieta, devido ao alto valor biológico de seus principais nutrientes: proteínas, lipídios, glicídios, minerais e vitaminas.

Quantificar os efeitos diretos do ambiente térmico sobre a produção de leite não é

tarefa fácil, uma vez que esta é amplamente afetada por outros fatores, como por exemplo, o manejo nutricional (FUQUAY, 1997).

A fim de facilitar as trocas de calor e manter a temperatura corporal dentro dos padrões de normalidade, a ocorrência da vasodilatação periférica e do redirecionamento do fluxo sanguíneo dos órgãos internos para os tecidos periféricos irá proporcionar menor fluxo de sangue à veia porta (fígado) e à glândula mamária; conseqüentemente, menor quantidade de nutrientes e energia estará disponível para a produção de leite (SHEARER; BEEDE, 1990).

As diferenças sazonais na produção de leite são causadas por mudanças periódicas de temperatura e umidade durante o ano, as quais têm efeito direto nesta produção, face à menor quantidade de matéria seca ingerida e o efeito indireto pela flutuação na quantidade e qualidade do alimento (BOHMANOVA et al., 2007).

A redução de ingestão de alimentos resulta em um decréscimo da produção de calor e é uma estratégia usada pelo animal para manter a sua temperatura corporal constante. De acordo com Head (1989), o estresse térmico causa decréscimo na produção e no teor de constituintes do leite, como a gordura, proteína, ácido cítrico, cálcio e potássio. Em consequência de sua ação sobre o consumo, o estresse calórico tem efeitos marcantes sobre o metabolismo da glândula mamária e a composição do leite.

Silanikove (1992) verificou menor produção de leite e gordura em condição de temperatura ambiente elevada. Tal fato foi atribuído aos efeitos negativos do estresse térmico sobre a função secretória do úbere. Rodriguez et al. (1985) verificaram que, com a elevação da temperatura de 6 para 36 °C, os teores de gordura e proteína diminuíram 0,54 e 0,44%, respectivamente, para animais mantidos em alta temperatura.

Igono et al. (1985) utilizaram aspersão de água em vacas holandesas, durante o verão, no Estado de Columbia (EUA), e encontraram acréscimos de 0,7 kg de leite quando as vacas foram comparadas com as que não dispunham de aspersão. Du Preez (2000) encontrou diminuição da gordura e proteína do leite de vacas sob condição de estresse térmico, quando comparadas com vacas submetidas a ventilação e aspersão, enquanto Arcaro Júnior et al. (2003) não constataram diferença na produção diária e nem na porcentagem de gordura, proteína, lactose e sólidos totais do leite de vacas em lactação que permaneceram por 30 min em sala de espera climatizada.

Entre os elementos que compõem os sólidos do leite, a proteína, mais especificamente a porcentagem de caseína em relação ao teor de proteína total, é o mais

importante do ponto de vista econômico, afetando o rendimento, principalmente em aplicações que visam concentrar este componente, como na fabricação de queijos. Vale ressaltar que não apenas a porcentagem de proteína é importante, mas também a qualidade do leite; em leites mastíticos, por exemplo, o teor de proteína do soro aumenta, o que diminui a estabilidade térmica do produto, causando problemas de incrustação em trocadores de calor e prejuízos financeiros no processamento de leites concentrados e de leite fluido pasteurizado e UHT (VIOTTO; CUNHA, 2006).

Para a indústria, elevada contagem de células somáticas (CCS) está associada à queda do rendimento na produção de derivados, alterações organolépticas do leite e derivados e redução de vida na prateleira (ANDRADE et al., 2007).

## **2.10 - Aspectos técnico-econômicos**

A maior restrição à produção zootécnica em países de clima quente é a genética, desenvolvida para clima temperado, associada ao alojamento e conceitos de produção adaptados a essa realidade ambiental. Daí a necessidade de instalações termicamente adaptadas ao clima tropical, com características construtivas que garantam o mínimo de conforto, permitindo ao animal abrigado expressar todo seu potencial genético (ARCARO JÚNIOR, 2000).

O investimento em climatização é uma alternativa viável e disponível para o produtor rural, sendo decisiva a orientação do capital investido, com garantia de retorno (MARTELLO, 2002). Esse investimento deverá ser capaz de estimar aspectos relacionados não somente à rentabilidade, mas também à capacidade de pagamento e tempo necessário para recuperar o capital investido (ROMANINI et al., 2002). Resultados satisfatórios e lucrativos com investimento em climatização de instalações do tipo *freestall* para bovinos de leite foram obtidos por Souza et al. (2004), com tempo de retorno do investimento de 57 dias.

Na produção de leite, o produtor é dependente dos fatores externos, principalmente no tocante ao preço do produto, pois não tem nenhuma influência sobre ele, podendo apenas atuar no custo de produção. Em se tratando de sistema de produção de leite, seu desempenho deve ser quantificado por meio do registro de índices físicos, econômicos e zootécnicos, para se determinar os custos e receitas, o que possibilita o melhor planejamento da atividade (GOMES et al., 1985).

É necessária uma análise financeira da atividade, para se observar a lucratividade, a liquidez e o retorno sobre o capital. Muitas vezes, o custo de produção pode ser baixo, mas dar pouco retorno sobre o capital investido na atividade (GITMAN, 1997; JANK, 1998; MATTOS, 1997).

Após análise da atividade que pretende iniciar e/ou continuar, o produtor pode então definir o sistema de produção que adotará, o retorno esperado, bem como sua adequação à mão-de-obra local e às condições meteorológicas e geográficas da região.



### 3 - MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 – Local do experimento

O trabalho foi realizado em uma propriedade comercial de produção de leite tipo B, Fazenda Roçadinho, no município de Capoeiras localizado na Mesorregião Agreste e na Microrregião do Vale do Ipojuca do Estado de Pernambuco. O local situa-se na latitude de 8° 36' 33" S, longitude de 36° 37' 30" W e altitude de 733 m (Figura 2).

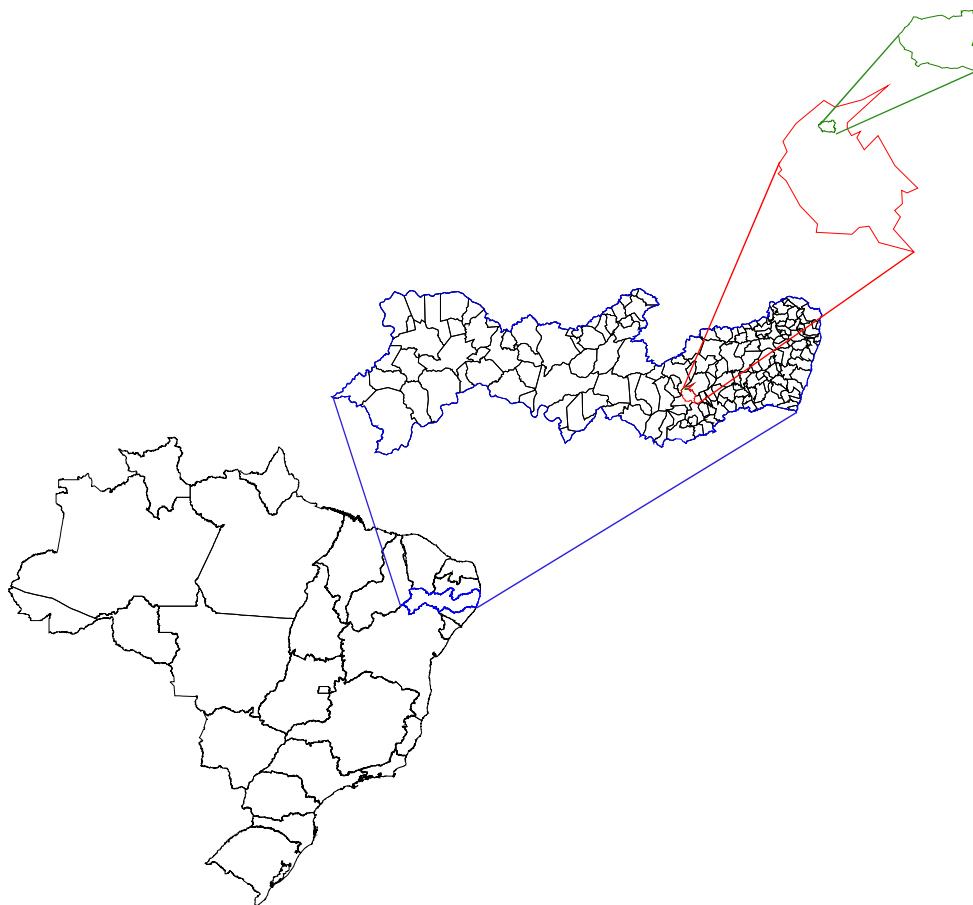


Figura 2 - Localização da propriedade no município de Capoeiras, Estado de Pernambuco, Brasil.

A precipitação pluviométrica média da região é de 588 mm por ano com temperatura média anual de 22,1 °C (BARROS, 1998). De acordo com a classificação climática de Köppen, o clima da região é caracterizado como Bsh, semi árido (VIANELLO; ALVES, 2006).

Na figura 3 são apresentados os dados pluviométricos registrados na fazenda Roçadinho, nas semanas de registro de dados do período experimental, 2 a 8 e 16 a 22 de fevereiro, e 2 a 8 e 16 a 22 de março de 2009.

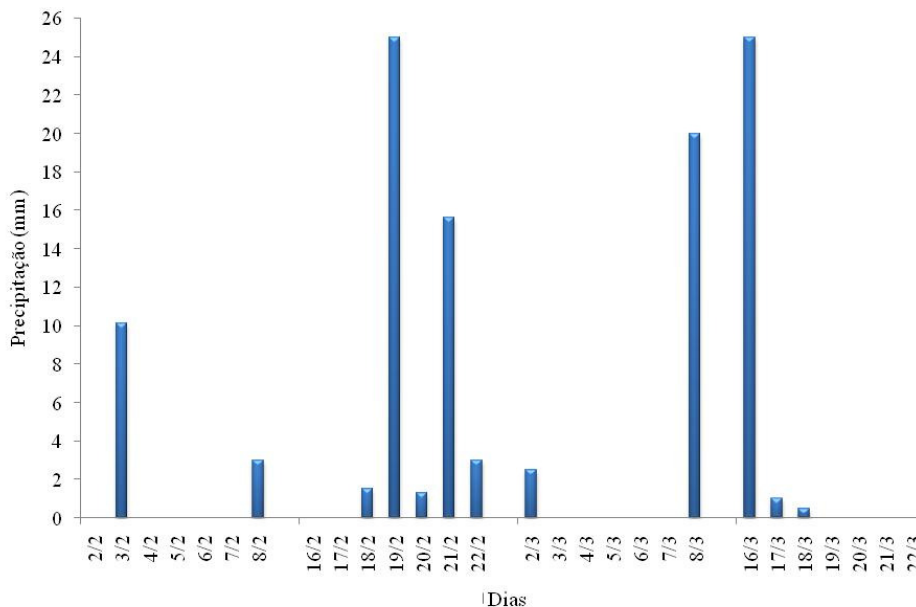


Figura 3 - Precipitações (mm) registradas durante o período experimental.

A precipitação pluviométrica foi obtida na área experimental por meio de um pluviômetro alternativo (Figura 4), desenvolvido na Universidade Federal Rural de Pernambuco à base de insumos de baixo custo para confecção e simplicidade na montagem (MELO et al., 2006).



Figura 4 – Detalhe do pluviômetro alternativo (UFRPE).

### **3.2 - Período experimental**

O experimento foi realizado durante a estação de verão (fevereiro a março de 2009), com duração de 56 dias, divididos em 4 períodos de 14 dias, utilizando-se os sete primeiros dias de cada período para adaptação dos animais aos tratamentos. Durante os 7 dias restantes foram registradas as variáveis meteorológicas em cada tratamento e, no ambiente externo, os dados fisiológicos, comportamentais e de produção.

### **3.3 - Tratamentos**

Para determinação do efeito da climatização e do tempo de espera no curral da pré-ordenha, a pesquisa foi conduzida com animais em lactação, criados com alimentação exclusivamente no cocho. Foram avaliados três tempos de climatização no curral de espera, 10, 20 e 30 minutos, nos quais os animais foram expostos ao SRAE (ventilação e nebulização) e comparados com a testemunha (sem climatização).

Os tratamentos foram:

- T0 - Testemunha (sem climatização);
- T1 - Climatização (10 min);
- T2 - Climatização (20 min);
- T3 - Climatização (30 min).

### **3.4 - Seleção dos animais**

Foram selecionadas 16 vacas girolando multíparas em lactação, com composição genética de 7/8 Holandês-Gir, peso médio de 500 kg, e produção média de leite de 17,987 kg dia<sup>-1</sup>, sendo então divididas, em 4 grupos (G1, G2, G3 e G4), com quatro animais para cada grupo, marcados com cabrestos de cores diferentes, distribuídos por ordem de parto e estágio de lactação, garantindo maior homogeneidade entre os grupos (Figura 5).



Figura 5 – Animais selecionados para o estudo.

### 3.5 - Manejo dos animais

As vacas receberam a mesma dieta alimentar em cocho coletivo (Figura 6A), de acordo com o manejo empregado na fazenda. As dietas de volumosos à base de palma forrageira e capim elefante foram fornecidas em cocho coletivo (Figura 7 - Setor 3), duas vezes ao dia, sendo a primeira dieta fornecida após a primeira ordenha, e a outra, após a segunda ordenha. Durante o intervalo das ordenhas, os animais permaneceram em área sombreada de bosque (Figura 6B), com livre acesso a água, conforme ilustra a figura 7 – Setor 2.

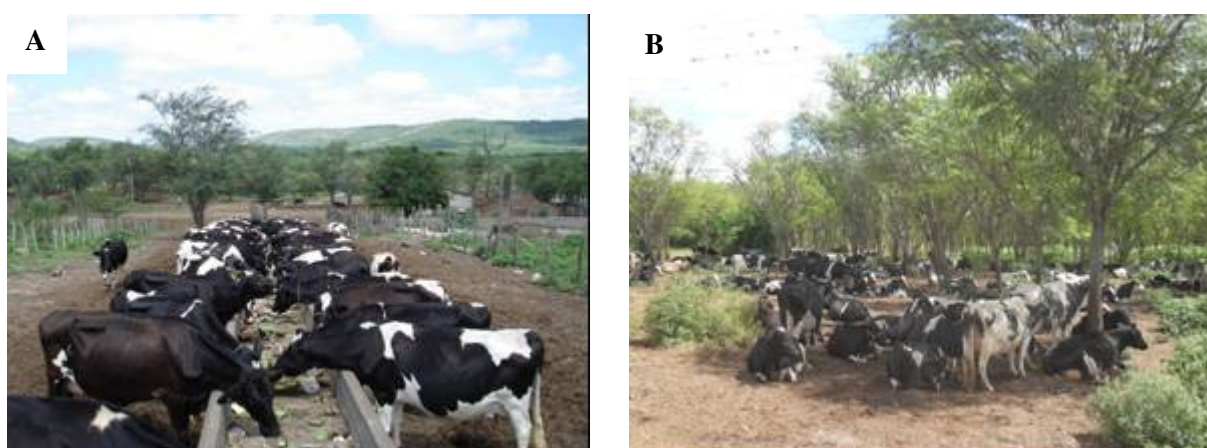


Figura 6 – Fornecimento de volumoso para os animais em cocho coletivo (A); área sombreada para descanso dos animais (B).

Após as ordenhas (manhã e tarde), os animais permaneciam em um curral de pós-ordenha (Figura 7 – Setor 1), aguardando junto, aos demais animais em lactação, até

que todos fossem ordenhados, para em seguida serem liberados para a área sombreada de bosque e, posteriormente para a área de comedouros, onde recebiam as dietas de volumosos, em cocho coletivo.

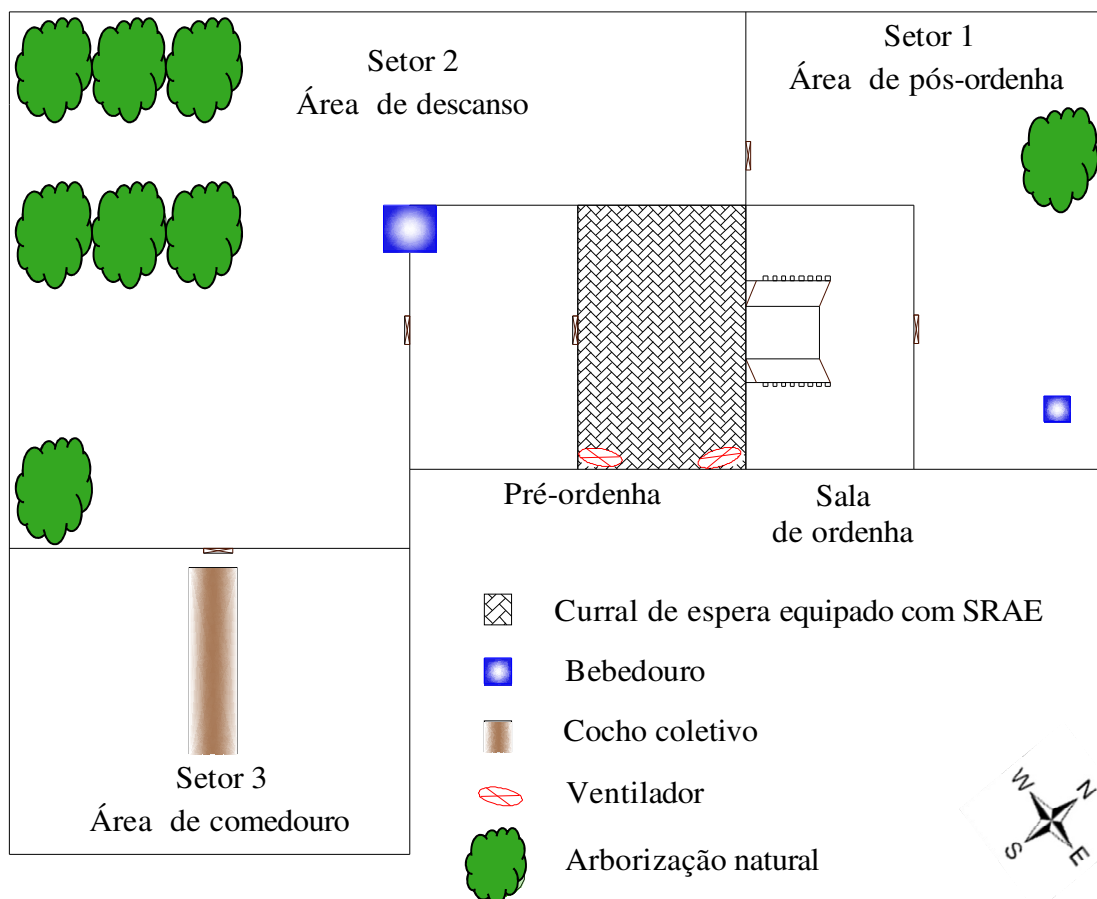


Figura 7 - Esquema de localização dos setores de pós-ordenha, área de descanso e comedouro.

O concentrado era fornecido duas vezes ao dia, em uma proporção de 1 kg de ração para cada 3 litros de leite produzido por vaca, em cochos individuais, durante as ordenhas; a ração era composta basicamente de farelo de soja, farelo de algodão, farelo de milho, farelo de trigo e minerais (Tabela 2).

Tabela 2 - Proporção dos ingredientes do concentrado fornecido às vacas em lactação durante a ordenha

Ingredientes	Percentual (%)
Farelo de soja	30,5
Farelo de algodão	30,5
Farelo de milho	20,4
Farelo de trigo	15,2
Minerais	3,4

### 3.6 - Instalações

O curral de espera foi equipado com SRAE (ventilação e nebulização). A instalação apresentava dimensões de 3,0 m de pé-direito, largura de 8,0 m e 6,0 m de comprimento (48 m<sup>2</sup>), com piso de pedra rejuntada com pasta de cimento (Figura 8). Estas dimensões estão de acordo com a Embrapa (2009), que recomenda curral de espera com área mínima de 47 m<sup>2</sup> para 20 animais adultos (2,35 m<sup>2</sup> animal<sup>-1</sup>). A cobertura do curral de espera foi feita com malha preta de sombreamento (70%), fixada em camada única sobre estrutura de madeira, sem fechamento lateral (Figura 9).

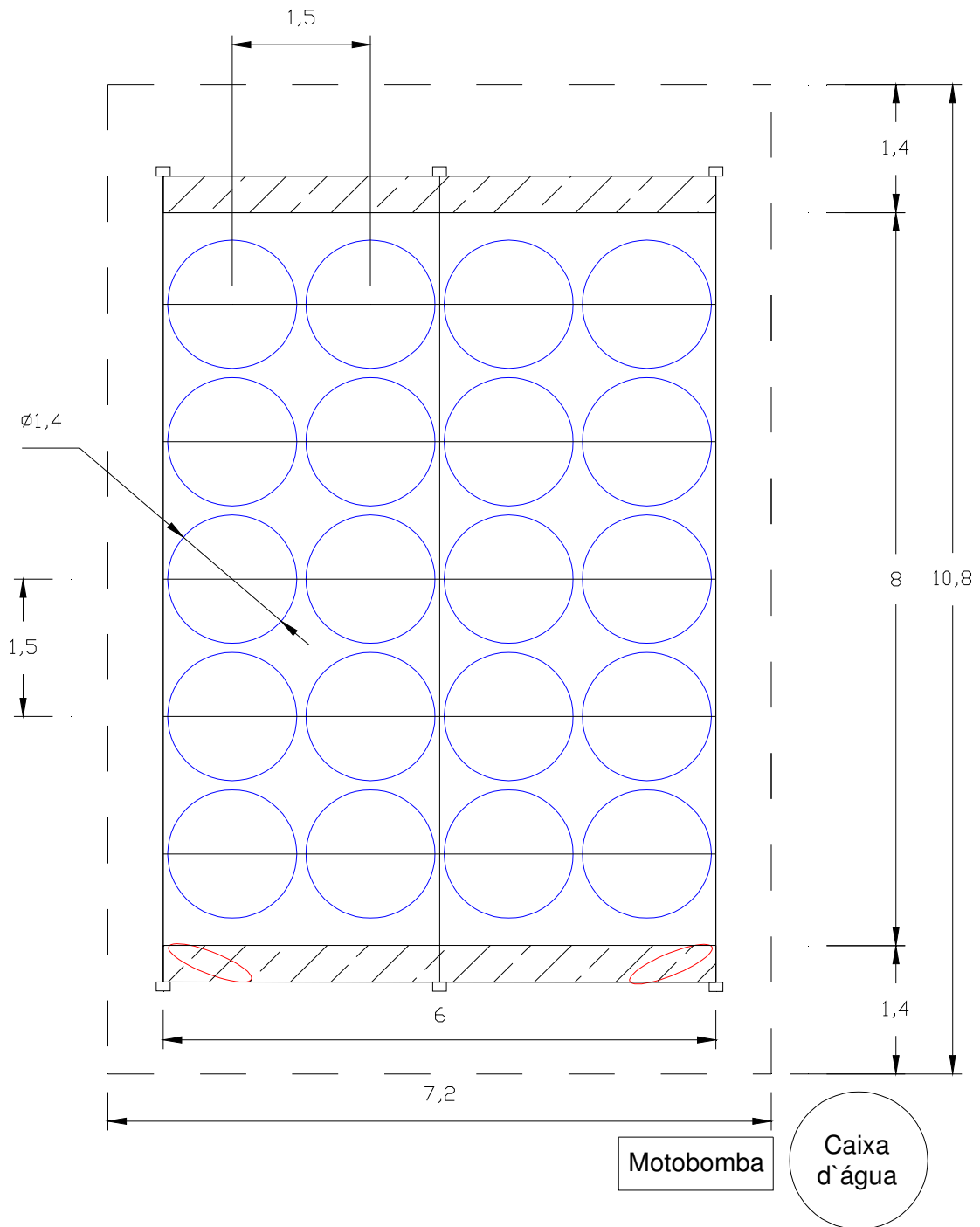


Figura 8 - Planta baixa do curral de espera e localização dos ventiladores e das linhas de nebulização.



Figura 9 - Vista externa do curral de espera equipado com sistema de resfriamento adiabático evaporativo.

A ordenha era mecânica de circuito fechado, realizada nos horários de 5 e 14 h, em sistema tipo espinha de peixe com fosso central (Figura 10).



Figura 10 – Detalhe da sala de ordenha.



### 3.7 - Descrição do sistema de resfriamento adiabático evaporativo

No SRAE utilizaram-se dois ventiladores axiais da marca Ventiave<sup>®</sup>, modelo P3D-Plus (Figura 11A), equipados com motor trifásico de 0,5 HP, com diâmetro de 1,0 m, vazão de  $240 \text{ m}^3 \text{ min}^{-1}$ , 965 RPM, e velocidade de deslocamento da massa de ar de até  $2,5 \text{ m s}^{-1}$ . No curral de espera esses ventiladores foram fixados na face sul, com espaçamento de 6 m entre os equipamentos, a uma altura de 2,5 m do piso (medido a partir do centro do equipamento) e com inclinação, em relação à vertical, de  $20^\circ$ , direcionados para o piso (Figura 12).

O sistema de nebulização foi composto por cinco linhas (tubo de polietileno), com quatro bicos nebulizadores, marca Asbrasil, modelo Hadar 7110 em cada linha (Figura B), com espaçamento de 1,5 m entre os bicos e entre as linhas, a uma altura de 3,0 m do piso (Figura 13). Esse sistema foi equipado com uma bomba centrífuga da marca Schneider<sup>®</sup>, modelo BC-92SK, de 0,75 CV e motor trifásico, cujo consumo de energia era equivalente a  $0,65 \text{ KW h}^{-1}$  (Figura 11C). A vazão de água nas linhas de nebulização foi de  $240 \text{ L h}^{-1}$ . O SRAE era acionado manualmente e permanecia ligado ininterruptamente, durante a permanência das vacas no curral de espera.

O consumo médio de água pelo SRAE foi 2,0; 4,0 e  $6,0 \text{ L vaca}^{-1} \text{ ordenha}^{-1}$ , respectivamente, para os tratamentos de 10, 20 e 30 min, valores consideravelmente inferiores aos apontados na literatura. O SRAE geralmente resulta em grande volume de água residual, por isso sugere-se empregar a menor taxa de aplicação, a fim de evitar desperdícios e preservar esse recurso natural.



Figura 11 – Ventilador utilizado no SRAE\* (A); detalhe da linha de nebulização (B); bomba d'água utilizada no SRAE\* (C).

\*Sistema de Resfriamento Adiabático Evaporativo.

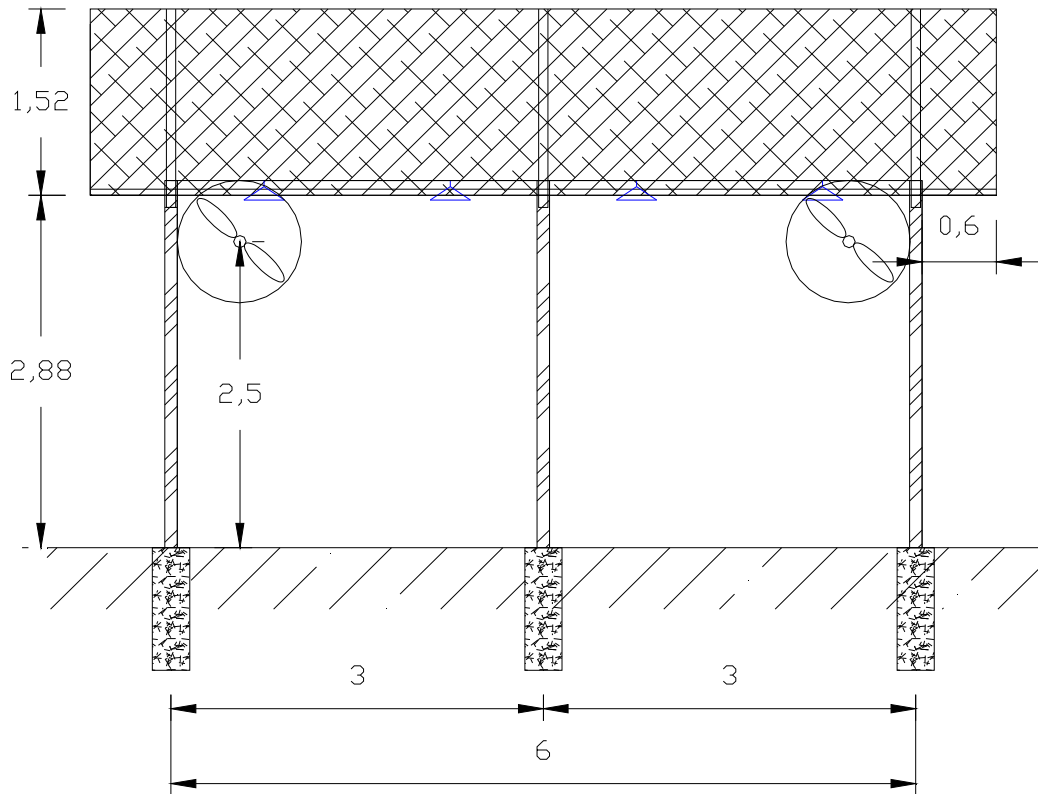


Figura 12 - Corte transversal do curral de espera e posicionamento dos ventiladores.

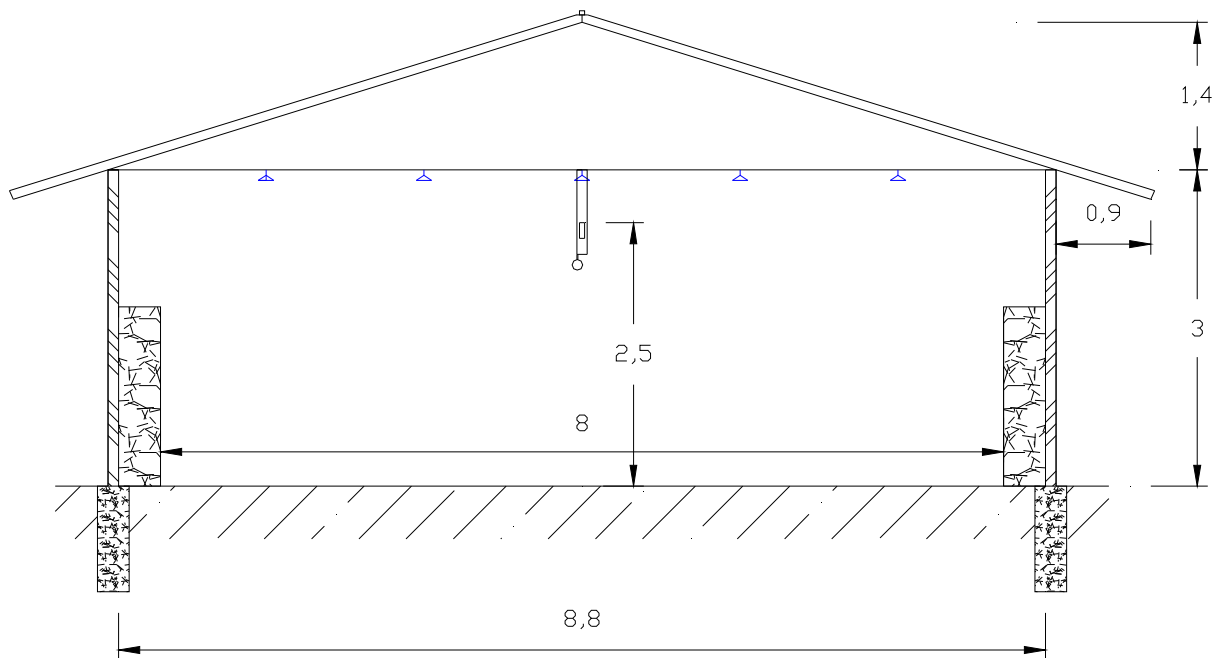


Figura 13 - Corte longitudinal do curral de espera e posicionamento das linhas de nebulização e disposição dos sensores.

### 3.8 - Levantamentos dos dados

#### 3.8.1 - Determinação das variáveis meteorológicas

As variáveis meteorológicas foram registradas no interior do curral de espera e no ambiente externo, por meio de dataloggers modelo HOBO Pro Dataloggers HB8 (Onset Computer Corporation Bourne, MA, USA) para o registro da temperatura do bulbo seco (Tbs, oC), da umidade relativa do ar (UR, %) e da temperatura do globo negro (Tgn, oC). Os sensores fixados no curral de espera foram posicionados no centro geométrico da instalação, a 2,5 m do piso, com auxílio de um suporte de madeira (Figura 14A). No ambiente externo os sensores foram instalados em abrigo meteorológico a 1,50 m de altura (Figura 14B). A Tgn foi medida com o auxílio de uma esfera oca de polietileno (boia de caixa d'água) pintada de preto fosco, com 15 cm de diâmetro, na qual foi inserido um sensor térmico (termistor), que registrou a temperatura e imediatamente armazenou no *datalogger*.

Souza et al. (2002), buscando indicar materiais alternativos para confecção de termômetro de globo, realizaram uma análise comparativa de valores de ITGU e CTR, calculados a partir de dados de temperatura de globo negro, obtidas de termômetro de globo, confeccionados com globos de alumínio, latão e plástico, com relação aos obtidos com o termômetro de globo confeccionado com globo de cobre, concluíram que, o termômetro de globo confeccionado com plástico, além de apresentar preço mais acessível com relação ao de cobre, o globo de plástico mostrou correlação satisfatória, e representa opção para substituição do globo de cobre para utilização em áreas de ambiência animal e vegetal.

A temperatura de globo negro (Tgn) indica os efeitos da energia radiante terrestre e atmosférica do ambiente e da movimentação do ar ao redor da esfera sobre a temperatura de bulbo seco (Tbs). Os valores obtidos foram utilizados como indicativo da carga térmica recebida pelo animal (SILVA et al., 2002; SOUZA et al., 2002). Os dados foram registrados a cada minuto, durante o tempo de exposição dos animais a climatização.

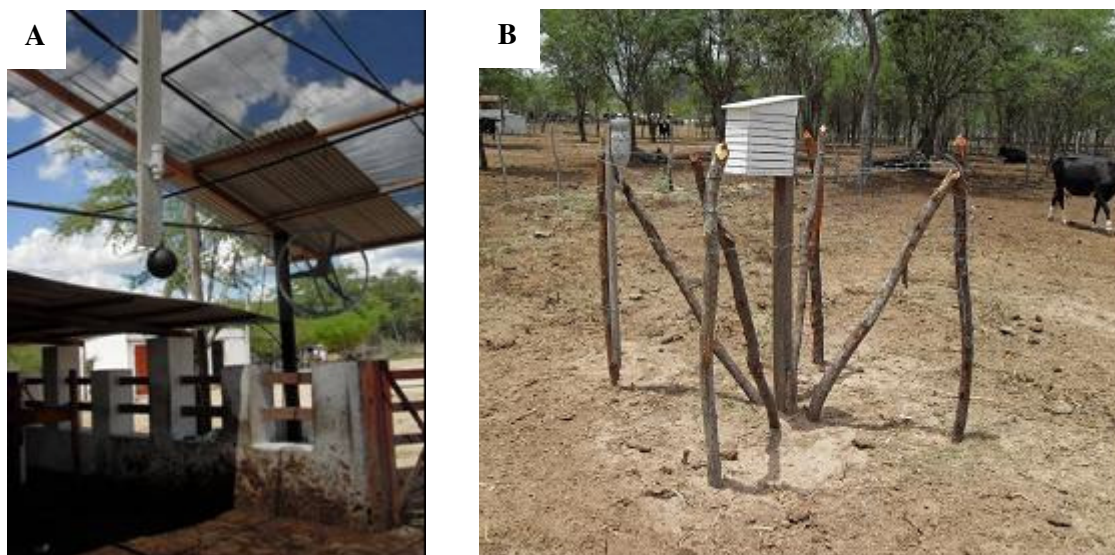


Figura 14 – Sensores no interior do curral de espera (A); detalhe do abrigo meteorológico no ambiente externo (B).

O registro da velocidade do vento ( $\text{m s}^{-1}$ ) foi realizado no curral de espera e no ambiente externo, com auxílio de um anemômetro de hélice da marca AZ Instrument<sup>®</sup>, modelo 8908 (Figura 15), registrada durante o tempo de permanência dos animais no curral de espera.



Figura 15 – Detalhe do anemômetro utilizado.

### 3.8.2 - Determinação dos índices de conforto

Para determinação da eficiência térmica da instalação, em seus respectivos tratamentos, de posse das variáveis meteorológicas registradas no ambiente estudado, foram determinados o índice de temperatura de globo e umidade (ITGU), índice de

temperatura e umidade (ITU), carga térmica radiante (CTR;  $W m^{-2}$ ), entalpia ( $h$ ;  $KJ kg^{-1}$ ) por meio das seguintes equações:

a) ITGU, proposta por Buffington et al. (1981):

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

Em que:

$Tgn$  = temperatura de globo negro (K);

$Tpo$  = temperatura de ponto de orvalho (K).

b) ITU, proposta por Thom (1959):

$$ITU = Tbs + 0,36 \cdot Tpo + 41,5$$

Em que:

$Tbs$  = temperatura do bulbo seco ( $^{\circ}C$ );

$Tpo$  = temperatura de ponto de orvalho ( $^{\circ}C$ ).

c) CTR, proposta por Esmay (1982):

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

$$TRM = 100 \left\{ \left[ 2,51(Vv)^{0,5}(Tgn - Tbs) + \left( \frac{Tgn}{100} \right)^4 \right]^{0,25} \right\}$$

Em que:

$TRM$  = temperatura média radiante;

$Vv$  = velocidade do vento ( $m s^{-1}$ );

$Tgn$  = temperatura de globo negro (K);

$Tbs$  = temperatura de bulbo seco (K);

$\tau = 5,67 * 10^{-8} K^{-4} W^{-1} m^{-2}$  (Constante de Stefan-Boltzmann).

d)  $h$ , proposta por Albright (1990):

$$h = 1,006 \cdot Tbs + W(2501 + 1,805 \cdot Tbs)$$

$$W = \left( \frac{0,622 \cdot ea}{P_{atm} - ea} \right)$$

Em que:

$Tbs$  = temperatura de bulbo seco ( $^{\circ}C$ );

W = razão de mistura (kg vapor d'água.kg ar seco<sup>-1</sup>);

ea = pressão atual de vapor d'água (KPa);

P<sub>atm</sub> = pressão atmosférica (KPa).

### 3.8.3 - Determinação das variáveis fisiológicas

Para avaliação dos parâmetros fisiológicos foram registrados os dados de temperatura retal (TR; °C), frequência respiratória (FR; mov min<sup>-1</sup>) e temperatura do pelame (TP; °C), realizados nos horários de 5 e 14 h, duas vezes por semana. Todos os animais de cada tratamento foram submetidos a essas determinações, antes e depois da climatização, sendo previamente identificados, de maneira que permanecessem fixos durante o período de acompanhamento.

A verificação da FR se deu a partir da contagem do número de movimentos da região do flanco realizados pelo animal, no intervalo de 1 minuto. Após o registro da FR, foram tomadas as medidas da TR, com auxílio de termômetro digital de uso veterinário (Figura 16A), escala entre 20 e 50°C, introduzido no reto dos animais, durante o tempo de 1 minuto, para estabilização e obtenção do valor da temperatura (Figura 16B).

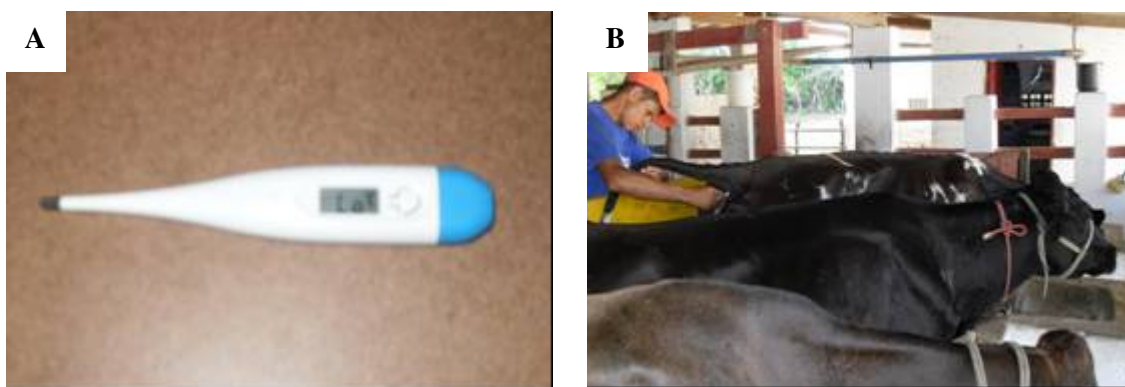


Figura 16 – Termômetro digital (A); registro de temperatura retal (B).

O registro da TP foi realizado mediante o uso de um termômetro de infravermelho (Figura 17A), com mira laser, marca ETI Ltd<sup>®</sup>, modelo RayTemp<sup>TM</sup> 3 (Figura 17B).

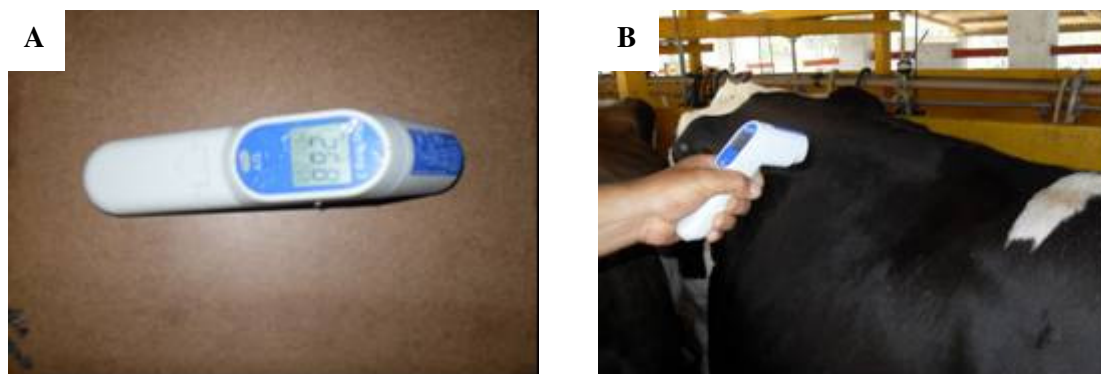


Figura 17 - Termômetro de infravermelho (A); registro de temperatura do pelame (B).

A temperatura média do pelame foi considerada de acordo com a metodologia estabelecida por Pinheiro et al. (2000), com registros de temperatura da cabeça, dorso, canela e úbere de cada animal, em seus respectivos tratamentos, por meio da seguinte equação:

$$T_{\text{pelame}} = 0,10 \cdot T_{\text{cabeça}} + 0,70 \cdot T_{\text{dorso}} + 0,12 \cdot T_{\text{canela}} + 0,08 \cdot T_{\text{úbere}}$$

### 3.8.4 - Variáveis comportamentais

Para análise comportamental dos animais, foram considerados todos os animais do experimento, previamente identificados por cabrestos de diferentes cores para cada grupo. O estudo comportamental foi realizado por meio de observações planejadas em intervalos significativos. A descrição dos comportamentos foi organizada de acordo com cada realidade.

Para atender as necessidades e questionamentos da pesquisa foi organizado um catálogo com as principais atividades desenvolvidas pelos animais (CAMARGO, 1988; CONCEIÇÃO, 1991; BROWN-BRANDT et al., 2005; PORTUGAL et al., 2000; TITTO, 2006). Para facilitar os registros, foram utilizados códigos, listados na tabela 3.

Tabela 3 - Descrição do catálogo de atividades na determinação do comportamento

Atividades	Descrição	Código
Comendo	Comendo alimento no cocho	C
Bebendo	Acesso ao bebedouro e consumo de água	B
Ruminando deitado	Regurgitação, mastigação e deglutição deitado	RD
Ruminando em pé	Regurgitação, mastigação e deglutição em pé	RP
Andando	Caminhando sem apreensão de forragem	A
Deitada	Sobre as patas ou em decúbito dorsal	D
Em pé	Em pé	P

Os comportamentos foram registrados por meio de observação instantânea pelo método focal, preconizado por Martin e Bateson (1993), em intervalos de 10 minutos, nos horários de 7 às 13 h e de 15 às 17 h, duas vezes por semana, em dias não coincidentes com o registro dos dados fisiológicos, representativos do intervalo das ordenhas na condição de pré-ordenha e pós-ordenha. Portanto, evitou-se a contenção dos animais para registros das variáveis fisiológicas, nos dias que coincidiram com registros dos parâmetros comportamentais, desta forma, eliminaram-se quaisquer alterações no comportamento dos animais por conta do manejo para esta avaliação.

Nos dias selecionados em cada período de avaliação, as observações foram feitas por quatro observadores, um para cada tratamento, posicionados de maneira a terem ampla visão dos animais (Figura 18). Os animais, após a fase de adaptação, estavam habituados aos observadores, sem demonstrar qualquer reação ou mudança de atividade quando de sua aproximação.



Figura 18 – Registro das observações comportamentais dos animais.



Por meio do acompanhamento das atividades, foi possível verificar o tempo que os animais passaram exercendo as diferentes atividades. Isso permitiu avaliar as respostas comportamentais indicativas de bem-estar dos animais, frente às imposições ambientais a que estavam sujeitos.

### 3.8.5 - Produção e composição química do leite

A produção de leite dos animais foi determinada em cada tratamento, nos períodos avaliados, para os dois turnos diários de ordenha (manhã e tarde). Os dados de produção foram registrados de acordo com o controle da fazenda.

Para análise da composição química (gordura, proteína, lactose e sólidos totais) e contagem de células somáticas do leite, foram realizadas duas coletas para cada período, com amostras individuais do leite de cada animal (Figura 19), em seus respectivos tratamentos, e analisadas no laboratório do Programa de Gerenciamento de Rebanhos Leiteiros do Nordeste (PROGENE), do Departamento de Zootecnia da UFRPE.



Figura 19 – Amostras de leite coletadas para análise.

### 3.8.6 - Análise técnico-econômica

Esta análise foi realizada através da determinação do consumo de energia elétrica ( $\text{KW h}^{-1}$ ) para os diferentes tempos de climatização, e considerando o custo de aquisição e instalação dos equipamentos do SRAE. Para os cálculos, foi considerada também a média do preço pago ao produtor de leite tipo B comercializado na região do Agreste pernambucano, no período correspondente ao experimento.

O preço do leite *in natura* foi cotado em março de 2009 e o custo dos equipamentos utilizados na climatização, com preços cotados em janeiro de 2009. Para obtenção do custo do investimento considerou-se apenas o preço dos equipamentos de

climatização do ambiente, uma vez que os demais componentes já existiam na fazenda (instalações).

O custo fixo refere-se ao valor da depreciação e é gerado pela razão entre o valor do investimento e a vida útil, bem como ao custo da manutenção dos equipamentos. Os gastos com a manutenção dos equipamentos de nebulização consideram a troca de bicos e filtros necessários para o período de um ano, de acordo com as especificações do fabricante.

O custo variável considera os gastos com energia elétrica e água fornecidos pela fazenda, já calculado o tempo diário de funcionamento dos equipamentos, bem como o consumo de energia dos ventiladores, a partir do tempo que esses equipamentos permanecem ligados durante a permanência dos animais no curral de espera.

### 3.9 - Delineamento experimental

O delineamento experimental adotado foi o quadrado latino 4 x 4, utilizando-se 16 animais, distribuídos aleatoriamente em 4 grupos (G1, G2, G3 e G4), com 4 períodos experimentais (P1, P2, P3 e P4) e 4 tratamentos (T0, T1, T2 e T3), conforme esquema ilustrado na figura 20.

	P 1		P 2		P 3		P 4	
	7 dias	7 dias	7 dias	7 dias	7 dias	7 dias	7 dias	7 dias
G 1	Adaptação	T 1	Adaptação	T 0	Adaptação	T 3	Adaptação	T 2
G 2		T 2		T 1		T 0		T 3
G 3		T 3		T 2		T 1		T 0
G 4		T 0		T 3		T 2		T 1

Figura 20 – Representação esquemática do delineamento estatístico utilizado no experimento.

- Tratamento 0 – os animais não receberam climatização na pré-ordenha, sendo este tratamento a testemunha;
- Tratamento 1 – climatização por sistema de nebulização, associado à ventilação forçada na pré-ordenha, durante um tempo de resfriamento de 10 min antes da ordenha;

- Tratamento 2 – climatização por sistema de nebulização, associado à ventilação forçada na pré-ordenha, durante um tempo de resfriamento de 20 min antes da ordenha;
- Tratamento 3 – climatização por sistema de nebulização, associado à ventilação forçada na pré-ordenha, durante um tempo de resfriamento de 30 min antes da ordenha.

Para efeito de análise estatística das variáveis meteorológicas, índices de conforto, variáveis fisiológicas, produção, composição e qualidade do leite foram considerados os dados registrados nos quatro períodos, totalizando 28 dias de registro efetivo de dados. A análise estatística foi realizada por meio do software *Statistical Analysis System* (SAS, 1992) e as inferências obtidas foram avaliadas pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ).

As variáveis foram analisadas segundo o modelo estatístico:

$$y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \tau_j + \beta_k + \varepsilon_{ijk}$$

Em que:

$y_{ijk}$  = observação da i-ésima linha e k-ésima coluna para o j-ésimo tratamento;

$\mu$  = média geral;

$\alpha_i$  = efeito da i-ésima linha;

$\tau_j$  = efeito do j-ésimo tratamento;

$\beta_k$  = efeito da k-ésima coluna;

$\varepsilon_{ijk}$  = erro aleatório.

Os dados comportamentais foram avaliados pela análise das distribuições das frequências que foram submetidas ao teste de qui-quadrado e probabilidade.

## 4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 - Análise das variáveis ambientais

Verifica-se, na tabela 4, que os valores médios de Tbs no turno da manhã se mantiveram abaixo do limite superior da zona de conforto térmico (ZCT). Em temperatura menor ou igual a 26 °C o animal encontra-se em conforto térmico, independentemente da umidade relativa do ar (PERISSINOTTO, 2007). Segundo Pereira (2005), o limite da zona de termoneutralidade (ZTN) é de 0 a 16 °C para bovinos leiteiros (*Bos taurus*) e de 10 a 27 °C para animais zebuínos (*Bos indicus*), valores que correspondem aos limites de temperatura em que o animal se encontra em conforto térmico, com ótimo desempenho produtivo, sem fazer uso de seus dispositivos termorreguladores para se ajustar às condições ambientais.

No turno da tarde, nota-se que o sistema de climatização foi eficiente na redução da temperatura ambiente, apresentando diferenças significativas ( $P < 0,05$ ) entre os tratamentos 20 e 30 min, que ficaram abaixo de 26 °C; os tratamentos 0 e 10 min superaram o limite crítico superior em 3,2 e 0,4 °C (Tabela 5).

Quanto à Tgn, os resultados mostraram que nos tratamentos com climatização nos turnos da manhã (Tabela 4) e da tarde (Tabela 5), os valores médios foram significativamente menores ( $P < 0,05$ ), quando comparados com o tratamento 0 min, embora não tenha havido diferença estatística entre os tratamentos 10, 20 e 30 min. Segundo Arcaro Júnior (2000), esses resultados indicam que o SRAE funcionou como um dispersor da radiação solar indireta.

Os valores de UR registrados no turno da manhã (Tabela 4) apresentaram diferenças ( $P < 0,05$ ), entretanto, todos os tratamentos encontravam-se acima de 70%, considerado o valor limite para o conforto de vacas lactantes em clima quente (NÄÄS; ARCARO JÚNIOR, 2001). Analisando os resultados obtidos no turno da tarde, verifica-se que os tratamentos 20 e 30 min excederam o valor limite para vacas em lactação, ocasionado pelo tempo de exposição ao SRAE, chegando a 74,8 e 77,5%, respectivamente.

Quanto à velocidade do vento, não foram constatadas diferenças ( $P < 0,05$ ) entre as médias dos tratamentos (10, 20 e 30 min), mas sim, quando comparadas com o tratamento 0 min, tanto para o turno da manhã (Tabela 4), como para o turno da tarde (Tabela 5). Observou-se, ainda fluxo de ar uniforme, decorrente do sistema de

ventilação empregado, em que os valores variaram de 2,10 a 2,18 m s<sup>-1</sup> entre os tratamentos. Este fato já era esperado, visto que o sistema de ventilação foi utilizado ininterruptamente durante a permanência dos animais no curral de espera.

Tabela 4 - Valores médios e desvio padrão das variáveis ambientais registradas no interior do curral de espera no turno da manhã

Variáveis	Tratamentos				
	0 min	10 min	20 min	30 min	CV (%)
Tbs (°C)	21,4 a±1,51	20,6 b±1,04	20,1 bc±0,84	19,9 c±0,78	5,58
Tgn (°C)	20,8 a±0,83	19,9 b±1,44	19,3 b±1,31	19,3 b±1,26	6,57
UR (%)	86,5 c±5,78	90,3 b±3,63	92,5 ab±2,43	93,5 a±1,96	5,06
Vv (m s <sup>-1</sup> )	0,13 b±1,08	2,13 a±1,84	2,10 a±1,83	2,10 a±1,58	59,56

Médias seguidas das mesmas letras nas mesmas linhas não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey. Tbs – temperatura de bulbo seco; Tgn – temperatura de globo negro; UR – umidade relativa; Vv – velocidade do vento.

Tabela 5 - Valores médios e desvio padrão das variáveis ambientais registradas no interior do curral de espera no turno da tarde

Variáveis	Tratamentos				
	0 min	10 min	20 min	30 min	CV (%)
Tbs (°C)	29,2 a±2,99	26,4 b±2,10	25,0 c±1,52	24,3 d±1,25	10,63
Tgn (°C)	32,6 a±4,45	23,9 b±1,40	22,9 b±1,14	22,6 b±1,10	18,99
UR (%)	57,3 d±15,94	69,5 c±12,73	74,8 b±10,62	77,5 a±9,60	20,79
Vv (m s <sup>-1</sup> )	0,60 a±2,48	2,15 b±1,75	2,18 b±2,03	2,15 b±1,44	48,54

Médias seguidas das mesmas letras nas mesmas linhas não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey. Tbs – temperatura de bulbo seco; Tgn – temperatura de globo negro; UR – umidade relativa; Vv – velocidade do vento.

Observou-se, portanto, que o efeito do SRAE por nebulização e ventilação forçada possibilitou redução da temperatura e, conseqüentemente, incremento na umidade relativa em ambos os turnos e tratamentos.

#### 4.1.1 - Temperatura de bulbo seco

Foram constatadas diferenças (P<0,05) entre os tratamentos e o ambiente externo para a Tbs no turno da manhã, mesmo com a temperatura ambiente na faixa de conforto

térmico para as vacas em lactação nesse horário. O tratamento 30 min mostrou-se eficiente na redução dessa variável, apresentando redução de 1,5; 0,7 e 0,2 °C, quando comparado com os tratamentos 0, 10 e 20 min, respectivamente (Figura 21A). A eficiência do SRAE utilizado neste experimento para o turno da manhã foi da ordem de 41,9; 60,5 e 66,9%, para os tratamentos 10, 20 e 30 min de climatização, respectivamente.

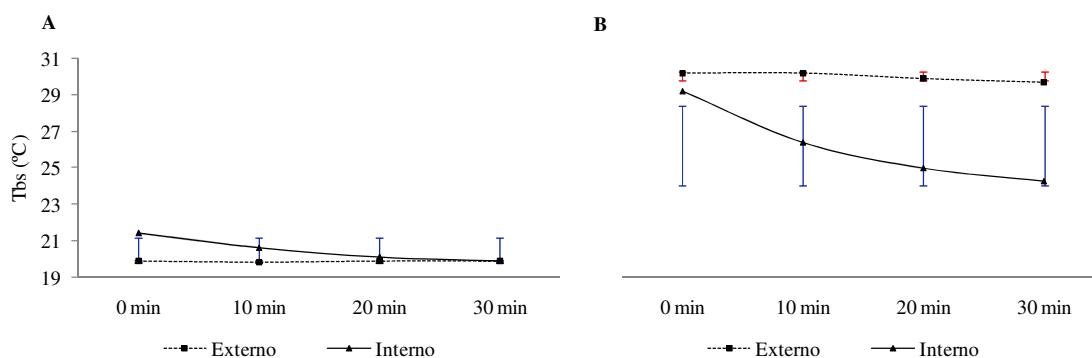


Figura 21 - Médias e desvio padrão da temperatura de bulbo seco nos diferentes tratamentos e no ambiente externo no turno da manhã (A) e tarde (B).

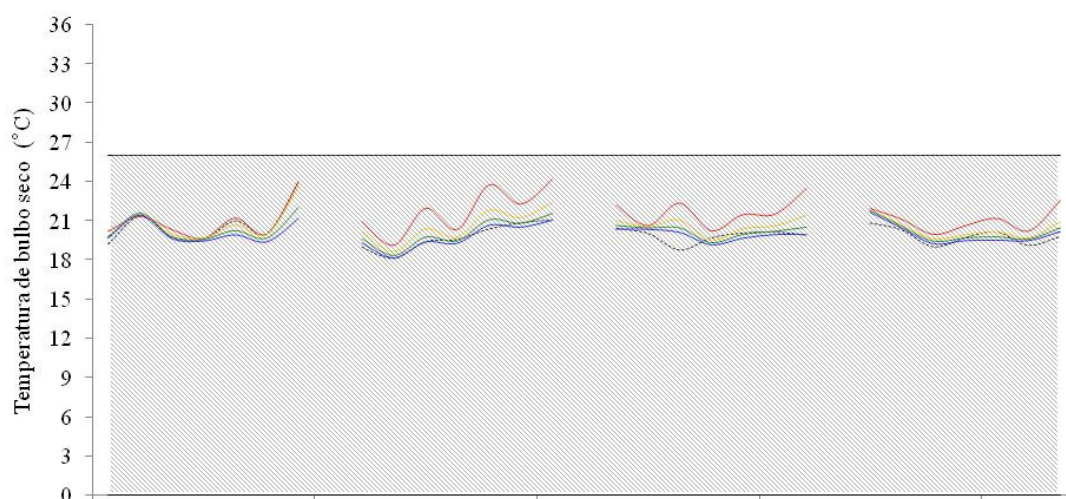
Para o turno da tarde, verifica-se que o sistema de climatização foi eficiente na redução da temperatura ambiente, o que repercutiu no menor gasto de energia para manutenção dos animais, ficando abaixo da temperatura de 26 °C, considerada por Perissinotto (2007) como limite superior da ZCT para vacas em lactação, apresentando redução de 1,0; 3,8; 4,9; e 5,4 °C em relação ao ambiente externo, para os tratamentos 0, 10, 20 e 30 min, respectivamente (Figura 21B). A eficiência do SRAE foi da ordem de 39,8; 55,7 e 62,7%, para os tratamentos 10, 20 e 30 min de climatização, respectivamente. O valor do potencial de redução de temperatura do ar apresenta variação inversamente proporcional ao verificado para a umidade relativa do ar, uma vez que o processo implica em incremento de umidade no ambiente. Quanto maior o valor da umidade relativa do ar, mais próximo da saturação se encontra o ar ambiente e, por conseguinte, menores volumes de água poderão ser inseridos, visando a redução adiabática da temperatura. Resultados semelhantes foram obtidos por Silva et al. (2002) e Arcaro Júnior et al. (2005) atingindo a zona de conforto térmico na pré-ordenha (25,2; 22,9 °C), com exposição dos animais ao SRAE por 40 e 30 min, respectivamente. Esses resultados podem ser explicados pelo fato da condição do ambiente externo no turno da tarde superar o limite crítico superior de conforto térmico dos animais. Nas condições

experimentais, a variação entre os tratamentos com climatização (10, 20 e 30 min) e o ambiente externo ocorreu devido à rápida evaporação da água, potencializada pela ventilação forçada, o que promoveu de forma mais eficiente a remoção do calor sensível da parcela de ar, com maior potencial de redução na Tbs.

No turno da manhã (Figura 21A), verifica-se que todos os tratamentos, incluindo o ambiente externo, atenderam a exigência térmica dos animais, Tbs entre o limite inferior de 0 °C, segundo Pereira (2005), e limite superior de 26 °C, de acordo com Perissinotto (2007) para ZCT, demonstrando que a condição de conforto no curral de espera é atendida, independente da climatização e do tempo de exposição dos animais ao SRAE. No entanto, para o segundo turno de avaliação verifica-se que os tratamentos 0, 10 e 20 min de exposição ao SRAE apresentaram valores da ordem de 86, 61 e 25% dos dias de estudo fora da faixa de conforto recomendada, enquanto no tratamento 30 min as temperaturas registradas no interior do curral de espera estiveram abaixo do limite crítico superior (26 °C) para vacas em lactação (Figura 21B).

Esses resultados corroboram com Vilela (2008), que verificou Tbs média de 22,7 °C no interior do *freestall* equipado com sistema de climatização por nebulização e ventilação para vacas lactantes. Enquanto Arcaro (2005) verificou Tbs, às 7 h, de 21,5°C, e às 14 h, de 27,9 °C no interior de *freestall* climatizado para vacas em lactação; portanto, atendendo a necessidade térmica dos animais.

A



B

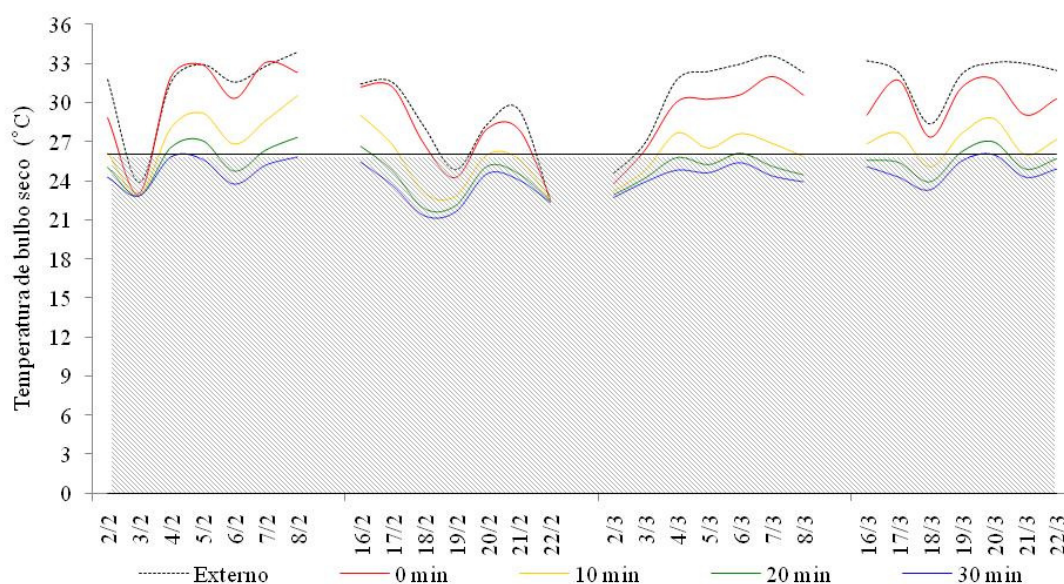


Figura 22 - Variação da temperatura de bulbo seco nos diferentes tratamentos e no abrigo meteorológico (ambiente externo) no turno da manhã (A) e da tarde (B).

#### 4.1.2 - Temperatura de globo negro

A T<sub>gn</sub> apresentou redução nos tratamentos para os dois turnos de ordenha (Figura 23 A e B), comparativamente ao ambiente externo, com exceção para os tratamentos 0 e 10 min que apresentaram elevação de 1,4; 0,5 °C, respectivamente, e os tratamentos 20 e 30 min apresentaram redução de 0,2 e 0,1 °C no turno da manhã (Figura 23A). No turno da tarde observou-se redução de 4,5; 13,8; 13,4 e 14,2 °C, respectivamente, nos tratamentos 0, 10, 20 e 30 min (Figura 23B). Estes resultados estão associados ao efeito



convectivo promovido pela presença de ventilação forçada, evaporação da névoa e redução da carga térmica incidente pelo uso da malha de sombreamento (70%), conforme resultados encontrados por Arcaro Júnior (2000).

Vilela (2008), trabalhando com vacas em lactação, verificou Tgn da ordem de 31,8; 26,2 e 25,4 °C, respectivamente, para o ambiente externo, estábulo sem climatização e estábulo climatizado por nebulização e ventilação.

De acordo com Mota (2001), a faixa de Tgn para vacas em lactação de 7 a 26 °C é considerada ótima, entre 27 e 34 °C, regular e acima de 35 °C, crítica. Beede et al. (1983) indicaram 21 °C como Tgn de conforto para vacas leiteiras e 29 °C como valor crítico superior. Dessa forma, considerando-se os limites estabelecidos pela literatura, nota-se que apenas o tratamento 0 min (32,6 °C) apontou Tgn acima da condição ótima recomendada no turno da tarde (Figura 23B).

Zoa-Mboe et al. (1989) verificaram depressão na produção de leite de 9,2% em vacas holandesas expostas a radiação solar direta com Tgn médio de 37 °C, das 8 às 18 horas, quando comparadas às vacas com acesso à sombra, com Tgn de 29,2 °C.

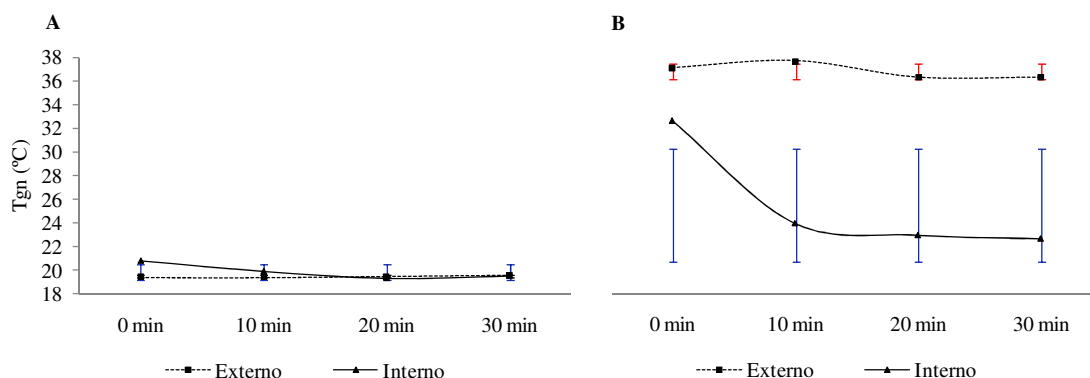
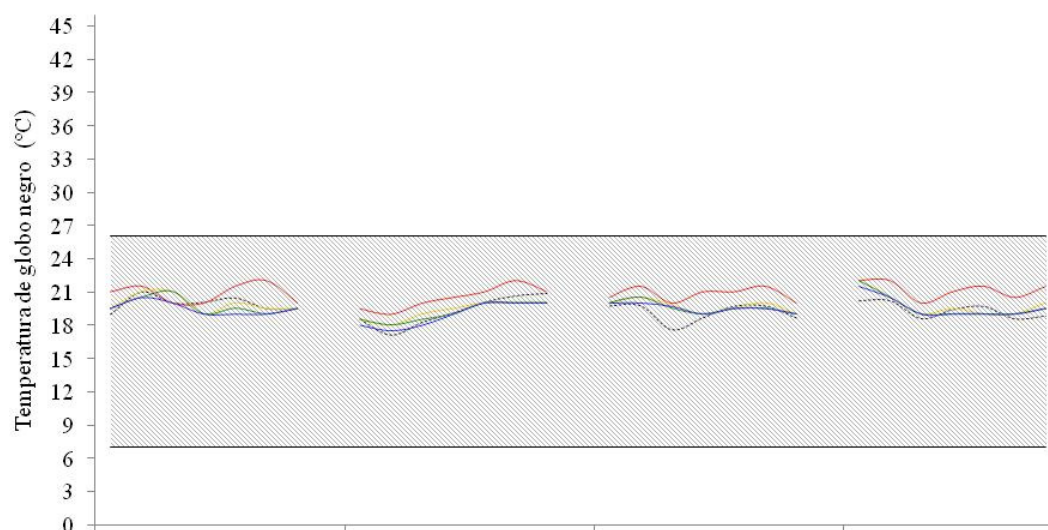


Figura 23 - Médias e desvio padrão da temperatura de globo negro nos diferentes tratamentos e no ambiente externo no turno da manhã (A) e da tarde (B).

No turno da manhã (Figura 24A), verifica-se que todos os tratamentos, incluindo o ambiente externo, atenderam a exigência térmica dos animais, Tgn entre 7 e 26°C; no entanto, no segundo turno verifica-se que, no ambiente externo, os tratamentos 0 e 10 min estiveram fora da faixa de conforto recomendada em 87 e 7%, respectivamente, dos dias de estudo, enquanto nos tratamentos 20 e 30 min as temperaturas registradas no interior do curral de espera, durante todo o período avaliado, estiveram dentro dos limites de temperatura de conforto (TC) para Tgn, entre 7 e 26 °C, consideradas por Mota (2001) como adequadas para vacas em lactação (Figura 24B).

A



B

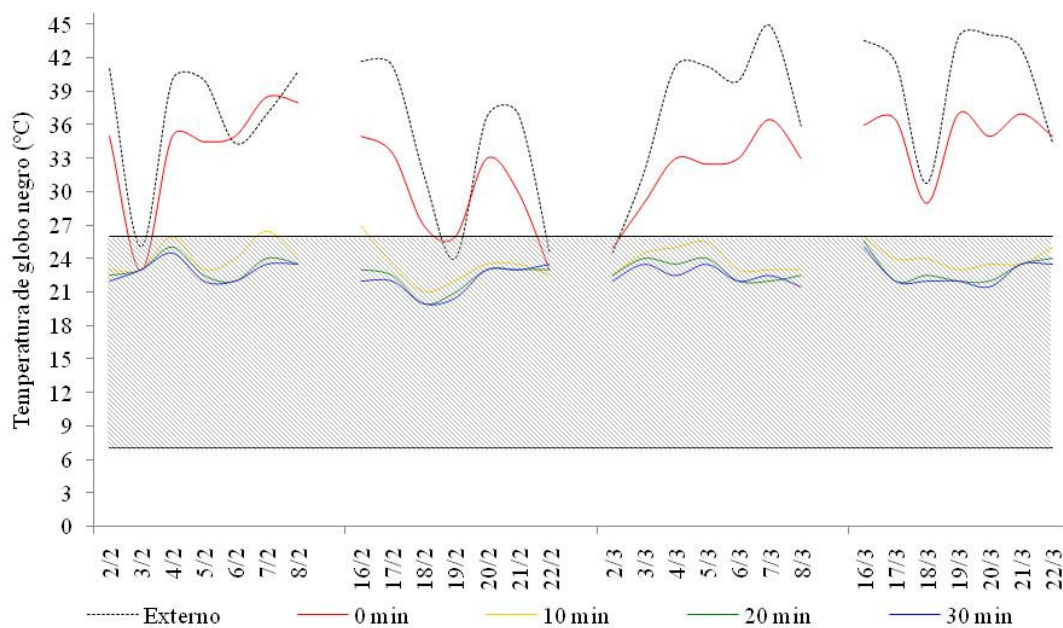


Figura 24 - Variação da temperatura de globo negro nos diferentes tratamentos e no abrigo meteorológico (ambiente externo) no turno da manhã (A) e da tarde (B).

#### 4.1.3 - Umidade relativa do ar

A UR mostrou-se mais elevada no tratamento 30 min (93,5%), quando comparada ao tratamento 0 min (86,5%) e com o ambiente externo (90,0%), no turno da manhã (Figura 25A).

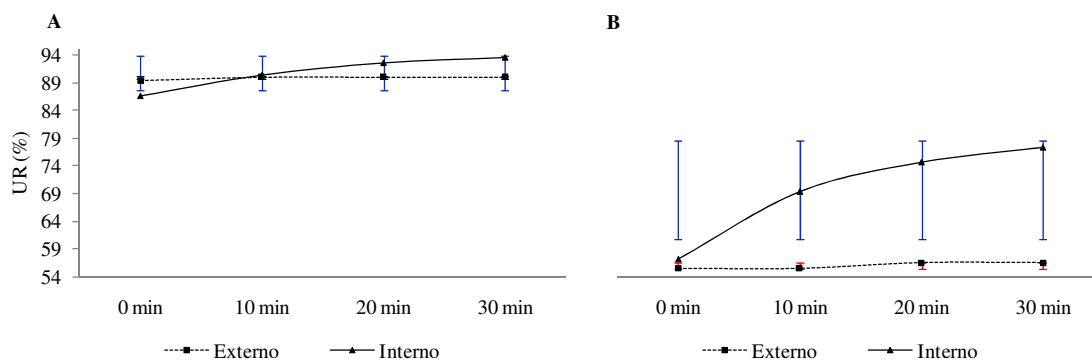


Figura 25 - Médias e desvio padrão da umidade relativa do ar nos diferentes tratamentos e no ambiente externo no turno da manhã (A) e da tarde (B).

Em períodos de temperatura elevada e com ocorrência de chuvas, situações características do verão nas condições tropicais, o SRAE poderia aumentar excessivamente a umidade relativa dentro da instalação. Essa umidade deve ser removida, por meio de trocas de ar na instalação, pela ventilação forçada (SILVA, 1999).

A umidade relativa do ar registrada nos tratamentos com climatização, para o turno da tarde, aumentou significativamente ( $P < 0,05$ ) com o tempo de funcionamento do SRAE (Figura 25B). Os tratamentos 0, 10, 20 e 30 min apresentaram 57,3; 69,5; 74,8 e 77,5% de UR, superando o ambiente externo em 1,8; 14,0; 18,4 e 21,0%, respectivamente, enquadrando os tratamentos 20 e 30 min acima da zona de conforto térmico que, segundo recomendações de Tinôco (2001), devem ficar entre 50 e 70%. No entanto, para Perissinotto e Moura (2007), quando a Tbs se encontra próximo do limite superior da zona de conforto (26 °C), independente dos valores de UR a sensação de conforto térmico para vacas em lactação é muito boa.

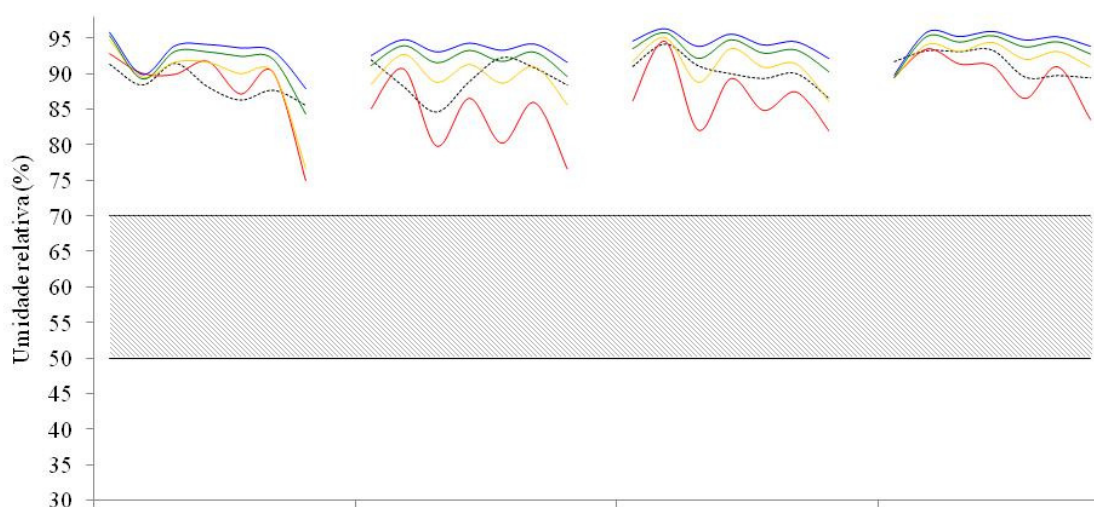
Os valores do potencial de redução de Tbs e Tgn apresentaram variação inversamente proporcional aos verificados para a UR do ar, principalmente no turno da tarde, uma vez que o processo implica em incremento de umidade no ambiente. De acordo com Tinôco (2000), uma vez que o resfriamento evaporativo implica em redução da temperatura do ar, com conseqüente aumento da sua umidade relativa, pressupõe-se que este sistema seja mais eficiente em regiões de clima quente e seco, como é o caso da região em estudo.

Arcaro Junior et al. (2005) verificaram umidade relativa elevada com emprego do SRAE no curral de espera. Os valores encontrados foram 45,6; 38,9 e 79,8%, respectivamente, para os tratamentos controle, ventilação e ventilação associada à

aspersão.

Observa-se nas figuras 26A e 26B que os tratamentos estudados resultaram em umidade excessiva, ou seja, maior que 70% no interior do curral de espera. Essa elevada umidade pode ser explicada pelo fato do acionamento do sistema ter sido de forma ininterrupta durante o tempo de exposição dos animais a climatização no curral de espera. O volume de água utilizado no SRAE foi em média de  $240 \text{ L h}^{-1}$ .

A



B

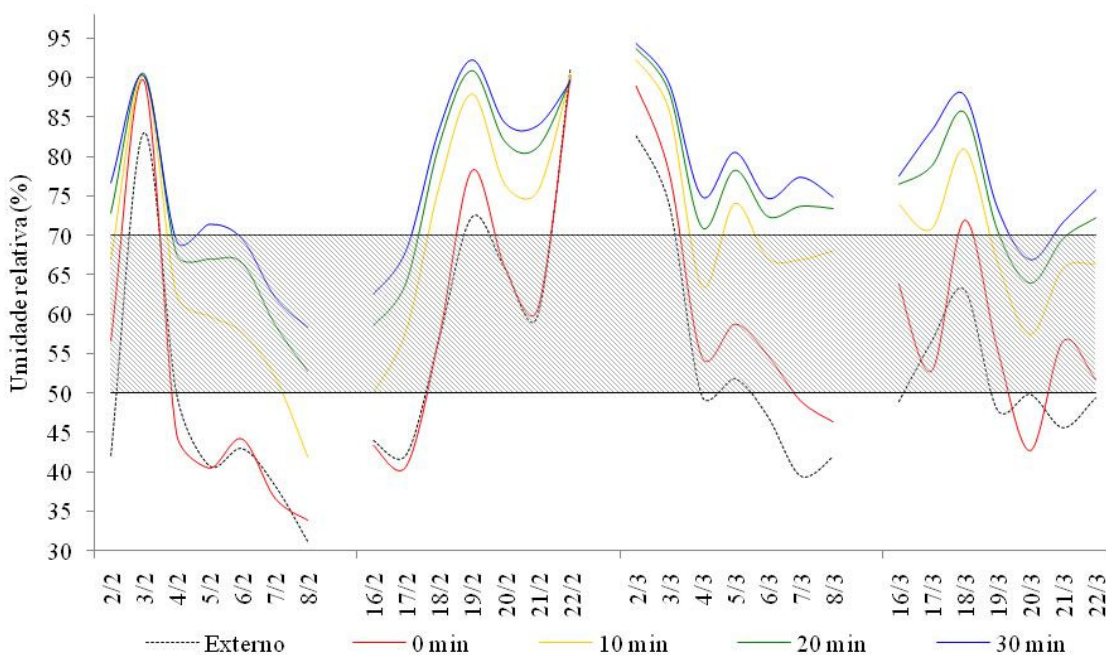


Figura 26 - Variação da umidade relativa do ar nos diferentes tratamentos e no abrigo meteorológico (ambiente externo) no turno da manhã (A) e da tarde (B).

O volume de ar se contrai e/ou se expande com a variação da temperatura. Essa variação de volume impõe um limite à quantidade de vapor d'água que pode ser retida pelo volume de ar: quanto maior a temperatura, maior a quantidade saturante de vapor d'água. Nessas condições, a tendência de variação diária da umidade relativa do ar está relacionada ao fato de que a pressão parcial de vapor ( $e_a$ ) varia pouco durante o dia, mas a pressão de saturação de vapor ( $e_s$ ) varia exponencialmente com a temperatura do ar.

Assim, a tendência de evolução inversa entre a temperatura e a umidade, observada na figura 26B, entre os dias de maior temperatura em que ocorreram os menores valores de umidade relativa. Sendo assim, quando a temperatura ambiente for superior a temperatura crítica, a adoção de um SRAE constitui uma estratégia capaz de melhorar as condições de conforto.

#### **4.2 - Índices de conforto térmico**

Constatam-se, na tabela 6, o efeito significativo ( $P < 0,05$ ) entre os tratamentos com climatização (10, 20 e 30 min) e sem climatização (0 min.) para o ITU; no entanto, todos os tratamentos apresentaram condições ideais,  $ITU < 75$ . O condicionamento no interior do curral de espera foi próximo ao obtido por Silva et al. (2002), que encontraram ITU de 72,9 em curral de espera com SRAE para vacas em lactação. No turno da tarde, verifica-se que a climatização do ambiente proporcionou redução no ITU, quando comparado com o tratamento 0 min, ficando o tratamento 10 min 0,3 unidades acima do nível de conforto adequado (75), e os tratamentos 20 e 30 min com 1,5 e 2,0 unidades abaixo do valor recomendado para o índice, considerado como limite crítico superior para vacas em lactação da raça holandesa (MATARAZZO, 2004) e 7/8 holandês-zebu (AZEVEDO et al., 2005). Estes resultados estão próximos aos encontrados por Silva et al. (2002) e Arcaro et al. (2005), que obtiveram ITU de 75,5 e 70,2, trabalhando com vacas em lactação no curral de espera, com tempos de exposição dos animais à climatização de 40 e 30 min, respectivamente (Tabela 7).

Segundo Azevedo et al. (2005), o índice de temperatura e umidade considerado ideal para que as vacas de composição genética 7/8 holandês-zebu, em lactação, expressem seu máximo potencial produtivo é de 75. Nas condições experimentais, tais situações foram verificadas, tanto no tratamento sem climatização (0 min), como

naqueles submetidos à climatização, no turno da manhã. No turno da tarde, a condição de conforto foi alcançada somente nos tratamentos 20 e 30 min (Tabela 7).

Notam-se diferenças significativas para o ITGU ( $P < 0,05$ ), entre os tratamentos com climatização (10, 20 e 30 min) e sem climatização (0 min). No turno da manhã, o ambiente apresentou condições ideais para vacas em lactação,  $IGTU < 74$  (Tabela 6). Conforme citado por Baêta e Souza (1997), os valores de ITGU até 74 definem condição de conforto para os bovinos, entre 75 e 78 a situação é de alerta, 79 a 84 caracterizam perigo e, acima deste, é uma situação de emergência; entretanto, para o turno da tarde, os resultados do microclima no interior do curral de espera superou o limite recomendado somente no tratamento 0 min, diferenciando-se dos demais ( $P < 0,05$ ), que se mantiveram dentro da faixa de conforto (Tabela 7). Estes valores foram próximos ao obtido por Arcaro Júnior et al. (2005), que encontraram ITGU de 70,1 em curral de espera equipado com SRAE, para vacas em lactação, com exposição dos animais durante 30 min.

Os valores médios da quantidade de energia presente na parcela de ar expressa pela variável entalpia (h) apontam diferenças significativas ( $P < 0,05$ ) entre os tratamentos. Os valores médios encontrados foram 60,4; 59,3; 58,7 e 58,4  $\text{KJ kg}^{-1}$  de ar seco, respectivamente, para os tratamentos 0, 10, 20 e 30 min no turno da manhã (Tabela 6). Para o turno da tarde, também foram constatadas diferenças ( $P < 0,05$ ) entre os tratamentos com climatização (10, 20 e 30 min) e sem climatização (0 min) (Tabela 7).

Considerou-se crítico o valor a partir de 67,4  $\text{KJ kg}^{-1}$  de ar seco, obtido para temperatura de bulbo seco de 26 °C e umidade relativa do ar de 70% (BARBOSA FILHO et al., 2007).

Observa-se, no turno da manhã (Tabela 6), que a variação da entalpia, em todos os tratamentos, encontrava-se abaixo do valor crítico superior (67,4  $\text{KJ kg}^{-1}$  de ar seco). Para o turno da tarde (Tabela 7), as médias das entalpias apresentaram valores da ordem de 70,5; 68,7; 66,9 e 65,8  $\text{KJ kg}^{-1}$  de ar seco, para os tratamentos 0, 10, 20 e 30 min, respectivamente, caracterizando os tratamentos 20 e 30 min como termicamente adequados para entalpia. Esse fato ocorreu justamente devido à quantidade de energia interna da parcela de ar (calor sensível + calor latente), nos microambientes avaliados, em relação à soma de seus componentes, de uma mistura de ar seco e vapor d'água, levando-se em consideração a  $T_{bs}$  (°C) e a razão de mistura (kg de vapor d'água/kg de ar seco).

Para os valores médios de carga térmica de radiação (CTR), em  $W m^{-2}$ , não foram constatadas diferenças significativas ( $P>0,05$ ) entre os tratamentos com climatização (10, 20 e 30 min); os valores médios encontrados foram 401,9; 396,6 e 407,6  $W m^{-2}$ , respectivamente, para o turno da manhã (Tabela 6). No turno da tarde, as médias da CTR apresentaram diferenças estatísticas significativas ( $P<0,05$ ) para os tratamentos 10, 20 e 30 min, quando comparadas com o tratamento 0 min, com valores da ordem de 388,3; 391,3; 397,5 e 534,4  $W m^{-2}$ , respectivamente, não apresentando diferenças entre os tratamentos (Tabela 7). Os maiores valores obtidos para CTR nos tratamentos 20 e 30 min, quando comparados com 10 min de climatização para o turno da tarde (Tabela 7), podem ser justificados pelo contato da água com a superfície da esfera do termômetro de globo negro, proveniente do acionamento e do tempo de exposição ao sistema de climatização, conseqüentemente menores valores foram observados para Tgn, ficando esta abaixo da Tbs para os tratamentos 20 e 30 min.

Tabela 6 - Valores médios e desvio padrão dos índices de conforto térmico registrados no interior do curral de espera no turno da manhã

Variáveis	Tratamentos				CV (%)
	0 min	10 min	20 min	30 min	
ITU	70,0 a $\pm$ 1,55	69,0 b $\pm$ 1,22	68,8 b $\pm$ 1,04	68,0 c $\pm$ 0,99	1,93
ITGU	69,3 a $\pm$ 1,00	68,0 ab $\pm$ 1,02	67,5 b $\pm$ 1,03	67,5 b $\pm$ 1,03	1,71
h (KJ kg <sup>-1</sup> )	60,4 a $\pm$ 2,98	59,3 b $\pm$ 2,49	58,7 bc $\pm$ 2,33	58,4 c $\pm$ 2,28	4,40
CTR (W m <sup>-2</sup> )	420,3 a $\pm$ 8,8	401,9 ab $\pm$ 23,1	396,6 b $\pm$ 15,0	407,6 ab $\pm$ 11,6	4,48

Médias seguidas das mesmas letras nas mesmas linhas não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey. ITU – índice de temperatura e umidade; ITGU – índice de temperatura de globo e umidade; h – entalpia; CTR – carga térmica radiante.

Tabela 7 - Valores médios e desvio padrão dos índices de conforto térmico registrados no interior do curral de espera no turno da tarde

Variáveis	Tratamentos				CV (%)
	0 min	10 min	20 min	30 min	
ITU	77,8 a $\pm$ 2,66	75,3 b $\pm$ 1,97	73,5 c $\pm$ 1,44	73,0 c $\pm$ 1,26	3,51
ITGU	81,3 a $\pm$ 4,19	72,5 b $\pm$ 1,45	71,5 b $\pm$ 1,32	70,8 b $\pm$ 1,30	6,41
h (KJ kg <sup>-1</sup> )	70,5 a $\pm$ 4,13	68,7 b $\pm$ 3,62	66,9 c $\pm$ 3,55	65,8 d $\pm$ 3,65	5,87
CTR (W m <sup>-2</sup> )	534,4 a $\pm$ 49,83	388,3 b $\pm$ 35,82	390,3 b $\pm$ 33,12	397,5 b $\pm$ 29,28	16,35

Médias seguidas das mesmas letras nas mesmas linhas não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey. ITU – índice de temperatura e umidade; ITGU – índice de temperatura de globo e umidade; h – entalpia; CTR – carga térmica radiante.

#### 4.2.1 - Índice de temperatura e umidade

Os tratamentos 0, 10 e 20 min apresentaram valores de ITU no interior do curral de espera superiores aos do ambiente externo, fato que ocorreu devido à aglomeração e à geração de calor pelos animais, dentro do curral de espera, promovendo acréscimo da temperatura ambiente e, conseqüentemente, aumento do ITU nesse horário; já no tratamento 30 min, o ITU se equiparou ao ambiente externo (Figura 27A). A diferença do ITU entre o ambiente interno e externo foi da ordem de 2,0; 1,0; 0,8 e 0,0 unidades, no turno da manhã, para os tratamentos 0, 10, 20 e 30 min, respectivamente. Para o turno da tarde, diferentemente do turno da manhã, o ambiente externo encontrava-se com valores acima dos observados para o ambiente interno ao curral de espera (Figura 27B). Portanto, nesse horário o SRAE foi eficiente na redução do ITU, com valores de redução da ordem de 1,0; 3,5; 5,3 e 5,5 unidades, para os tratamentos 0, 10, 20 e 30 min, respectivamente.

Estes resultados corroboram os resultados obtidos por Arcaro Júnior et al. (2005), que observaram ITU de 74,9 em curral de espera para vacas em lactação, no turno da tarde e, após a permanência dos animais, por 30 min, no curral de espera climatizado, o ITU reduziu para 70,2. Os equipamentos de climatização no curral de espera foram acionados quando a temperatura ambiente era igual ou superior a 25 °C.

Estes valores ficaram abaixo dos obtidos por Perissinotto et al. (2006), que encontraram ITU de 76,6; 75,1 e 74,4, respectivamente, para o ambiente externo, *freestall* equipado com SRAE por ventilação forçada e aspersão e *freestall* equipado com SRAE por ventilação forçada e nebulização, para vacas em lactação, no intervalo das 9 às 17 h.

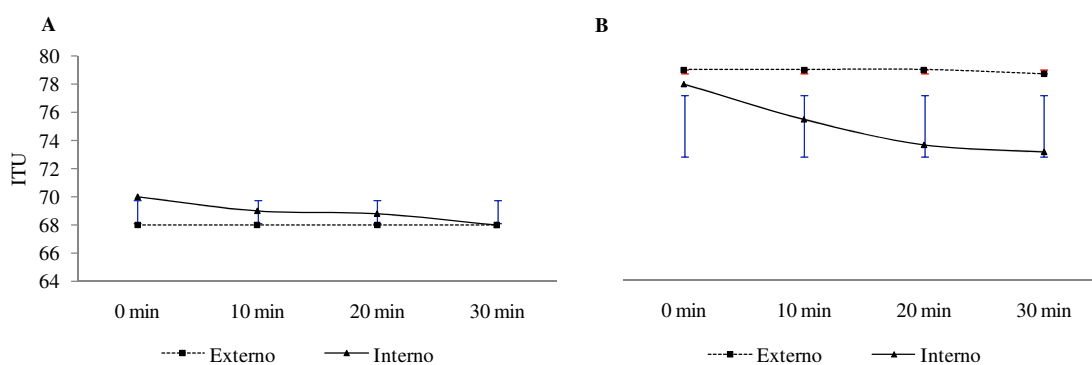


Figura 27 - Médias e desvio padrão do índice de temperatura e umidade nos diferentes tratamentos e no ambiente externo nos turnos da manhã (A) e da tarde (B).

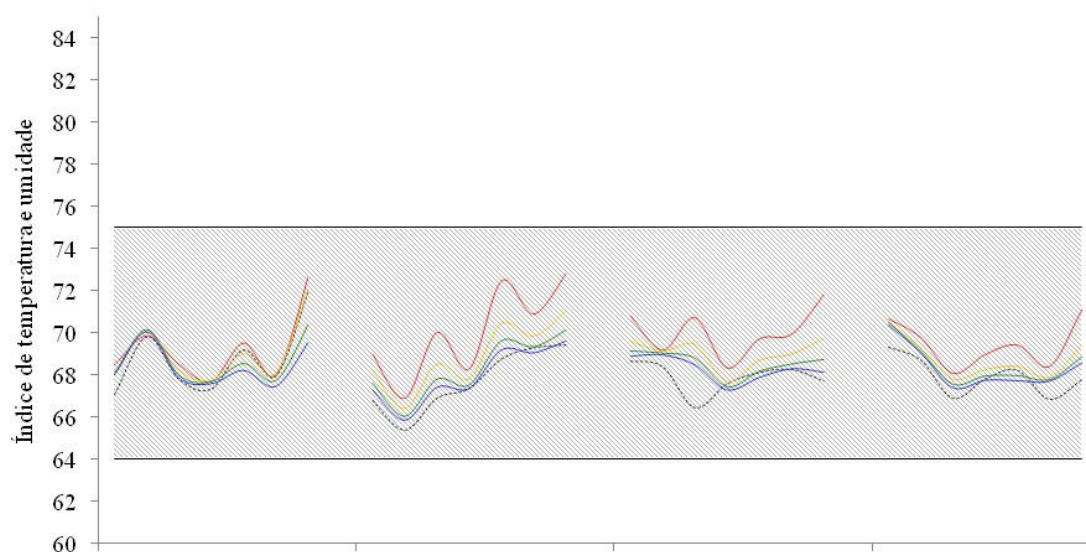


Observa-se, na figura 28, a variação do índice de temperatura e umidade nos turnos da manhã (A) e da tarde (B). Igono et al. (1992) determinaram, para vacas da raça holandesa em clima quente e seco (Arizona - USA), valores críticos mínimo, médio e máximo de ITU de 64, 72 e 76, respectivamente.

Esses indicativos demonstram que a condição de conforto no curral de espera foi atendida em todos os tratamentos no turno da manhã; no entanto, para o turno da tarde, verifica-se, no tratamento 10 min, que em 50% dos dias estudados o valor de ITU esteve acima de 75, enquanto, que no tratamento 20 min, apenas 7%. O único tratamento que condicionou o curral de espera dentro dos limites estabelecidos (64 a 75), durante toda a etapa experimental, foi aquele em que os animais ficaram submetidos, durante 30 min a climatização.

Martello et al. (2004a) observaram, às 8 h, médias de ITU da ordem de 72,2; 71,8 e 71,8, respectivamente, para instalações sem climatização, com climatização por ventilação e aspersão, e cobertura com tela de sombreamento. Às 13 h, a média do tratamento climatização por ventilação e aspersão foi menor ( $P < 0,01$ ) que a dos tratamentos sem climatização e cobertura de tela de sombreamento, 75,7; 79,4 e 79,5, respectivamente.

A



B

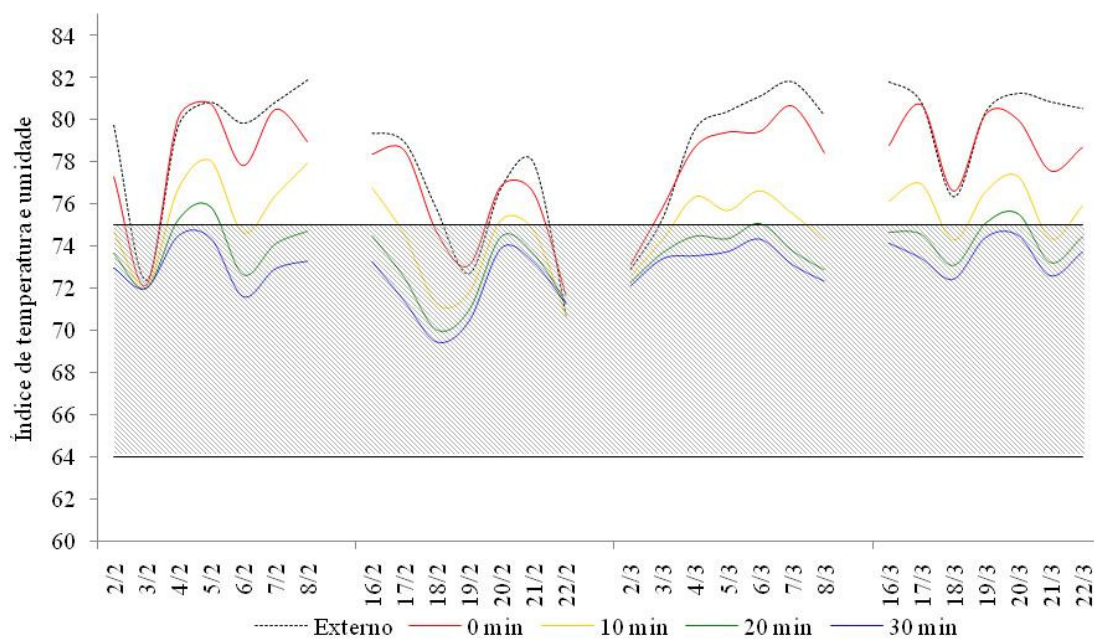


Figura 28 - Variação do índice de temperatura e umidade nos diferentes tratamentos e no abrigo meteorológico (ambiente externo) no turno da manhã (A) e tarde (B).

De maneira geral, constatou-se que os equipamentos de climatização possibilitaram satisfatório condicionamento ambiental durante o tempo de permanência dos animais no curral de espera, por 30 min, no turno da tarde, com valores de  $T_{bs}$  (Figura 22B) e ITU (Figura 28B) abaixo dos limites críticos superiores ( $26\text{ }^{\circ}\text{C}$  e 75 unidades), respectivamente, citados por Perissinotto (2007) e Azevedo et al. (2005).

Esse fato confirma que o SRAE tem a finalidade de promover melhorias no ambiente físico da instalação.

#### 4.2.2 - Índice de temperatura de globo e umidade

No turno da manhã, os tratamentos 0, 10, 20 e 30 min apresentaram valores de ITGU no interior do curral de espera superiores aos do ambiente externo (Figura 29A). A diferença do ITGU entre o ambiente interno e externo foi da ordem de 2,0; 0,5; 0,0 e 0,3 unidades, para os tratamentos 0, 10, 20 e 30 min, respectivamente. Para o turno da tarde, o ambiente externo apresentou valores acima dos observados no curral de espera (Figura 29B). O aumento da temperatura da vizinhança, registrada pelo globo negro, faz com que ele receba mais energia do ambiente circundante, acarretando elevação da sua temperatura, com conseqüente elevação nos valores de ITGU. Portanto, o SRAE foi eficiente na redução do ITGU, com valores de redução da ordem de 5,2; 13,5; 13,5 e 14,5 unidades, para os tratamentos 0, 10, 20 e 30 min, respectivamente.

Martello (2002) apontou valores de ITGU da ordem de 72, 73,2 e 74,2 unidades para o turno da manhã (8 h) e 80,9, 76,7 e 80,7 unidades para o turno da tarde (13 h), respectivamente, para os tratamentos instalação sem climatização, instalação climatizada (nebulização e ventilação) e instalação com malha de sombreamento. Perissinotto et al. (2006) verificaram ITGU < 76 unidades no turno da tarde, em *freestall* de vacas em lactação equipado com SRAE por nebulização e ventilação.

Vilela (2008), trabalhando com vacas em lactação, verificou ITGU de 78,9; 74,5 e 72,5 unidades, respectivamente, para o ambiente externo, estábulo sem climatização e estábulo climatizado por nebulização e ventilação.

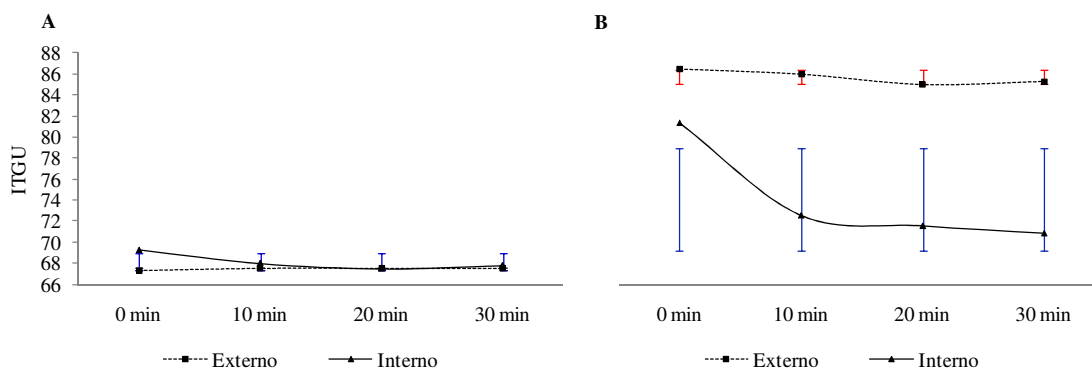
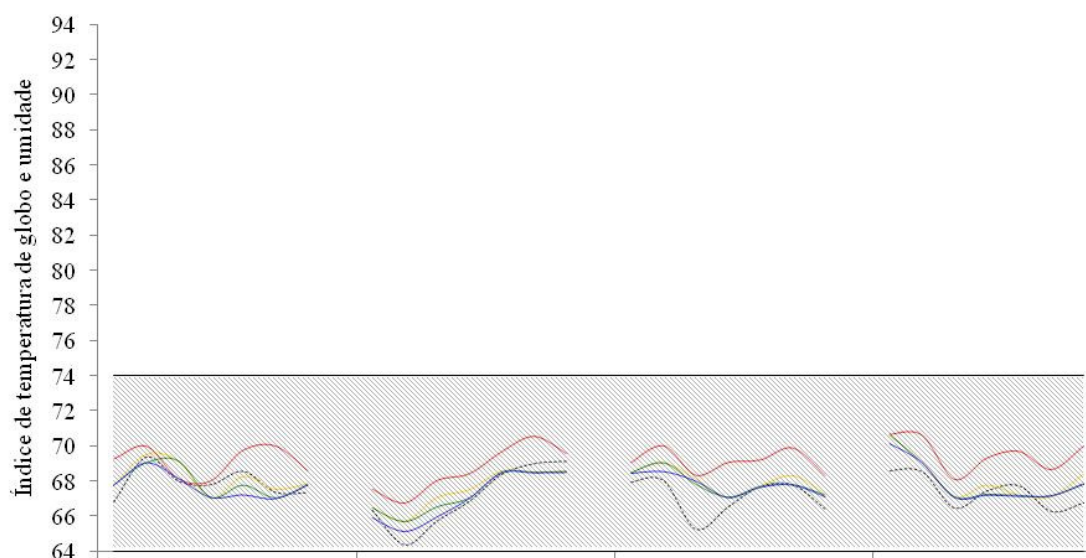


Figura 29 - Médias e desvio padrão do índice de temperatura de globo e umidade nos diferentes tratamentos e no ambiente externo no turno da manhã (A) e da tarde (B).

Para o turno da manhã, os resultados apontam que todos os tratamentos avaliados atenderam a condição de conforto no curral de espera (Figura 30A); no entanto, para o turno da tarde (Figura 30B), nota-se que o tratamento 0 min esteve acima do limite considerado crítico superior para o ITGU. O tratamento 10 min apontou 18% dos dias estudados, valor de ITGU acima de 74, enquanto que no tratamento 20 min foi de apenas 4% o único tratamento que condicionou o curral de espera abaixo do limite superior (74), que indica condição de conforto para os animais, de acordo com a classificação de Baêta e Souza (1997), durante toda a etapa experimental, foi aquele em que os animais ficaram submetidos por 30 min à climatização. Estes resultados estão de acordo com os de Arcaro Júnior et al. (2005), que obtiveram redução de 4,7 unidades de ITGU no curral de espera equipado com SRAE para vacas em lactação, durante 30 minutos, e de Vilela (2008) que obteve redução de 6,4 unidades com a utilização do SRAE em estábulo livre para vacas em lactação.

A



B

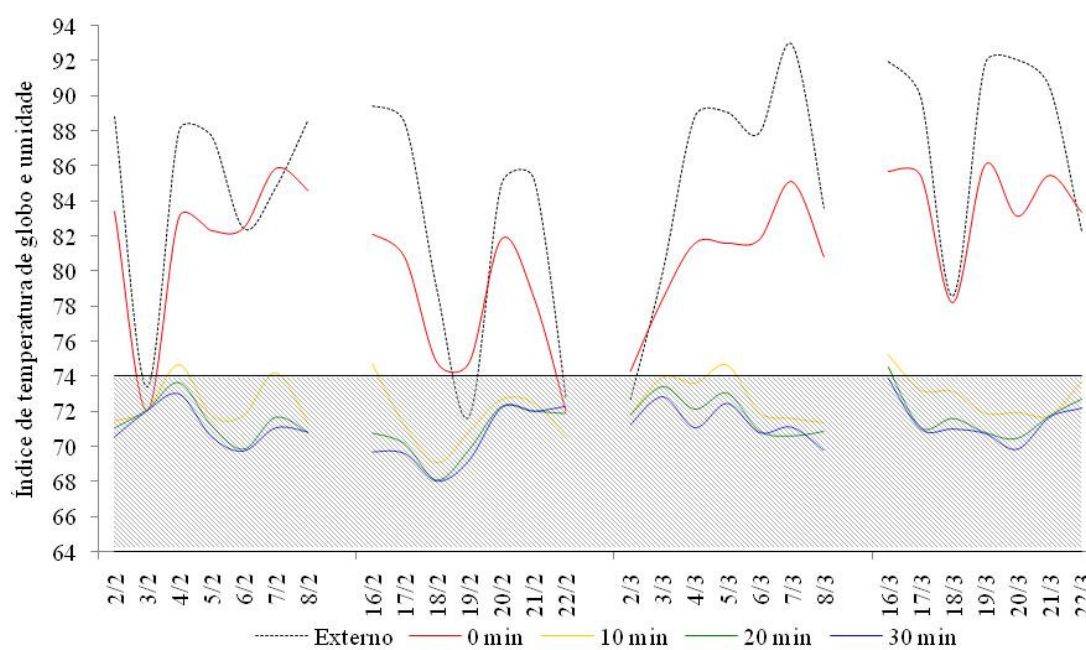


Figura 30 - Variação do índice de temperatura de globo e umidade nos diferentes tratamentos e no abrigo meteorológico (ambiente externo) nos turnos da manhã (A) e da tarde (B).

#### 4.2.3 - Entalpia

Os valores médios de entalpia (h) permaneceram na faixa considerada de conforto para vacas em lactação, tanto no turno da manhã como no da tarde; sua variação pode ser observada na figuras 31A e 31B, respectivamente.

No turno da manhã, os tratamentos 0, 10, 20 e 30 min apresentaram valores de entalpia no interior do curral de espera superiores aos do ambiente externo. A diferença da entalpia entre os ambientes foi da ordem de 3,8; 2,7; 2,1 e 2,0 KJ kg<sup>-1</sup> de ar seco, para os tratamentos 0, 10, 20 e 30 min, respectivamente (Figura 31A).

Para o turno da tarde, foi verificado que o ambiente externo encontrava-se com valores acima dos observados para o interior do curral de espera (Figura 31B), com diferenças, entre os ambientes, da ordem de 3,0; 4,8; 6,6; e 7,7 KJ kg<sup>-1</sup> de ar seco, para os tratamentos 0, 10, 20 e 30 min, respectivamente, evidenciando a eficiência do sistema de nebulização adotado. A utilização do sistema de climatização promoveu redução significativa (P<0,05) na entalpia entre os tratamentos 20 min (66,9 KJ kg<sup>-1</sup> de ar seco) e 30 min (65,8 KJ kg<sup>-1</sup> de ar seco), estes permaneceram abaixo do valor crítico (67,4 KJ kg<sup>-1</sup> de ar seco) para esse índice de conforto térmico, obtido para Tbs de 26 °C e UR do ar de 70% (BARBOSA FILHO et al., 2007), e apresentando valores significativamente inferiores (P<0,05) aos tratamentos 0 min (70,5 KJ kg<sup>-1</sup> de ar seco) e 10 min (68,7 KJ kg<sup>-1</sup> de ar seco).

As médias de entalpia observadas neste estudo para o turno da tarde estão abaixo das obtidas por Martello et al. (2004a), que verificaram, às 13 h, valores de 74,1; 71,2 e 70,8 kJ kg<sup>-1</sup> de ar seco, para instalações sem climatização, instalação com climatização (ventilação e aspersão) e instalação com cobertura de tela de sombreamento, respectivamente, para vacas em lactação.

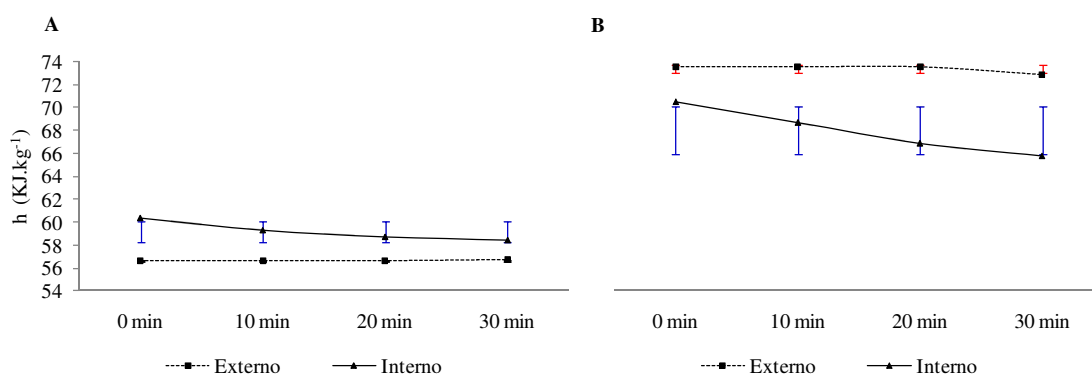
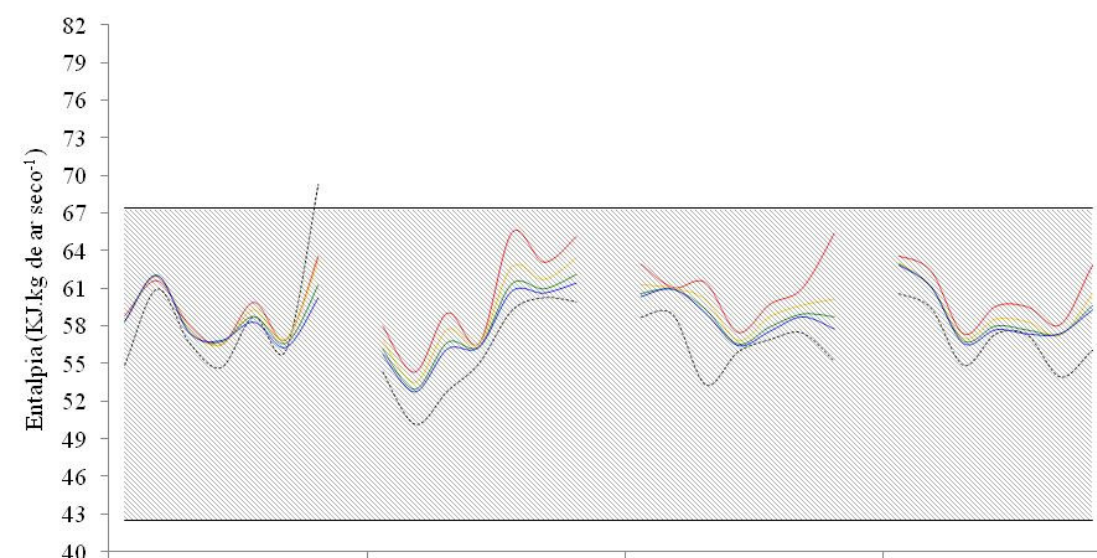


Figura 31 - Médias e desvio padrão da entalpia, nos diferentes tratamentos e no ambiente externo nos turnos da manhã (A) e tarde (B).

Para certificar-se das informações citadas acima, procurou-se representar as condições entálpicas no curral de espera e no ambiente externo, durante o período experimental, como se pode observar nas figuras 32A (manhã) e 31B (tarde).

A



B

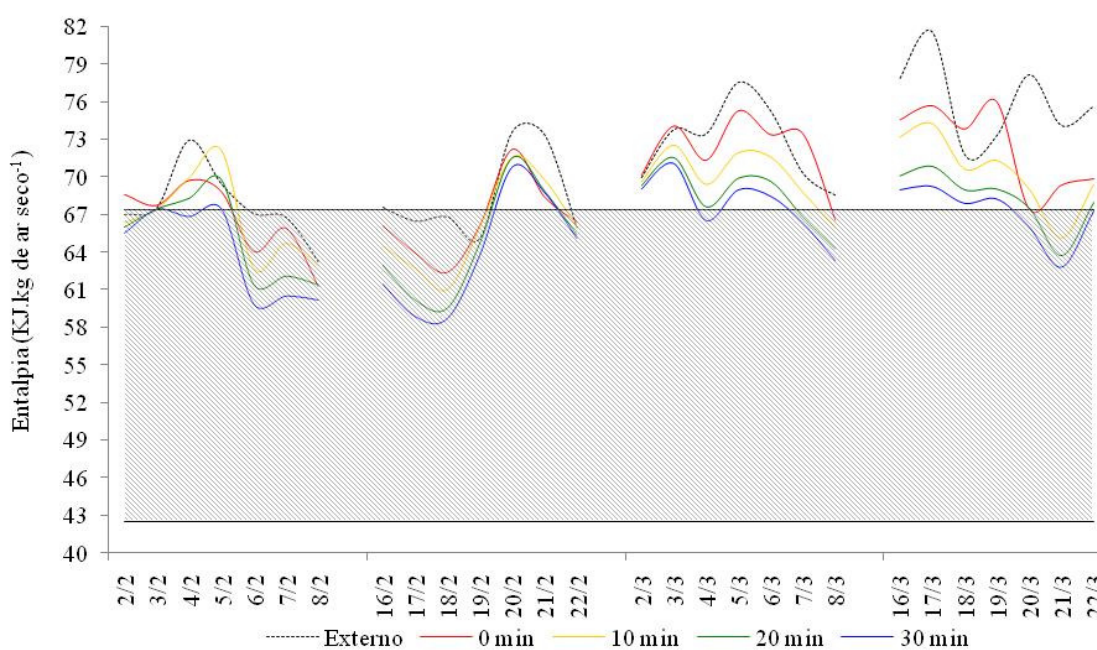


Figura 32 - Variação da entalpia nos diferentes tratamentos e no abrigo meteorológico (ambiente externo) no turno da manhã (A) e tarde (B).

Os resultados apontam que a condição de conforto no curral de espera foi atendida em todos os tratamentos no turno da manhã (Figura 32A); no entanto, para o turno da tarde (Figura 32B), nos tratamentos 0 e 10 min, em 61% dos dias estudados, o valor da  $h$  esteve acima do limite crítico ( $67,4 \text{ KJ kg}^{-1}$  de ar seco); no tratamento 20 min em 53% dos dias avaliados esteve acima do valor recomendado, enquanto no tratamento em que os animais ficaram submetidos durante 30 min a climatização, apresentou 32%.

As variações da entalpia observadas nesse estudo para o tratamento 30 min no turno da tarde, corroboram com Araújo (2001), que verificou no turno da tarde (13 h) em 27,8% dos dias avaliados valores acima do limite crítico ( $67,4 \text{ KJ kg}^{-1}$  de ar seco) para instalações do tipo *freestall* com sistema de climatização, para vacas holandesas em lactação. Ainda segundo Araújo (2001), esse resultado demonstra a capacidade dessas instalações funcionarem como proteção contra a radiação solar e, provavelmente, o fato de terem ocorrido valores desconfortantes para os animais, deve-se ao manejo incorreto dos instrumentos de apoio, como ventilador e nebulizador, pois não existia um controle preciso da temperatura e umidade ambiente para serem ligados ou desligados.

#### 4.2.4 - Carga térmica radiante

No turno da manhã, os tratamentos 10, 20 e 30 min apresentaram valores de CTR no interior do curral de espera inferiores aos do ambiente externo. O tratamento 0 min superou em  $7,2 \text{ W m}^{-2}$  o ambiente externo (Figura 33A), a diferenças da CTR entre os ambientes foi da ordem de 3,6; 10,6; e  $2,6 \text{ W m}^{-2}$ , para os tratamentos 10, 20 e 30 min, respectivamente. Para o turno da tarde, o ambiente externo apresentou valores acima dos observados para o curral de espera (Figura 33B), com diferenças entre os ambientes da ordem de 67,6; 296,8; 262,2 e  $272,2 \text{ W m}^{-2}$ , para os tratamentos 0, 10, 20 e 30 min, respectivamente.

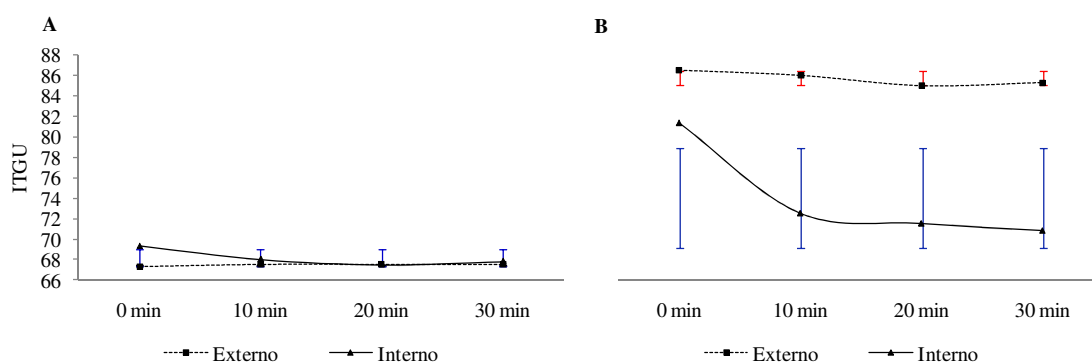


Figura 33 - Médias e desvio padrão da carga térmica radiante, nos diferentes tratamentos e no ambiente externo, analisados no turno da manhã (A) e tarde (B).

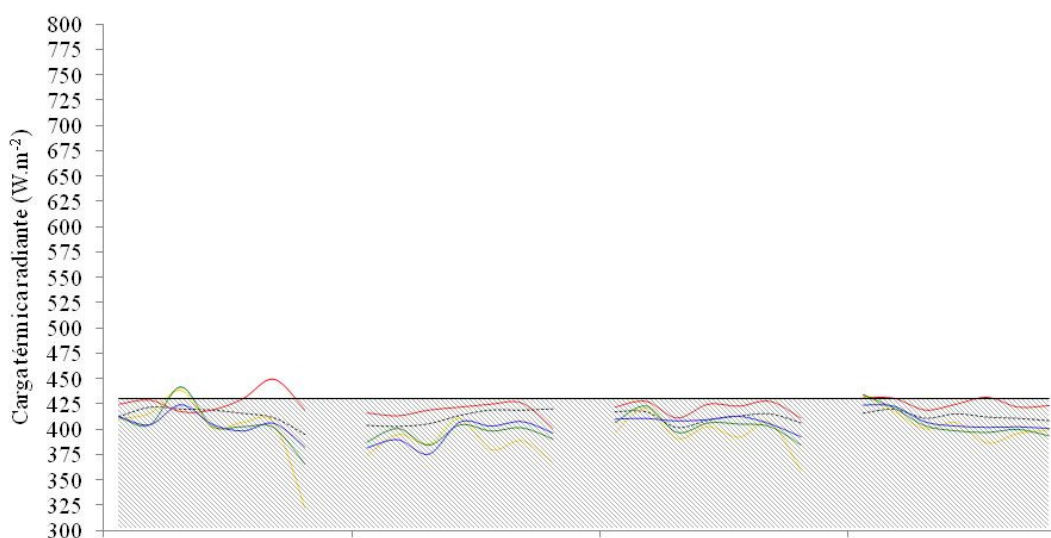
Os valores médios verificados para os tratamentos 10, 20 e 30 min de climatização para o turno da manhã estão abaixo dos valores ( $464 \text{ W m}^{-2}$ ), obtido em sombrite, ( $440 \text{ W m}^{-2}$ ) obtido em curral de espera e ( $430 \text{ W m}^{-2}$ ) obtido em galpão, por



Arcaro Júnior (2000), Silva et al. (2002) e Araújo (2002), respectivamente, utilizando-se, em todos os trabalhos, sistema de climatização composto por nebulização e ventilação para bovinos leiteiros (Figura 34A).

Os tratamentos (10, 20 e 30 min) tiveram efeito positivo na redução da CTR, quando comparados com o tratamento sem climatização e o ambiente externo, que superaram o valor limite recomendado ( $464 \text{ W m}^{-2}$ ). Isso se justifica pelo efeito positivo dos equipamentos, principalmente no turno da tarde, onde as diferenças entre a adoção ou não do SRAE foram maiores (Figura 34B).

A



B

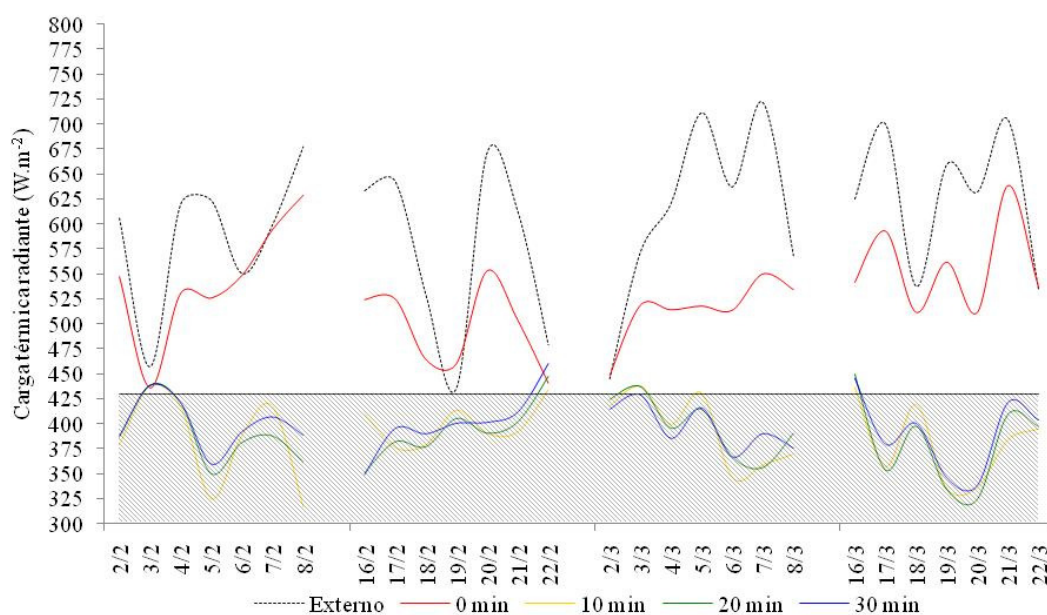


Figura 34 - Variação da carga térmica radiante nos diferentes tratamentos e no abrigo meteorológico (ambiente externo) no turno da manhã (A) e tarde (B).

### 4.3 - Análise dos parâmetros fisiológicos

A análise das médias para FR não apontou diferença significativa ( $P>0,05$ ) entre os tratamentos (10, 20 e 30 min); no entanto, verifica-se diferença significativa ( $P<0,05$ ), quando comparados com o tratamento 0 min, apresentando valores na ordem de 27,8; 28,0; 25,8 e 36,0 mov  $\text{min}^{-1}$ , respectivamente, para o turno da manhã, embora estes valores de FR para vacas em lactação (Tabela 8) sejam considerados normais, de acordo com Hahn et al. (1997), vez que se situam entre 18 e 60 mov  $\text{min}^{-1}$ .

No turno da tarde também não foram constatadas diferenças ( $P>0,05$ ) entre os tratamentos com climatização (10, 20 e 30 min), mostrando efeito significativo ( $P<0,05$ ) apenas quando comparados ao sem climatização (0 min), apresentando valores da ordem de 39,5; 37,0; 35,3 e 61,5 mov  $\text{min}^{-1}$ , respectivamente (Tabela 9). Tais resultados estão de acordo com os estudos realizados por Arcaro Júnior et al. (2005) e Silva et al. (2002), que também verificaram redução na FR (de 42,0 para 38,0 mov. $\text{min}^{-1}$ ) e (de 75,83 para 60,08 mov  $\text{min}^{-1}$ ), respectivamente, para vacas em lactação da raça holandesa que tiveram acesso ao curral de espera equipado com SRAE, durante 30 e 40 minutos de exposição, respectivamente, na pré-ordenha da tarde.

Verifica-se que a frequência respiratória média dos animais, pela manhã, foi menor que à tarde, para todos os tratamentos, uma vez que o animal tem maior facilidade de dissipar calor durante a noite e, por conseguinte, de estar termicamente mais confortável pela manhã. Contudo, a frequência respiratória animal é o indicador mais sensível de desconforto térmico animal, sendo que, no turno da tarde, a FR tende a aumentar, de acordo com a maneira como cada animal consegue interagir com seu ambiente. Desta forma, pode-se inferir que as condições térmicas ambientais propiciadas pelo sistema de climatização adotado foram benéficas na redução da frequência respiratória, ficando todos os tratamentos dentro do intervalo considerado normal, entre 18 e 60 mov  $\text{min}^{-1}$ , conforme Hahn et al. (1997), exceto no tratamento 0 min, no turno da tarde, que apresentou valor de 61,5 mov  $\text{min}^{-1}$ .

Para os valores médios da temperatura de pelame, foram constatadas diferenças significativas ( $P<0,05$ ) para os tratamentos com climatização 20 e 30 min (26,7 e 26,5 °C), quando comparados com 10 min (27,1 °C), e com o tratamento 0 min (30,1 °C), para o turno da manhã (Tabela 8). No turno da tarde, as médias da TP apresentaram redução significativa ( $P<0,05$ ) nos tratamentos 10, 20 e 30 min, quando comparadas com o tratamento 0 min, com valores da ordem de 31,9; 30,8; 29,8 e 38,5 °C,

respectivamente, não apresentando diferenças entre os tratamentos com climatização (Tabela 9).

No SRAE, quando a água umedece a pelagem e a pele, as vacas são arrefecidas inicialmente por condução e posteriormente também por evaporação da água da pele, num valor correspondente ao calor latente de vaporização e aos gramas de água evaporados (BACCARI JÚNIOR, 1998). A ventilação forçada pode incrementar esta perda de calor, devido à convecção, que incrementa a velocidade de vaporização e conduz a um aumento da dissipação de calor e, por consequência, a uma redução mais acentuada da temperatura corporal (PINHEIRO et al., 2005).

Os valores médios obtidos nos tratamentos 10, 20 e 30 min de climatização no turno da tarde estão ligeiramente abaixo dos valores de 32,5 e 31,9 °C, respectivamente, obtidos por Perissinotto et al. (2006) e Matarazzo (2004), utilizando sistema de climatização para bovinos leiteiros.

Segundo Silva et al. (2001), a quantidade de radiação transmitida por meio do pelame depende da coloração e também das características estruturais do pelame (espessura da capa; comprimento, diâmetro, número e inclinação dos pelos), pelas quais é definido o trajeto médio de um fóton pela massa de pelos (L).

A TR, em ambos os tratamentos, no turno da manhã manteve-se dentro dos valores fisiológicos normais (38 a 39 °C) sugeridos por Du Perez (2000), e não foram constatadas diferenças significativas ( $P>0,05$ ) para os valores médios nos tratamentos (0, 10, 20 e 30 min), com valores da ordem de 38,2; 38,2; 38,1 e 38,0 °C, respectivamente (Tabela 8).

Os valores médios no turno da tarde (Tabela 9) apresentaram diferenças significativas ( $P<0,05$ ) na TR, entre o tratamento 0 min (39,1 °C) e 30 min de climatização (38,7 °C), com redução de 0,4 °C, verificando-se ainda elevação de 0,1 °C para o tratamento sem climatização, sob o limite considerado normal para TR (38 a 39 °C), sugerido por Du Perez (2000). Resultados semelhantes foram verificados por Pinheiro et al. (2005), que trabalharam com sala de espera climatizada, com exposição de vacas da raça jersey em lactação, por 30 min (38,59 °C) e testemunha sem climatização (39,11 °C), apresentando redução de (0,52 °C) e Silva et al. (2002), trabalhando com curral de espera climatizado, com exposição de vacas da raça holandesa em lactação, por 40 min (38,9 °C) e testemunha sem climatização (39,15 °C) apresentando redução de 0,25 °C. Já Arcaro Júnior et al. (2005) não verificaram

decréscimo na TR, trabalhando com sala de espera climatizada, com exposição de vacas da raça holandesa, por 30 min.

Segundo Mota (1997), o aumento da TR mostra que os mecanismos de liberação de calor tornaram-se insuficientes para manter a homeotermia. Entretanto, para os tratamentos 10, 20 e 30 min, no turno da tarde, a TR permaneceu dentro da faixa considerada normal, o que indica que o SRAE foi eficiente na manutenção das respostas fisiológicas dos animais ao condicionamento do microclima interno da instalação (Tabela 9).

Tabela 8 - Valores médios e desvio padrão dos parâmetros fisiológicos avaliados nos diferentes tratamentos, no turno da manhã

Variáveis	Tratamentos				CV (%)
	0 min	10 min	20 min	30 min	
FR (mov min <sup>-1</sup> )	36,0 a±1,51	27,8 b±0,50	28,0 b±0,53	25,8 b±0,50	17,99
TP (°C)	30,1 a±1,07	27,7 b±1,05	26,7 c±1,01	26,5 c±1,05	6,47
TR (°C)	38,2 a±0,16	38,2 a±0,14	38,1 a±0,18	38,0 a±0,21	0,47

Médias seguidas das mesmas letras nas mesmas linhas não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey. FR – frequência respiratória; TP – temperatura de pelame; TR – temperatura retal.

Tabela 9 - Valores médios e desvio padrão dos parâmetros fisiológicos avaliados nos diferentes tratamentos, no turno da tarde

Variáveis	Tratamentos				CV (%)
	0 min	10 min	20 min	30 min	
FR (mov min <sup>-1</sup> )	61,5 a±13,38	39,5 b±10,24	37,0 b±7,23	35,3 b±8,07	33,31
TP (°C)	38,5 a±5,80	31,9 b±2,07	30,8 b±1,60	29,8 b±2,23	14,61
TR (°C)	39,1 a±0,22	38,9 ab±0,21	38,9 ab±0,25	38,7 b±0,16	0,59

Médias seguidas das mesmas letras nas mesmas linhas não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey. FR – frequência respiratória; TP – temperatura de pelame; TR – temperatura retal.

#### 4.3.1 - Frequência respiratória

Na figura 35 estão representadas as diferenças dos valores da FR antes e depois da climatização no curral de espera, para os tratamentos nos intervalos correspondentes ao registro de dados, no turno da manhã (A) e tarde (B).

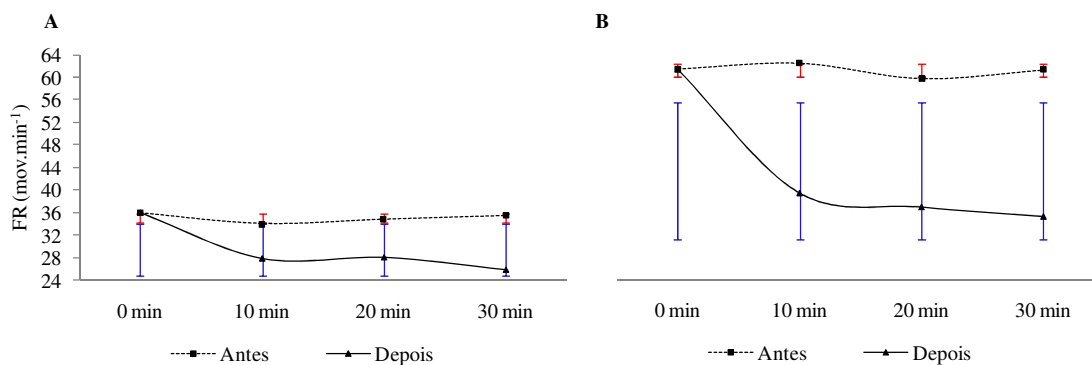


Figura 35 - Médias e desvio padrão da frequência respiratória, antes e depois da climatização, nos diferentes tratamentos, no turno da manhã (A) e da tarde (B).

Os tratamentos 10, 20 e 30 min não apresentaram indicativo de estresse (Figura 35A), mesmo assim o SRAE foi eficiente na redução da FR, com valores da ordem de 6,2; 6,8 e 9,7  $\text{mov min}^{-1}$ , no turno da manhã, para os tratamentos 10, 20 e 30 min, respectivamente. Para o turno da tarde (Figura 35B), esta redução na FR foi mais pronunciada, devido ao potencial de redução da temperatura ambiente no curral de espera, por meio do processo de resfriamento adiabático evaporativo, com valores de redução da ordem de 23,0; 22,8 e 26,0  $\text{mov min}^{-1}$ , para os tratamentos 10, 20 e 30 min, respectivamente, pois o microclima proporcionado pelo efeito dos ventiladores e nebulizadores garantiu o conforto térmico dos animais.

Estas reduções na FR foram próximas aos resultados encontrados por Silva et al. (2002), que também verificaram redução na FR (15,75  $\text{mov min}^{-1}$ ), para vacas em lactação da raça holandesa com acesso a curral de espera equipado com SRAE, durante 40 minutos de exposição, na pré-ordenha da tarde.

Esses resultados demonstram que as vacas que não receberam climatização no curral de espera necessitam ativar com mais intensidade seu mecanismo termorregulador que os animais que passaram pelo sistema de climatização, visando à dissipação do calor corporal pelas vias respiratórias, em virtude de condições ambientais mais quentes.

#### 4.3.2 - Temperatura da superfície do pelame

Os animais submetidos à climatização no curral de espera apresentaram sensível redução na temperatura do pelame (TP). Os tratamentos 10, 20 e 30 min, no turno da manhã, apresentam redução da TP de 1,8; 2,8 e 2,7  $^{\circ}\text{C}$ , respectivamente, quando

comparados aos animais antes da climatização (Figura 36A). Para o turno da tarde (Figura 36B), a redução na TP foi mais evidente, com valores da ordem de 5,8; 6,1 e 7,0 °C para os tratamentos 10, 20 e 30 min, respectivamente, comparados ao tratamento sem climatização, sendo que nesse horário o efeito dos agentes estressores é mais intenso.

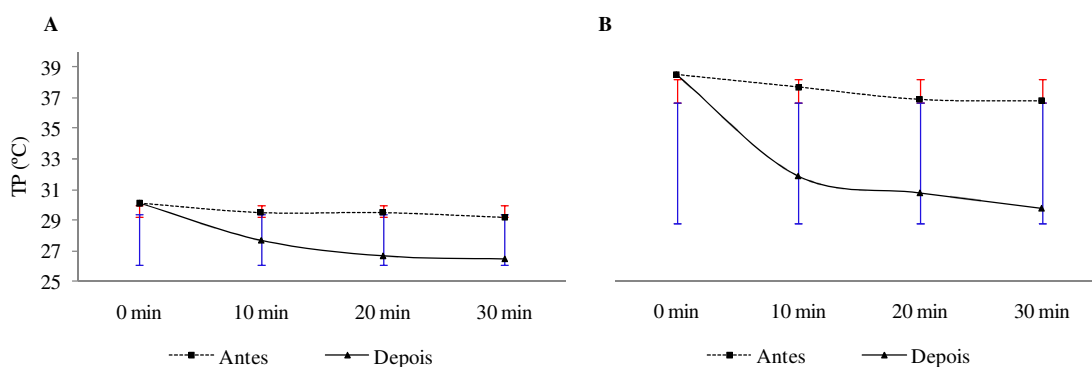


Figura 36 - Médias e desvio padrão da temperatura da superfície do pelame, antes e depois da climatização, nos diferentes tratamentos analisados no turno da manhã (A) e da tarde (B).

O pelame representa a fronteira entre o ambiente climático e o corpo dos animais, podendo, desta forma, influenciar o balanço térmico. O papel termorregulador do pelame pode ser dividido em dois componentes: proteção contra o excesso de absorção da radiação solar e dissipação do calor da superfície do animal (SILVA, 2000).

#### 4.3.3 - Temperatura Retal

A Figura 37 (A) e (B) mostra os valores médios das reduções observados na TR no turno da manhã (0,0; 0,2 e 0,3 °C) e tarde (0,1; 0,0 e 0,2 °C), para os tratamentos 10, 20 e 30 min de climatização, respectivamente, comparados aos animais antes da climatização.

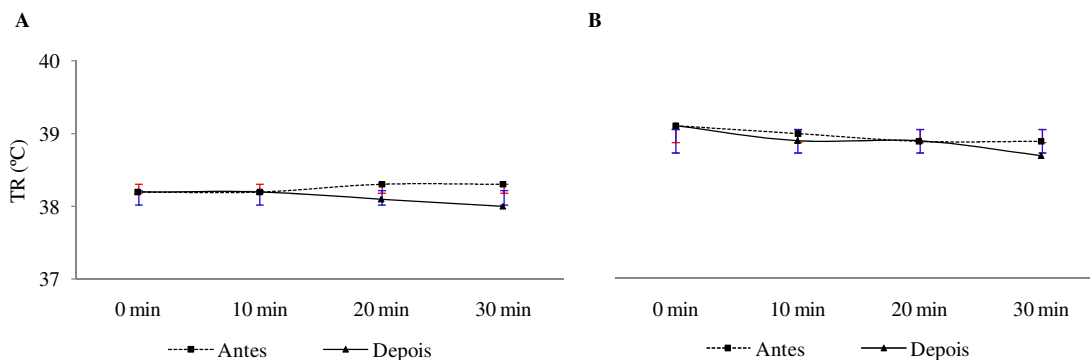


Figura 37 - Médias e desvio padrão da temperatura retal, antes e depois da climatização, nos diferentes tratamentos analisados nos turnos da manhã (A) e da tarde (B).

A TR normalmente representa a quantidade de calor constante no corpo do animal. Maior TR, após determinado período, normalmente indica uma maior dificuldade do animal dissipar calor para o ambiente, o que é bastante desconfortável para ele (Araújo, 2002). Este fato não foi observado com a utilização do SRAE, pois, houve redução (0,4 °C) significativa ( $P < 0,05$ ) na TR, no turno da tarde (Tabela 9), para o tratamento 30 min, em comparação com a testemunha (0 min), evidenciando que o sistema utilizado neste trabalho foi capaz de reduzir o estresse animal durante a climatização no curral de espera.

#### 4.4 - Produção de leite

A figura 38 mostra os valores médios da produção de leite (PL) diária e suas diferenças estatísticas pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ), obtidas a partir da comparação entre as médias de produção nos tratamentos com climatização (10, 20 e 30 min) e sem climatização (0 min).

Observa-se, na figura 38, que o maior nível de PL foi apresentado pelos animais submetidos ao tratamento 30 min, seguido dos tratamentos 20 e 10 min de climatização, com valores da ordem de 18,311; 18,194 e 17,859 kg dia<sup>-1</sup>, respectivamente, com coeficiente de variação da produção diária de 4,49%. O tratamento sem climatização (0 min) apresentou produção de 17,546 kg dia<sup>-1</sup>. Verifica-se, que mesmo com aumento na produção diária de leite da ordem de 0,313; 0,648 e 0,765 kg de leite vaca<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>, correspondente ao acréscimo de 1,78; 3,68 e 4,35% para os tratamentos 10, 20 e 30 min, respectivamente, não houve diferenças significativas ( $P > 0,05$ ) entre os tratamentos com climatização e sem climatização. Esses resultados estão de acordo com Arcaro Júnior et

al. (2003), que não encontraram efeito significativo na PL diária em vacas holandesas submetidas à climatização no curral de espera, durante 30 minutos, gerando acréscimo de 3,45% na produção, quando comparada à dos animais que não receberam climatização no curral de espera. Apesar de ter ocorrido aumento na PL, foi inferior ao obtido por Silva et al. (2002), que registrou um acréscimo de 7,8% na produção de leite diária, trabalhando com vacas holandesas em curral de espera equipado com SRAE.

A ausência de diferenças significativas ( $P>0,05$ ) entre as médias diárias da PL nos tratamentos pode estar associada ao fato das vacas terem acesso a ambiente sombreado durante as horas mais quentes do dia. A diminuição da radiação direta recebida pelos animais reduziu o armazenamento de calor, com reflexos positivos na estabilidade da TR (Tabela 9).

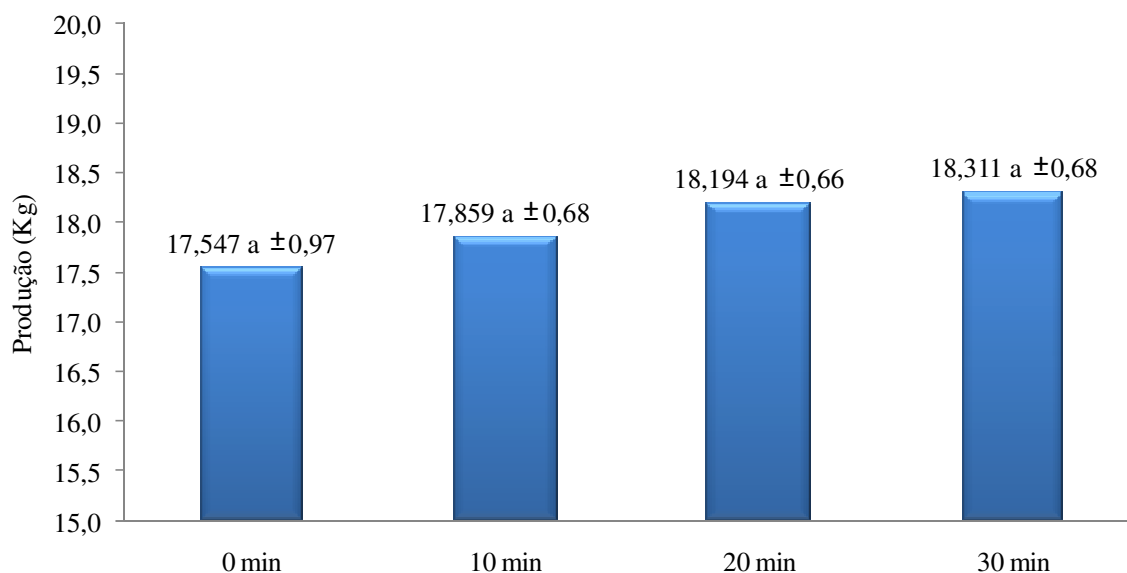


Figura 38 - Médias diárias e desvio padrão da produção de leite, nos diferentes tratamentos analisados.

Médias seguidas das mesmas letras não diferem, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Avaliando-se a produção separadamente, para o turno da manhã (Figura 39), verifica-se diferença significativa ( $P<0,05$ ) entre os tratamentos (20 e 30 min), quando comparados com o tratamento sem climatização. Os animais submetidos à climatização por 10 min não apresentaram diferença significativa, quando comparados com o tratamento sem climatização e com os tratamentos 20 e 30 min de climatização. O aumento na produção, comparativamente ao tratamento sem climatização, foi da ordem de 0,202; 0,525 e 0,638 kg, correspondente ao acréscimo de 2,16; 4,86 e 5,90% para os tratamentos 10, 20 e 30 min, respectivamente, com coeficiente de variação da produção



no turno da manhã de 6,20%. Esses resultados estão de acordo com os de Barbosa et al. (2004), que encontraram maior PL nas vacas que receberam água por aspersão, antes e após a ordenha, o suficiente para o umedecimento da superfície corporal ( $11,74 \text{ kg dia}^{-1}$ ), contra  $10,98 \text{ kg dia}^{-1}$  para as vacas que não receberam aspersão, confirmando o efeito benéfico da água no conforto térmico dos animais.

A PL no turno da tarde (Figura 39) não apresentou diferença significativa ( $P>0,05$ ) entre os tratamentos, com coeficiente de variação da produção no turno da tarde de 8,40%. O aumento verificado na produção de leite, comparativamente ao tratamento sem climatização, foi da ordem de 0,109; 0,123 e 0,127 kg, correspondente ao acréscimo de 1,62; 1,82 e 1,88%, respectivamente, para os tratamentos 10, 20 e 30 min. Esses resultados divergem daqueles obtidos por Barbosa et al. (2004), que encontraram diferença significativa na PL de vacas que receberam água por aspersão, antes e após a ordenha (7,04 kg), contra 6,74 kg, para as vacas que não receberam aspersão.

Pinheiro et al. (2005), em pesquisa com vacas da raça Jersey, em sala de espera climatizada, não observaram efeito significativo na PL, apesar do aumento de 0,560 kg na PL diária.

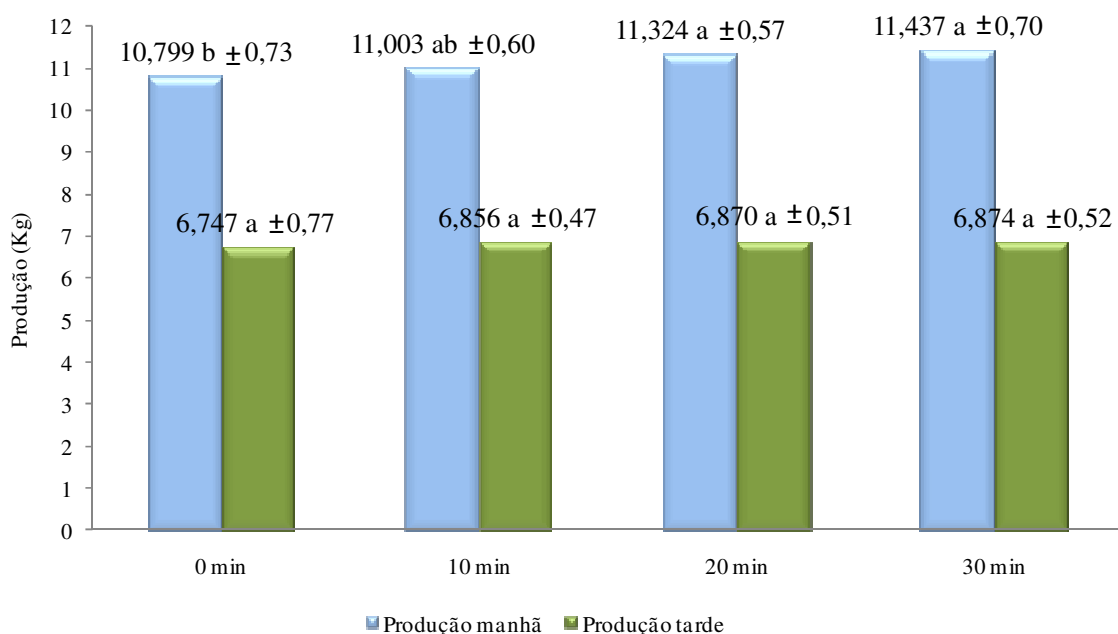


Figura 39 - Médias e desvio padrão da produção, nos diferentes tratamentos analisados no turno da manhã e tarde.

Médias seguidas das mesmas letras no mesmo turno, não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

A maior produção no tratamento 30 min relaciona-se principalmente ao melhor condicionamento térmico ambiental (Tabela 7), obtido com este tempo de exposição dos animais ao SRAE, com influência positiva nas respostas fisiológicas dos animais (Tabela 9).

#### 4.5 - Composição e contagem de células somáticas

Não houve diferença significativa ( $P>0,05$ ) para os valores médios dos componentes do leite analisado (gordura, proteína, lactose, sólidos totais e contagem de células somáticas), nos diferentes tratamentos (0, 10, 20 e 30 min), para o turno da manhã (Tabela 10). Esse resultado corrobora os observados por Arcaro Júnior et al. (2003), trabalhando com vacas em lactação que permaneceram por 30 min em curral de espera climatizado, e de Costa et al. (2006), que trabalharam com vacas em *freestall* climatizado. Ambos os autores não encontraram diferenças significativas na porcentagem de gordura, proteína, lactose e sólidos totais do leite, quando comparado com o leite de animais que não receberam climatização. Para a contagem de célula somáticas (CCS), também não foi observada diferença significativa para o turno da manhã, cujos resultados estão de acordo com os de Silva et al. (2009), que não encontraram diferença na CCS em vacas com acesso à sombra, quando comparadas com vacas sem acesso à sombra.

Os resultados do turno da tarde também não evidenciaram diferença significativa ( $P>0,05$ ) entre os tratamentos (0, 10, 20 e 30 min), para a composição do leite e a CCS (Tabela 11). Segundo Rodriguez et al. (1985), a falta de resposta significativa para a composição do leite pode ser atribuída ao curto espaço de tempo em que os animais foram expostos ao ambiente climatizado. E também, provavelmente, ao pequeno estresse imposto pelo ambiente no presente estudo, a julgar pelos valores de TR e FR das vacas, no turno da tarde (Tabela 9).

Os teores de lactose não foram afetados de forma significativa ( $P>0,05$ ) pelos diferentes tratamentos. Porém, foram constatados teores mais elevados nas vacas submetidas à climatização no curral de espera, nos turnos da manhã e tarde.

No turno da tarde (Tabela 11), observou-se em todos os tratamentos, CCS superior quando comparado ao turno da manhã (Tabela 10), devendo-se ao fato de que as aglomerações dos animais em áreas sombreadas, durante o verão, resultam em maior concentração de patógenos ambientais, superior a 10.000.000 germes grama<sup>-1</sup> de

matéria seca do solo (HARMON et al., 1992), considerando que o aumento da temperatura ambiente e da umidade relativa tendem a acelerar o seu desenvolvimento (HOGAN; SMITH, 1987). No intervalo entre a primeira e a segunda ordenha, horários de elevadas temperaturas e que antecedem a ordenha da tarde, os animais buscavam mais as áreas sombreadas, no intuito de evitar maior incidência de radiação solar. Com isso, é provável que houvesse maior possibilidade de contatos com patógenos, contribuindo para uma CCS superior no leite da ordenha da tarde.

Tabela 10 - Valores médios e desvio padrão da porcentagem de gordura, lactose, proteína, sólidos totais e contagem de células somáticas referentes aos tratamentos avaliados no turno da manhã

Parâmetros	Tratamentos				CV (%)
	0 min	10 min	20 min	30 min	
Gordura (%)	3,08 a±0,29	2,64 a±0,48	2,88 a±0,38	2,74 a±0,58	16,12
Lactose (%)	4,421 a±0,11	4,497 a±0,14	4,512 a±0,12	4,521 a±0,13	2,76
Proteína (%)	2,715 a±0,14	2,695 a±0,09	2,705 a±0,05	2,662 a±0,07	3,41
Sólidos T. (%)	11,11 a±0,23	10,71 a±0,42	10,95 a±0,34	10,82 a±0,56	3,79
CCS (x1000)	190,4 a±133,6	144,3 a±104,4	207,4 a±128,9	118,2a±84,7	69,53

Médias seguidas das mesmas letras nas mesmas linhas não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey. Sólidos T. – sólidos totais; CCS – contagem de células somáticas.

Tabela 11 - Valores médios e desvio padrão da porcentagem de gordura, lactose, proteína, sólidos totais e contagem de células somáticas referentes aos tratamentos avaliados no turno da tarde

Parâmetros	Tratamentos				CV (%)
	0 min	10 min	20 min	30 min	
Gordura (%)	4,15 a±0,42	4,68 a±0,60	4,14 a±0,43	4,40 a±1,16	16,62
Lactose (%)	4,412 a±0,16	4,425 a±0,12	4,440 a±0,08	4,432 a±0,10	4,26
Proteína (%)	2,707 a±0,12	2,665 a±0,12	2,722 a±0,08	2,685 a±0,14	2,51
Sólidos T. (%)	12,19 a±0,42	12,70 a±0,62	12,22 a±0,44	12,45 a±1,11	5,66
CCS (x1000)	405,7 a±305,8	441,1 a±229,3	425,3 a±236,4	325,5 a±217,82	61,38

Médias seguidas das mesmas letras nas mesmas linhas não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey. Sólidos T. – sólidos totais; CCS – contagem de células somáticas.

Verificou-se, também, maior percentual de gordura no leite no turno da tarde (Tabela 11), quando comparado com o turno da manhã (Tabela 10). De acordo com a Embrapa (2009), na primeira ordenha as vacas produzem maior volume de leite, com

menor teor de gordura. Ao contrário, na segunda ordenha o leite é rico em gordura e a produção diminui. Portanto, o descanso no período noturno promove aumento na quantidade de leite conseqüentemente menor concentração do teor de gordura. No período diurno há maior concentração do teor de gordura devido à menor quantidade de leite produzido pelo animal.

#### 4.6 - Análise das variáveis comportamentais

##### 4.6.1 - Análise geral do comportamento animal

A tabela 12 apresenta a análise geral da frequência (Freq) das observações e o percentual (Perc) dos dados comportamentais dos animais em cada tratamento, no período das 7 às 17 horas, com exceção do intervalo entre o horário do segundo turno de ordenha (13 às 15 horas). As atividades observadas não apresentaram efeito significativo entre tratamentos ( $P > 0,05$ ), considerando-se as seguintes variáveis comportamentais: andando, bebendo, comendo, deitado, pé, ruminando deitado e ruminando em pé.

Tabela 12 - Frequência (Freq) e percentual (Perc) em que os animais permaneceram em cada atividade, nos tratamentos avaliados

Tratamentos		Comportamentos							Total
		A	B	C	D	P	RD	RP	
0 min	Freq	97	33	248	303	481	193	245	1600
	Perc	6,06	2,06	15,50	18,94	30,06	12,06	15,31	100
10 min	Freq	97	35	251	309	471	210	227	1600
	Perc	6,06	2,19	15,69	19,31	29,44	13,13	14,19	100
20 min	Freq	100	33	274	318	399	214	262	1600
	Perc	6,25	2,06	17,13	19,88	24,94	13,38	16,38	100
30 min	Freq	96	40	277	279	425	248	235	1600
	Perc	6,00	2,50	17,31	17,44	26,56	15,50	14,69	100
Total	Freq	390	141	1050	1209	1776	865	969	6400
	Perc	24,38	8,81	65,63	75,56	111,00	54,06	60,56	400
Qui-quadrado		G.L.							Probabilidade
26,675		18							0,085

Atividades comportamentais desenvolvidas pelos animais: andando (A); bebendo (B); comendo (C); deitado (D); pé (P); ruminando deitado (RD) e ruminando em pé (RP).

Verificou-se que a atividade de deslocamento do animal no campo (A), apresentou valores percentuais próximos, para os tratamentos (0, 10, 20 e 30 min), com valores da ordem de 6,06; 6,06; 6,25 e 6,00%, respectivamente (Tabela 12). A proximidade dos valores deve-se ao fato dos animais se encontrarem confinados, não sendo necessária intensa locomoção para que tivessem acesso às áreas de descanso, cochos de alimentação e bebedouros.

O acesso dos animais aos bebedouros foi mais expressivo pelas vacas submetidas ao tratamento 30 min, com frequência de 40 observações, correspondendo a 2,50% do percentual de tempo despendido pela atividade. Para os tratamentos 0, 10 e 20 min, os valores foram 2,06; 2,19 e 2,06%, respectivamente (Tabela 12). Essa resposta comportamental está de acordo com os resultados obtidos por Matarazzo et al. (2007), observando que animais submetidos a sistema de resfriamento por ventilação e nebulização passaram mais tempo na área de alimentação (72,5 e 60,7 minutos) e de bebedouro (12,7 e 8,3 minutos), correspondendo a 3,3 e 2,2% do tempo total, quando comparados com animais que não receberam resfriamento, respectivamente.

A baixa ingestão de água pelos animais em estudo está relacionada ao consumo de palma forrageira em sua dieta volumosa. Segundo Pessoa et al. (2004), a palma forrageira é um alimento succulento: além de ser um alimento verde, atende grande parte da exigência dos animais por água.

O hábito do consumo de água segue o de consumo de alimentos, sendo que o pico de consumo coincide com o de consumo de matéria seca, mesmo quando o alimento é oferecido várias vezes ao dia. Verifica-se, também, maior consumo de água após as ordenhas, representando de 40 a 50% do consumo total diário (PEREIRA, 2005).

Os animais do tratamento 30 min apresentaram maior frequência (277 observações) se alimentando (C), correspondendo a 17,31% do tempo despendido na atividade, sendo que nos tratamentos 0, 10 e 20 min, os valores foram da ordem de 15,50; 15,69 e 17,13%, correspondendo às diferenças de 1,81; 1,62 e 0,18%, respectivamente (Tabela 12). Evidencia-se, desta forma, que o tratamento 30 minutos proporcionou maior conforto aos animais e, conseqüentemente, estimulou uma maior frequência aos comedouros. Estes resultados estão de acordo com Matarazzo et al. (2007), em vacas lactantes, alojadas em *freestall* climatizado (ventilação e nebulização), que permaneceram 18,8% do tempo se alimentando, enquanto os animais sem climatização despenderam 16,3% do tempo se alimentando, diferença de 2,5%. Arcaro

(2005) também observou animais que tiveram acesso a *freestall* climatizado e passaram 51 minutos a mais se alimentando, em comparação aos animais que não tiveram acesso à climatização.

Matarazzo (2004) observou aumento no tempo despendido no comedouro por vacas que receberam resfriamento por aspersão, reduzindo, conseqüentemente, o tempo em ócio. O ócio é a atividade que não inclui nem ruminação nem ingestão de alimentos e água. Os animais procuram a sombra e reduzem suas atividades nas horas mais quentes do dia, permanecendo deitados, na área de descanso (BLACHSHAW; BLACKSHAW, 1994).

Verifica-se, na tabela 12, que o tempo em ócio, deitado (D) e em pé (P), apresentou variação decrescente nos animais submetidos aos tratamentos 0, 10, 20 e 30 min, com frequências de 784, 780, 717 e 704 observações, respectivamente, e percentual da ordem de 49,0; 48,75; 44,82 e 44,0% do tempo total, correspondendo a uma diferença de 0,25; 4,18 e 5,0% para os tratamentos 10, 20 e 30 min, respectivamente, quando comparados com o tratamento sem climatização (Tabela 12). O menor tempo em ócio verificado para as vacas com acesso ao tratamento 30 min confirma o comportamento apresentado nos demais padrões, ou seja, as vacas desse tratamento despenderam maior tempo com a alimentação, conseqüentemente maior tempo de ruminação. Mais uma vez observou-se que o emprego da climatização, com maior tempo de exposição dos animais, foi eficiente nas condições estudadas.

O comportamento referente à permanência das vacas em pé (P) foi mais freqüente no tratamento 0 min, 481 observações, correspondente a 30,06% do percentual total, quando comparados aos tratamentos 10, 20 e 30 min, com valores da ordem de 471, 399 e 425 observações, correspondentes a 29,44; 24,94 e 26,56% do tempo despendido nesta postura comportamental, respectivamente (Tabela 12). O maior tempo despendido em pé indica uma situação de estresse térmico, já que as vacas procuram ficar com maior área de superfície corporal exposta, a fim de facilitar as trocas de calor (MATARAZZO et al., 2007).

A ruminação é a atividade que permite regurgitação, mastigação e passagem do alimento previamente ingerido para o interior do rúmen. Durante a ruminação, deitadas ou em pé, as vacas ficam quietas e relaxadas, com a cabeça baixa e as pálpebras semicerradas (ALBRIGHT, 1993).

Em relação ao comportamento de ruminação (RD e RP), os animais submetidos à climatização durante 30 min apresentaram maior frequência nesta atividade, 483

observações, correspondendo a 30,19% do percentual total das atividades. Os animais submetidos aos tratamentos 0, 10 e 20 min apresentaram valores da ordem de 438, 437 e 476 observações, correspondentes a 27,37; 27,32 e 29,76% do percentual total, com diferença de 2,83; 2,87 e 0,43%, respectivamente, em relação ao tratamento 30 minutos (Tabela 12). Evidencia-se, mais uma vez, que o tratamento com 30 minutos de climatização proporcionou maior conforto aos animais e, conseqüentemente, possibilitou maior frequência na atividade de ruminação, pelas vacas.

Os resultados deste trabalho estão de acordo com os de Laganá et al. (2005), que observaram maior tempo despendido (1,78%) para a atividade de ruminação nas vacas com acesso ao SRAE nos horários mais quentes do dia, alojadas em sistema de estabulação livre, com cobertura de palha de coqueiro, quando comparadas com vacas que não tiveram acesso ao sistema de resfriamento.

Avaliando-se a postura do animal na atividade de ruminação, ou seja, deitado ou em pé, verificou-se tendência crescente para a atividade de ruminação na posição deitada, predominantemente no tratamento 30 min, em que os animais permaneceram 15,50% do percentual total nesta atividade, quando comparados os tratamentos 0, 10 e 20 min, com percentual da ordem de 12,06; 13,13 e 13,48%, correspondendo à diferença de 3,44; 2,37 e 2,02%, respectivamente, quando comparados com o tratamento 30 min de climatização (Tabela 12).

Geralmente, os bovinos preferem ruminar deitados, embora em condições ambientais desfavoráveis (ventos, chuvas) possam permanecer em pé ou caminhar lentamente. Quando deitados, utilizam a lateralidade esquerda como estratégia para otimizar o posicionamento do rúmen e obter, assim, uma ruminação mais eficiente. O tempo total de ruminação pode variar de 4 a 9 horas, sendo dividido em períodos com duração de poucos minutos a uma hora ou mais (ALBRIGTH, 1993).

A ruminação em pé nos tratamentos 0 e 20 min apresentou maior frequência, 245 e 262 observações, quando comparados com os tratamentos 10 e 30 min, com 227 e 235 observações (Tabela 12). Damasceno et al. (1999) esclareceram que há uma preferência dos animais em ruminar deitados, principalmente nos períodos fora das horas mais quentes do dia, passando a ruminar mais tempo em pé, durante períodos quentes, devido ao estresse pelo calor.

#### 4.6.2 - Análise horária do comportamento animal

Houve diferença significativa ( $P < 0,01$ ), pelo teste qui-quadrado ( $P < 0,01$ ), para as frequências das atividades despendidas entre os horários analisados. A figura 40 (A, B, C, D, E, F, G e H) apresenta a porcentagem de tempo despendido nas atividades (andando, bebendo, comendo, deitado, pé, ruminando deitado e ruminando em pé) realizadas pelos animais nos intervalos horários das 7 às 8, 8 às 9, 9 às 10, 10 às 11, 11 às 12, 12 às 13, 15 às 16 e das 16 às 17 h, respectivamente, para cada tratamento, sendo que, nos horários destinados à ordenha (13 às 15 horas), não foram realizadas observações de comportamento.

No intervalo das 7 às 8 h (Figura 40A), observou-se que os animais nos tratamentos 0, 10, 20 e 30 min, apresentavam-se, em sua maioria, em pé (P), e ruminando em pé (RP), com valores percentuais de 24,68; 26,87; 18,13 e 19,37 min e 21,56; 20,62; 20,0 e 20,93 min, respectivamente, durante o período de permanência na pós-ordenha (Figura 7 - Setor 1). Nesse intervalo, os animais já haviam sido ordenhados e tinham ingerido o concentrado oferecido durante a ordenha do turno da manhã, e aguardavam liberação para o setor de descanso (Figura 7 - Setor 2). Vilela (2008) observou que, após a ordenha e nos horários que antecedem o fornecimento de alimentos, os animais permanecem mais tempo em pé.

Para o intervalo das 8 às 9 h (Figura 40B), observou-se que os animais, em todos os tratamentos, apresentaram considerável acréscimo na atividade andando, devido ao deslocamento do setor de pós-ordenha (Figura 7 - Setor 1) para o setor de descanso (Figura 7 - Setor 2). Quanto à atividade de ruminação, verifica-se redução na RP, passando a desenvolver com maior frequência a RD, com valores da ordem de 6,87; 6,25; 9,06 e 6,56 minutos e 15,93; 17,18; 12,50 e 17,50 minutos, respectivamente, para os tratamentos 0, 10, 20 e 30 min. Isto se deve ao fato de que os animais, neste intervalo, estão aguardando a liberação para o setor de comedouro.

No intervalo das 9 às 10 h (Figura 40C), os animais foram liberados para os cochos coletivos (Figura 7 - Setor 3), de acordo com o manejo da fazenda; conseqüentemente, ocorreu redução na atividade de ruminação (deitado e em pé). Verifica-se que os animais do tratamento 30 min permaneceram 24,06 minutos (40,10%) do tempo total se alimentando (C), enquanto os animais dos tratamentos 0, 10 e 20 min permaneceram 21,25; 20,93 e 20,62 minutos nesta atividade, correspondendo a valores percentuais de 35,42; 34,90 e 34,38%, respectivamente.



Vilela (2008) observou que, neste intervalo horário, 55% dos animais com acesso a nebulização e ventilação permaneceram comendo, enquanto no grupo controle apenas 48% dos animais permaneceram nesta atividade.

A atividade de deslocamento no campo (A) no intervalo anterior (8 às 9 h) foi próxima à observada neste intervalo, com valores de 9,38; 9,90; 11,46 e 9,38%, nos tratamentos 0, 10, 20 e 30 min, respectivamente.

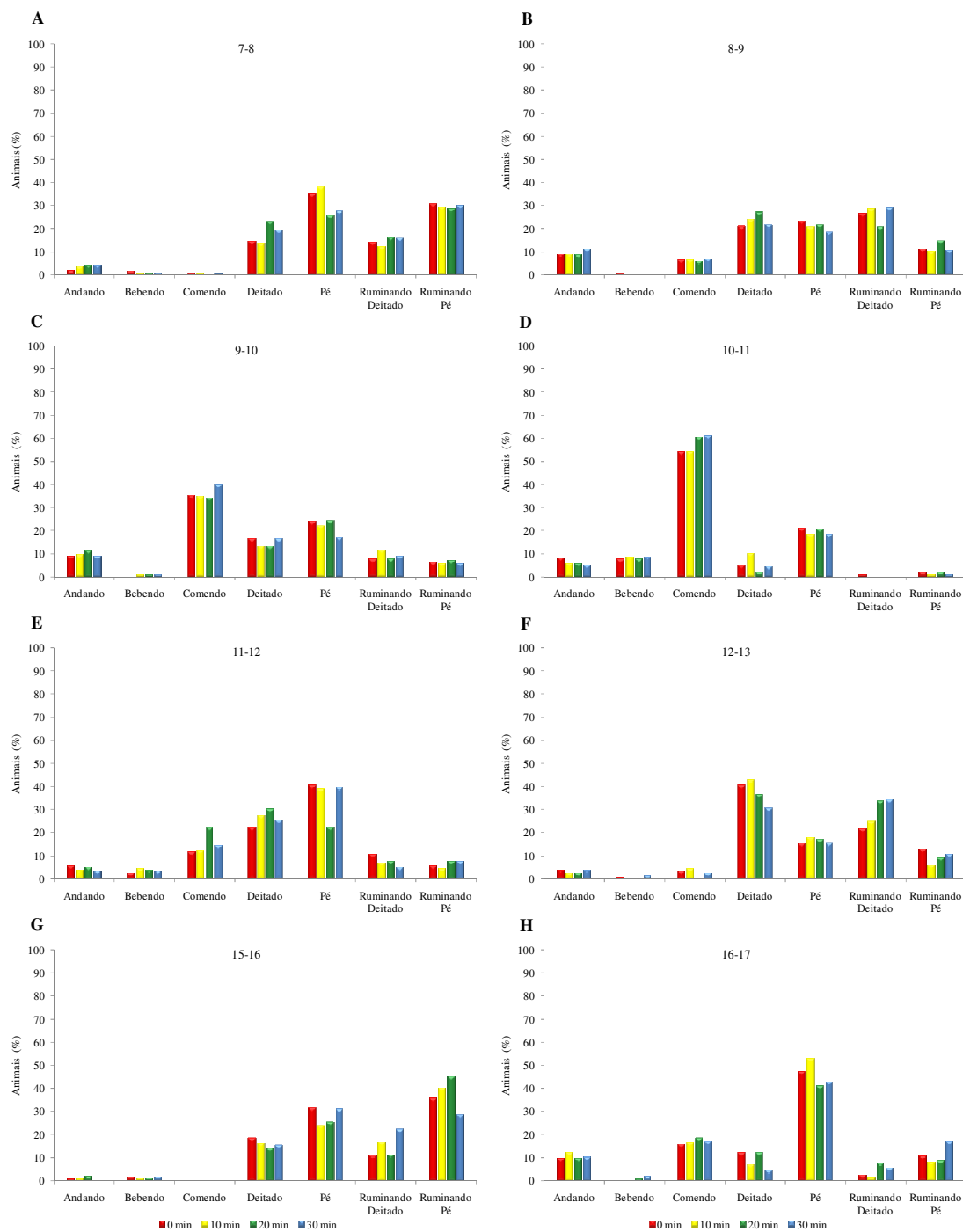


Figura 40 - Porcentagem das atividades comportamentais nos intervalos horários entre 7 e 13 h, e 15 e 17 h, nos diferentes tratamentos analisados.

No intervalo das 10 às 11 h (Figura 40D), observou-se que a maioria dos animais, em todos os tratamentos, desenvolveu a atividade de ingestão de alimentos, com valores de 32,50; 32,50; 36,25 e 36,56 minutos, correspondendo a 54,17; 54,17; 60,42 e 60,94%, para os tratamentos 0, 10, 20 e 30 min, respectivamente. Nota-se que, nesse intervalo, os animais nos tratamentos 20 e 30 min apresentaram maior atividade de ingestão de alimento, com diferença de 3,75 e 4,06 minutos (6,25 e 6,77%), respectivamente, quando comparados com os tratamentos 0 e 10 min. Apesar da fazenda não adotar horário fixo para o arraçoamento, este intervalo coincidiu com o fornecimento da dieta volumosa.

Segundo Vilela (2008), os animais submetidos à climatização apresentam maior permanência no comedouro, em comparação aos animais sem climatização, indicando que a climatização propiciou maior persistência dos animais no comedouro, após o retorno da ordenha, para aqueles que tiveram acesso ao SRAE. A permanência por mais tempo no comedouro indica baixo nível de estresse pelo calor.

Matarazzo et al. (2007) observaram que os animais submetidos ao SRAE passaram maior tempo na área de alimentação (72,5 e 60,7 minutos), conseqüentemente maior tempo no bebedouro (12,7 e 8,3 minutos), quando comparados com as que não receberam resfriamento, respectivamente.

Observou-se, também, que nesse intervalo houve maior ingestão de água pelos animais em todos os tratamentos, 0, 10, 20 e 30 min, com valores de 7,82; 8,80; 7,81 e 8,85%, respectivamente. Este comportamento já era esperado, uma vez que o consumo de água está relacionado ao consumo de alimentos.

No intervalo das 11 às 12 h (Figura 40E), os animais dos tratamentos 20 min e 30 min permaneceram mais tempo, 13,43 e 8,75 minutos, respectivamente, na atividade de ingestão de alimentos, em relação aos animais dos tratamentos 0 min e 10 min (7,18 e 7,50 minutos), respectivamente. Observou-se também que, neste intervalo, parte dos animais, em ambos os tratamentos, já haviam retomado a atividade de ruminção deitada ou em pé.

No intervalo das 12 às 13 h (Figura 40F) verifica-se que os animais, em ambos os tratamentos, reduziram sensivelmente a atividade de ingestão de alimentos, possivelmente devido à elevada temperatura neste horário, passando a maior parte do tempo deitados (D), e ruminando e deitados (RD), com valores de 24,37; 25,62; 21,87 e 18,43 minutos e 13,12; 15,00; 20,31 e 20,62 minutos, respectivamente, para os tratamentos 0, 10, 20 e 30 min. Durante este intervalo de observações, verificou-se que

os animais submetidos à climatização (10, 20 e 30 min.) apresentaram atividade de ruminação deitado, superior aos sem climatização, com valores de 1,88; 7,19 e 7,50 minutos, correspondendo a 3,12; 11,97 e 12,5%, respectivamente.

De modo geral, para o intervalo das 7 às 13 horas, verificou-se que o tempo de ingestão de alimentos nos tratamentos 10, 20 e 30 min (68,43; 74,38 e 76,25 minutos), foi superiores ao observado para o tratamento 0 min (67,81 minutos).

Arcaro et al. (2006) constataram que os animais com acesso à nebulização e ventilação permaneceram 22,7% do tempo total de observação comendo, enquanto os animais do grupo controle apenas 18,2%.

Matarazzo et al. (2007) observaram que os animais do tratamento controle passaram 12% do tempo na ingestão de alimentos e os animais do tratamento com nebulização e ventilação despenderam 15% do tempo nesta atividade.

Segundo Vilela (2008), os animais que recebem climatização tendem a permanecer mais tempo no comedouro, enquanto os animais que não recebem climatização tendem a procurar áreas de descanso, especificamente nos horários mais quentes.

Quanto ao tempo de ruminação (RD e RP), verificou-se que foi maior nos tratamentos 20 e 30 min, com valores da ordem de 99,06 e 101,56 minutos, respectivamente, quando comparado aos animais com o tratamento sem climatização, permanecendo 95,93 minutos na atividade de ruminação nesse intervalo horário. Arcaro (2005) observou que vacas com acesso a *freestall* com sistema de nebulização e ventilação durante o dia, ruminaram 20,2 minutos a mais do que vacas que não tiveram acesso à climatização.

De acordo com os resultados obtidos, observa-se diferença no tempo de ingestão de alimentos (C), de 8,44 minutos, e ruminação (RD e RP), de 5,63 minutos, para o tratamento 30 min. Os maiores percentuais das atividades de ingestão de alimentos e ruminação foram observados nos animais submetidos à climatização por 30 min, o que proporcionou aumento na produção de leite no turno da manhã (Figura 35), quando comparado com o tratamento sem climatização (0 min).

No intervalo das 15 às 16 h (Figura 40G) os animais nos tratamentos 0, 10, 20 e 30 min despenderam maior tempo na ruminação (RD e RP), com valores de 32,81; 40,0; 39,68 e 35,62 minutos, respectivamente, durante a permanência dos animais na pós-ordenha (turno da tarde). Nesse intervalo, os animais já haviam sido ordenhados e ingerido o concentrado oferecido durante a ordenha. O baixo consumo de água

registrado (1,25; 0,94; 0,63 e 1,25 minutos) nos tratamentos 0, 10, 20 e 30 min, respectivamente, após as ordenhas, está relacionado ao fato do registro dos dados comportamentais se iniciar 30 minutos após a ordenha, tempo necessário para os animais serem liberados da sala de ordenha e ter acesso ao bebedouro com ingestão de maior quantidade de água. Segundo Pereira (2005), o maior consumo de água é observado após as ordenhas, quando podem representar 40 a 50% do consumo total diário.

No intervalo das 16 às 17 h (Figura 40H), verificou-se que os animais ainda despendiam parte do tempo com a atividade de ruminção (RD e RP), com valores de 8,12; 5,93; 10,0 e 17,75 minutos, correspondendo a percentuais de 13,90; 15,68; 16,91 e 17,06%, para os tratamentos 0, 10, 20 e 30 min, respectivamente. Observou-se, também, que a maioria dos animais, em todos os tratamentos (0, 10, 20 e 30 min), apresentava-se em pé, com valores percentuais de 47,40; 53,13; 41,15 e 42,71%, respectivamente. Este comportamento de permanência na posição em pé, segundo Vilela (2008), também é observado nos horários que antecedem o fornecimento de alimentos para os animais. Este comportamento foi semelhante ao observado no intervalo das 8 às 9 h, com acréscimo na atividade andando em relação aos demais intervalos, devido ao deslocamento dos animais do setor de pós-ordenha (Figura 7 - Setor 1) para o setor de descanso (Figura 7 - Setor 2) e, posteriormente, para o setor de comedouros (Figura 7 - Setor 3), com valores de 4,87; 6,15; 4,87 e 5,13%, para os tratamentos 0, 10, 20 e 30 min, respectivamente. Neste intervalo horário, os animais foram liberados para os cochos coletivos, para receber a segunda dieta volumosa, o que deu início à atividade de ingestão de alimentos e, por consequência, redução na atividade de ruminção.

No geral, entre o intervalo das 15 às 17 horas, verificou-se que a exposição dos animais ao SRAE, durante 30 minutos, estimulou principalmente um aumento no tempo gasto na atividade de ruminção (RD e RP) (53,37 minutos), quando comparado com os animais sem climatização (40,9 minutos), sendo a diferença de tempo correspondente a 12,47 minutos. Portanto, em termos da produção de leite foi registrada maior produtividade para o tratamento 30 min. Relacionando-se os melhores resultados obtidos com este tempo de exposição dos animais ao SRAE ao fato deste tratamento ter proporcionado melhor condicionamento térmico ambiental, o que foi confirmado pelos índices de conforto (Tabela 7), com influência positiva nas respostas fisiológicas dos animais (Tabela 9), assim como o fato de “molhar” o bovino corresponde à “sensação” de bem-estar, evidenciadas na análise comportamental dos animais.

Segundo Avendano et al. (2006), condições de calor excessivo promovem redução no consumo alimentar, na produção de leite dos animais em escala sazonal, causando prejuízos para os produtores do setor leiteiro.

#### 4.7 - Análise técnico econômica

Na tabela 13, verifica-se que o investimento inicial do projeto de climatização do curral de espera foi de R\$ 2.147,80, cotação de janeiro de 2009. Esse levantamento foi realizado levando-se em consideração a utilização do SRAE nos meses de fevereiro e março de 2009.

Tabela 13 - Investimento e custos das instalações com nebulizadores e ventiladores

Investimento inicial	Quantidade	Valor Unitário (R\$)	Vida Útil (anos)	Valor Total (R\$)	Depreciação
Ventiladores	2	450,00	15	900,00	60,00
Bicos nebulizadores	20	3,70	1	74,00	74,00
Bomba de água	1	665,00	10	665,00	66,50
Tubulação PVC	3	6,60	10	19,80	1,98
Tubulação polietileno	35	0,40	10	14,00	1,40
Filtro	1	45,00	1	45,00	45,00
Material elétrico	1	250,00	20	250,00	12,50
Material hidráulico	1	80,00	20	80,00	4,00
Mão-de-obra	2	50,00	20	100,00	5,00
<b>Total R\$</b>				<b>2.147,80</b>	<b>270,38</b>
<b>Depreciação mensal R\$</b>				<b>22,53</b>	

Foi analisada a produção média diária de leite entre os tratamentos (0 min e 30 min), da ordem de 17,546 e 18,311 kg vaca<sup>-1</sup>, respectivamente (Figura 38).

O custo variável foi baseado no tempo de funcionamento do sistema de climatização, ligado por duas horas em cada ordenha, totalizando quatro horas de funcionamento diário. Tempo necessário para realizar a ordenha de 80 vacas, de acordo com o manejo da fazenda. Quanto ao consumo diário de água, considerou-se quatro horas de funcionamento do sistema de nebulização, duas horas pela manhã (5 às 7 h) e duas à tarde (14 às 16 h), correspondendo a um custo variável mensal de R\$ 128,22 (Tabela 14). O custo com a água utilizada no sistema foi estimado em R\$ 86,40 mês<sup>-1</sup>, correspondendo a uma média de R\$ 3,0 m<sup>-3</sup> de água. O gasto com energia elétrica para

funcionamento do sistema de climatização (bombeamento de água para acionamento do sistema de nebulização e sistema de ventilação) foi de R\$ 41,82 mês<sup>-1</sup>.

Tabela 14 - Custo variável

Variável	Quantidade	Valor Unitário	Valor Total
Consumo de água	1	86,40	86,40
Energia elétrica	1	41,82	41,82
Total mensal (R\$)			128,22

A produção média diária de leite nos tratamentos 0 e 30 min foi de 17,546 e 18,311 kg vaca<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>, respectivamente (Figura 38). Isso gera variação de 0,765 kg de leite<sup>-1</sup> vaca<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>, extrapolando para 80 vacas em lactação totalizam-se 61,2 kg dia<sup>-1</sup>, obtém-se no mês um total de 1.836 kg de leite a mais na produção total da fazenda, em que verifica-se incremento mensal de R\$ 1.266,84 (Tabela 15).

Tabela 15 - Valor monetário arrecadado durante o mês, após a utilização do sistema de resfriamento adiabático evaporativo

Número de Animais	80	
Aumento de produção/média diária/vaca	0,765	kg de leite
Total de leite produzido/dia	61,2	kg de leite ao dia
Total de leite produzido/mês	1.836	kg de leite por mês
Preço de leite <i>in natura</i>	R\$ 0,69	por kg de leite
Valor monetário/mês	R\$ 1.266,84	ao mês

Na tabela 16 pode-se observar o tempo de retorno do investimento em climatização. Com o preço do leite no período de fevereiro a março, cotado a R\$ 0,69, o valor recebido pela venda do leite durante o mês foi de R\$ 1.266,84; subtraindo-se desse valor os custos variáveis e a depreciação, tem-se o valor do lucro real obtido pelo produtor. Por meio da razão entre o custo do investimento inicial e o valor monetário em dias (lucro), foi possível calcular o tempo de retorno do capital investido pelo produtor em 58 dias.

Tabela 16 - Tempo de retorno do investimento com a utilização do sistema de resfriamento adiabático evaporativo

	Mensal	Diário
Depreciação	22,53	0,75
Custo variável	128,22	4,27
Produção de leite	1.266,84	42,23
Lucro do produtor	1.116,09	37,20
Investimento inicial	2.147,80	
Total de dias para retorno do investimento	58 dias	

Verifica-se, assim, que o retorno do investimento no SRAE foi compensador, indicando que este recurso para redução do estresse térmico em bovinos leiteiros seria uma alternativa viável, e portanto, disponível ao produtor rural.

## 5 - CONCLUSÕES

Com base nos resultados dessa pesquisa, pôde-se concluir que:

- A exposição dos animais à climatização por 30 minutos possibilitou melhor condicionamento térmico ambiental, tendo como resposta menores valores para as variáveis fisiológicas: temperatura retal, frequência respiratória e temperatura do pelame;
- O SRAE promoveu maior produção média diária de leite por vaca nos animais expostos a 30 minutos de climatização; no entanto, não houve alteração na composição química do leite;
- O investimento em climatização no curral de espera para vacas de leite em lactação foi satisfatório e lucrativo, com tempo de retorno do capital investido de 58 dias;
- As variáveis comportamentais apontaram que os animais expostos a 30 minutos de climatização no curral de espera apresentaram maior frequência de acesso ao comedouro, bebedouro e tempo de ruminação, indicando baixo nível de estresse e melhoria no bem-estar animal.



## 6 – REFERÊNCIAS

AGUIAR, I. S.; BACCARI JÚNIOR, F.; GOTTSCHALK, F. A.; TORNERO, M. T. T.; WECHSLER, F. S. **Produção de leite de vacas holandesas em função da temperatura do ar e do índice de temperatura e umidade.** In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 33., 1996, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: SBZ, 1996. p.617-619.

ALBRIGHT, J. L. Feeding behavior of dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.76, n.2, p.485-498, 1993.

ALBRIGHT, L. D. **Environment control for animals and plants.** St. Joseph: American Society of Agricultural Engineers Michigan, 1990. 453p. (ASAE Textbook,4).

ANDRADE, L. M.; EL FARO, L.; CARDOSO, V. L. Efeitos genéticos e de ambiente sobre a produção de leite e a contagem de células somáticas em vacas holandesas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.36, n.2, p.343-349, 2007.

APPLEY, S. J.; WEARY, A. D. Pre-farrowing behavior distinguishes piglet-savaging gilts from non-piglet-savaging gilts. In: INTERNATIONAL CONGRESS FOR APPLIED ETHOLOGY, 34th., 2000, Florianópolis. **Proceedings...** Florianópolis: ISAE, 2000. p.17-20.

ARAÚJO, H. B. **Avaliação de Sistemas de Resfriamento Adiabático Evaporativo em “Baías Livres” para Bovinos com Alta Produção de Leite.** 2002. 52f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa. Viçosa.

ARCARO, J. R. P.; ARCARO JUNIOR, I.; POZZI, C. R.; MATARAZZO, S. V.; FAGUNDES, H.; ZAFALON, L. F.; COSTA, E. O. Climatização em instalações do tipo free-stall: comportamento animal e ocorrência de mastite em vacas em lactação. **Revista Napgama**, São Paulo, v.2, n.1, p.3-9, 2006.

ARCARO, J. R. P. **Efeitos do sistema de resfriamento adiabático evaporativo em free-stall sobre a produção, fisiologia, comportamento e ocorrência de mastite em vacas em lactação.** 2005. 123f. Tese (Doutorado em Zootecnia). Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga.

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

ARCARO JÚNIOR, I.; ARCARO, J. R. P.; POZZI, C. R.; FAGUNDES, H. MATARAZZO, S. V.; OLIVEIRA, J. E. Teores plasmáticos de hormônios, produção e composição do leite em sala de espera climatizada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.7, n.2, p.350-354, 2003.

ARCARO JÚNIOR, I. **Avaliação da influência de ventilação e aspersão em coberturas de sombrite para vacas em lactação.** 2000. 81f. Tese (Doutorado em Construções Rurais e Ambiente) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

ARMSTRONG, D. V. Heat stress interaction with shade and cooling. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.77, n.7, p.2044-2050, 1994.

ARMSTRONG, D. W.; WELCHERT, W.T. Dairy cattle housing to reduces stress in a hot-arid climate. In: INTERNATIONAL DAIRY HOUSING CONFERENCE, 1994, Orlando, **Dairy systems for the 21st century...** Orlando: ASAE, 1994. p.598-604.

AVENDANO, R. L.; ALVAREZ, V. F. D.; CORREA, C. A.; SAUCEDO, Q. J. S.; ROBINSON, P. H.; FADEL, J. G. Effect of cooling Holstein cows during the dry period on postpartum performance under heat stress conditions. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v.105, p.198-206, 2006.

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

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

BACCARI JUNIOR, F. Adaptação de sistemas de manejo na produção de leite em climas quentes. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AMBIÊNCIA NA PRODUÇÃO DE LEITE, 1., 1998, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, p.24-67.

BACCARI JUNIOR, F. Manejo ambiental para produção de leite nos trópicos. In: CICLO INTERNACIONAL DE PALESTRAS SOBRE BIOCLIMATOLOGIA ANIMAL, 1., 1986, Botucatu. **Anais...** Jaboticabal: FUNEP, 1989. p.45-53.

BACCARI JUNIOR, F.; CAMPOS NETO, O.; ROCHA, G. P. Variação fisiológica da temperatura retal das 8 às 18 horas em bovinos holandeses. Correlação com a temperatura ambiente e hora do dia. In: JORNADA CIENTÍFICA DA ASSOCIAÇÃO DOS DOCENTES DO CAMPUS DE BOTUCATU, 8., 1979, Botucatu. **Anais...** Botucatu: FMVZ. 1979. p.149-153.

BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. **Ambiência em Edificações Rurais – Conforto Animal**. Viçosa: UFV Editora, 1997. 246 p.

BARBOSA FILHO, J. A. D. **Caracterização quantiquantitativa das características bioclimáticas e produtivas nas operações pré-abate de frangos de corte**. 2008. 174f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

BARBOSA FILHO, J. A. D.; VIEIRA, F. M. M. C.; GARCIA, D. B.; SILVA, M. A. N.; SILVA, I. O. J. Tabela prática para avaliação do ambiente de confinamento de vacas holandesas em lactação. Núcleo de Pesquisa em Ambiência: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 2007. Disponível em: <<http://www.nupea.esalq.usp.br/noticias/visualizadornoticias.php?id=26&lg=br>> Acesso em: 28 Set. 2007.

BARBOSA, O. R.; BOZA, P. R.; SANTOS, G. T.; SAKAGUSHI, E. S.; RIBAS, N. P. Efeitos da sombra e da aspersão de água na produção de leite de vacas da raça Holandesa durante o verão. **Acta Scientiarum**. Animal Sciences, Maringá, v.26, n.1, p.115-122, 2004.

BARNETT, J. L.; HEMSWORTH, P. H. The validity of physiological and behavioural measures of animal welfare. **Applied Animal Behavior Science**, Amsterdam, v.1, p.177-187, 1990.

BARROS, A. H. C.; BRAGA, C. C.; SILVA, E. D. V.; BRITO, J. I. B. **Processamento dos dados de precipitação e temperatura de Pernambuco**. Campina Grande: UFPB, 1998. v.2. Campina Grande.

BEEDE, D. K.; COLLIER, R. J. Potential nutritional strategies for intensively managed cattle during thermal stress. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.62, n.3, p.543-554. 1986.

BEEDE, D. K. P.; MALLONEE, P. L.; SCHNEIDER, C. J. Potassium nutrition of heat-stressed lactating dairy cows. South African, **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.13, n.3, p.198-200, 1983.

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

BLACKSHAW, J. K.; BLACKSHAW, A. W. Heat stress in cattle and the effect of shade on production and behavioral: a review. **Australia Journal of Experimental Agriculture**, Collingwood, v.34, p.285-295, 1994.

BOHMANOVA, J.; MISZTAL, I.; COLET, J.B. Temperature-humidity indices as indicators of milk production losses due to heat stress. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.90, n.4, p. 1947-1956, 2007.

BOND, T. E.; KELLY, C. F. The globe thermometer in agriculture research. **Agriculture Engineering**, Essex, v.36, p.251-260, 1955.

BRAY, D. R.; BUCKLIN, R. A.; MONTOYA, R.; GIESY, R. Means to reduce environmental stress on dairy cows in hot, humid climates. In: INTERNATIONAL DAIRY HOUSING CONFERENCE, 1994, Orlando. **Dairy systems for the 21st century...** Orlando: ASAE, 1994. p.589-597.

BRITO, J. R. F.; CALDEIRA, G. A. V.; VERNEQUE, R. S.; BRITO, M. A. V. P. Sensibilidade e especificidade do “Califórnia Mastitis Test” como recurso diagnóstico da mastite em relação à contagem de células somáticas. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, Rio de Janeiro, v.17, n.2, p.49-53, 1997.

BROOM, D. M. Animal welfare: concepts and measurement. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.69, n.10, p.4167-4175, 1991.

BROUK, M. J.; SMITH, J. F.; HARNER III, J. P. Effectiveness of fan and feedline sprinklers in cooling dairy cattle housed in 2 or 4 row freestall buildings. In: INTERNATIONAL LIVESTOCK ENVIRONMET SYMPOSIUM, 6., 2001, Louisville. **Proceedings...** Louisville: ASAE, 2001. p.15-21.

BROWN-BRANDL, T. M.; EIGENBERG, R. A.; NIENABER, J. A.; HAHN, G. L. Dynamic response indicators of heat stress in shaded and non-shaded feedlot cattle, Part 1: Analyses of indicators. **Biosystems Engineering**, London, v.90, n.4, p.451-462, 2005.

BUCKLIN, R. A.; BRAY, D. R. The american experience in dairy management warm and hot climates. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AMBIÊNCIA NA PRODUÇÃO DE LEITE, 1., 1998, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1998. p.156-174.

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

CAMARGO, A. C. **Comportamento de vacas de raça Holandesa em um confinamento do tipo "free-stall" no Brasil Central**. 1988, 146f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

CAMPOS, A. T. A importância da água para o gado de leite. Coronel Pacheco: Embrapa/CNPGL, 2009. Disponível em: <<http://www.cnp.gl.embrapa.br/nova/informacoes/pastprod/31Instrucao.pdf>>. Acesso em: 15 de Mar. 2009.

CAPPA, V.; VAZHAPILLY, P.; MAIANTI, M. G. Effect of environment variations (microclimate) on the performance of dairy cows. **Scienza e Tecnica Latiero-Casearia**, v.40, p.98-115, 1989.

CENA, K.; MONTEITH, J. L. Transfer processes in animal coats. I. Radiative transfer. **Proceedings...** Royal Society. London B, v.188, p.377-393. 1975.

CHEVILLON, P. O. O bem-estar dos suínos durante o pré-abate e no atordoamento. In: CONFERÊNCIA VIRTUAL INTERNACIONAL SOBRE QUALIDADE DE CARNE SUÍNA, 1., 2000, Concórdia. **Anais...** Concórdia: Embrapa/CNPSA. 2000.

CONCEIÇÃO, M. N. **Avaliação do comportamento de bezerros leiteiros lactentes e desmamados, em baias individuais e coletivas**. 1991. 71f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

COSTA, E. O.; SANTOS, F. G. B. ; MARMORE ; ARCARO, J. R. P.; PERES, A. A. C.; RAIÁ JUNIOR, R. B. Influência da intensidade da mastite subclínica por microrganismos do gênero staphylococcus estimada pelos escores de CMT, CCS e na composição do leite: gordura, proteína e lactose. **Revista Napgama**, São Paulo, v.9, p.13-18, 2006.

COSTA, E. C. **Arquitetura ecológica: condicionamento térmico natural**. São Paulo: Edgard Blücher, 1982. 265 p.

CRISSIUMA, A. L.; ALMEIDA, E. C. P. Experimentação e bem-estar animal. **Saúde e ambiente em revista**, Duque de Caxias, v.1, n.2, p.1-10, 2006.

CZARICK, M. Reflective roof coatings. **Poultry International**, Netherlands, v.23, n.8, p.26-32, 1989.

DAMASCENO, J. C.; BACARI JUNIOR, F.; TARGA, L. A. Respostas comportamentais de vacas holandesas, com acesso a sombra constante ou limitada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, n.4, p.709-715. 1999.

DAVIS, M. S. Effects of water application to feedlot mound during the summer (Compact disc). In: INTERNATIONAL LIVESTOCK ENVIRONMENTAL SYMPOSIUM, 6., 2001, Louisville. **Proceedings...** Louisville: ASAE, 2001.

DU PREEZ, J.H. Parameters for the determination and evaluation of heat stress in dairy cattle in South Africa. **Onderstepoort Journal Veterinary Research**, Pretoria, v.67, p.263-271, 2000.

DÜRR, J. W. Programa nacional de melhoria da qualidade do leite: uma oportunidade única. In: DÜRR, J. W.; CARVALHO, M. P.; SANTOS, M. V. (Ed.). **O compromisso com a qualidade do leite no Brasil**. Passo Fundo: Editora Universidade de Passo Fundo, 2004. p.38-55.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Criação de gado leiteiro na zona bragantina. Embrapa Amazônia Oriental, RODRIGUES FILHO, J. A.; AZEVEDO, G. P. C., 2005. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Leite/GadoLeiteiroZonaBragantina/paginas/instalacoes.htm>>. Acesso em: 27 Out. 2009.

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

FERREIRA, F.; PIRES, M. F. A.; MARTINEZ, M. L. Parâmetros fisiológicos de bovinos cruzados submetidos ao estresse calórico. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v.58, n.5, p.732-738, 2006.

FRASER, D. Animal ethics and animal welfare science: Bridging the two cultures. **Applied Animal Behavior Science**. Amsterdam, v.65, p.171-189. 1999.

FRASER, A. F.; BROOM, D. M. **Farm animal behavior and welfare**. London: Bailliere Tindall, 1990. 437 p.

FRASER, D.; RITCHIE, J. S. D.; FRASER, A. F. The term “stress” in a veterinary context. **British Veterinary Journal**, London, v.13, n.1, p.653-662, 1975.

FRAZZI, E.; CALAMARI, L.; CALEGARI, F. Behavior of dairy cows in response to different barn cooling systems. In: INTERNATIONAL DAIRY HOUSING CONFERENCE, 4., 1998, St. Louis. **Proceedings...** St. Louis: ASAE, 1998. p.387-394.

FRAZZI, E.; CALAMARI, F.; CALEGARI, M. G.; MAIANTI; CAPPÀ, V. The aeration, with and without misting: effects on heat stress in dairy cows. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM LIVESTOCK ENVIRONMENT, 5., 1997, Minnesota. **Proceedings...** Minnesota: ASAE, 1997. p.907-914.

FUQUAY, J. W. Heat stress and its effects on animal production. In: LIVESTOCK ENVIRONMENT SYMPOSIUM, 5., 1997, Iowa. v.2, 1997. p.1133-1137.



GARRETT, W. N.; BOUND, T. E.; PEREIRA, M. Influence of shade height on physiological responses of cattle during hot weather. **Trans of the ASAE**, St. Joseph, p.433–438. 1967.

GHELFI FILHO; SILVA; I. J. O.; MOURA, D.J; CONSIGLIERO, F. R. índice de conforto térmico e da CTR para diferentes materiais de cobertura em três estações do ano. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 20., 1992, Londrina, **Anais...** Londrina: SBEA, 1992. p.94-110.

GITMAN, L. J. **Princípios de administração financeira**. São Paulo: Habra, 1997. 840 p.

GOMES, A. T. Análise técnico-econômica de sistemas de produção de leite. In: PRODUÇÃO LEITEIRA: PROBLEMAS E SOLUÇÕES, 1., 1985, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Fundação Cargill, 1985. p.59-82.

GUISELINI, C.; SILVA, I. J. O.; PIEDADE, S. M. S. Avaliação da qualidade do sombreamento arbóreo no meio rural. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.3, n.3, p.380-384. 1999.

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

HAHN, G. L. Bioclimatologia e instalações zootécnicas: aspectos teóricos e aplicados. In: WORKSHOP BRASILEIRO DE BIOCLIMATOLOGIA ANIMAL, 2., 1993, Jaboticabal. **Boletim H148b**, Jaboticabal: FUNEP, 1993. p.132-146.

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

HANSEN, P. J. Physiological and cellular adaptations of zebu cattle to thermal stress. **Animal Reproduction Science**, Amsterdam, v.83-84, p.349-369, 2004.

HARMON, R. J.; CLARK, T.; RAMESH, W. L.; CRIST, B. E.; LANGLOIS, K.; AKERS e B. SMITH. Environmental pathogen numbers in pastures at bedding of dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v.75, p.256, 1992.

HEAD, H. H. The strategic use of the physiological potential of the dairy cow. In: SIMPÓSIO LEITE NOS TRÓPICOS: NOVAS ESTRATÉGIAS DE PRODUÇÃO. 1989, Botucatu. **Anais...** Botucatu, 1989. p.38-89.

HOGAN, J. S.; SMITH, K. L. **A practical look at environmental mastitis.** In: COMPENDIUM ON CONTINUING EDUCATION FOR THE PRACTICING IN VETERINARY. Beltsville, v.9, n.10, 1987. p.341-346.

HOLANDA, M. C. R. Conceitos em bem-estar animal. In: ENCONTRO DE BIOÉTICA E BEM-ESTAR ANIMAL DO AGRESTE MERIDIONAL PERNAMBUCANO, 1., 2006, Garanhuns. **Anais...** Garanhuns: UFRPE/UAG, 2006. p.1-7.

HUBER, J. T. Relação entre nutrição e “stress” térmico em gado leiteiro. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL, 6., 1989, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1990. p.63-65.

HURNIK, J. F. Behavior. In: PHILLIPS, C.; PIGGINS, D. (Ed.). **Farm animals and the environment.** Wallingford: CAB International, 1992. cap.13, p.235–244.

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.** U.S., v.21, p.303-320, 1992.

IGONO, M. O.; JOHNSON, H. D.; STEEVENS, B. J.; SHANKLIN, M. D. Physiological, productive and economic benefits of shade, and fan systems versus shade for Holstein cows during summer heat. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.70, p.1060-1079. 1987.

IGONO, M. O.; STEEVENS, B.J.; SHANKLIN, M.D. Spray cooling effects on milk production, milk and rectal temperature of cows during a moderate temperature summer season. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.68, p.979-985. 1985.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. 2006. Produção pecuária. Brasília: MPOG, 2007. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/perfilmunic/default.shtm>>. Acesso em: 17 de Jul. 2007.

JANK, F. S. Gestão da pecuária leiteira sob medida para o Brasil. **Revista Agroanalysis**, São Paulo, v.18, n.6, p.20-23, 1998.

KADZERE, C. T.; MURPHY, M. R.; SILANIKOVE, N. Heat stress in lactating dairy cows: a review. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v.77, n.1, p.59-91, 2002.

KAWABATA, C. Y. **Desempenho térmico de diferentes tipos de telhados em bezerreiros individuais**. 2006. 94f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Faculdade de Engenharia e Ciência dos Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga.

KROHN; MUNKSGAARD, L. Behavior of cows kept in extensive (loose housing/pasture) or intensive (tiestall) environment. **Applied Animal Behavior Science**, Amsterdam, v.37, p.1-6, 1993.

LAGANÁ, C.; BARBOSA JÚNIOR, A. M.; MÉLO, D. L. M. F.; RANGEL, J. H. A. Respostas comportamentais de vacas holandesas de alta produção criadas em ambientes quentes, mediante ao sistema de resfriamento adiabático evaporativo. **Revista Brasileira de Saúde Produção Animal**, Salvador, v.6, n.2, p.67-76, 2005.

LIN, J. C., MOSS, B. R.; KOON, J. L.; FLOOD, C. A. Comparison of various fan, sprinkler, and mist systems in reducing heat stress in dairy cows. **Applied Engineering in Agriculture**, Louisville, v.14, n.2, p.177-182, 1998.

MACARI, M. Água de beber na dosagem certa. **Aves & Ovos**, São Paulo, n.6, p.40-48, 1995.

MACHADO, P. F. Efeitos da alta temperatura sobre a produção, reprodução e sanidade de bovinos leiteiros. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AMBIÊNCIA NA PRODUÇÃO DE LEITE, 1., 1998, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1998. p.179–201.

MAIA, A. S. C. **Variação genética e ambiental das características morfológicas e das propriedades radiativas efetivas do pelame de bovinos da raça holandesa.** 2002. 77f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento Animal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

MARQUES, D. **Calor:** conhecimentos e cuidados para minimizar seus efeitos sobre os frangos. Amparo: CASP, 1992. 11p.

MARTELLO, L. S. **Interação animal-ambiente: efeito do ambiente climático sobre as respostas fisiológicas e produtivas de vacas Holandesas em free-stall.** 2006. 106f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga.

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

MARTELLO, L. S.; SAVASTANO JÚNIOR, H.; PINHEIRO, M. G.; SILVA, S. L.; ROMA JÚNIOR, L. C. Avaliação do microclima de instalações para gado de leite com diferentes recursos de climatização. **Revista de Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.24, n.2, p.263-273, 2004a.

MARTELLO, L. S. **Diferentes recursos de climatização e sua influência na produção de leite, na termorregulação dos animais e no investimento das instalações.** 2002. 85f. Dissertação (Mestrado em Qualidade e Produção Animal) - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga.

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

MARTIN, P.; BATESON, P. **Measuring Behaviour: an introductory guide.** Cambridge: Cambridge University Press, 1993. p.7-24.

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

MARTINS, J. L. **Avaliação da qualidade térmica do sombreamento natural de algumas espécies arbóreas, em condições de pastagem.** 2001. 99f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

MATARAZZO, S. V.; SILVA, I. J. O.; PERISSINOTTO, M.; FERNANDES, S. A.; MOURA, D. J.; ARCARO JÚNIO, I; ARCARO, J. R. P. Monitoramento eletrônico das respostas comportamentais de vacas em lactação alojadas em freestall climatizado. **Revista Brasileira de Biosistemas,** Campinas, v.1, n.1, p.40-49, 2007.

MATARAZZO, S. V. **Eficiência do sistema de resfriamento adiabático evaporativo em confinamento do tipo freestall para vacas em lactação.** 2004. 143f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola)- Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

MATOS, R. S. Estudo dos efeitos genéticos e meio ambiente sobre a produção de leite e gordura da raça holandês no estado do Rio Grande do sul. **Ciência Rural,** Santa Maria, v.27, n.3, p.465-471, 1997.

MELO, M. R. S.; MOURA, R. F.; MOURA, A. E. S. S.; SILVA, E. R.; CORRÊA, M. M.; FIGUEIRÊDO, A. C. Análise comparativa entre a precipitação medida no Pluviômetro ville de paris e alternativo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 35., 2006, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: UFPB, 2006. 1 CD-ROM

MOBERG, G. P. A model for assessing the impact of behavioral stress of domestic animals. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.65, p. 1228-1265, 1987.

MORGAN, W. E. **Heat reflective root coatings**. Chicago: ASAE, n.905413, 1990. 12p.

MOTA, F. S. **Climatologia zootécnica**. Pelotas: UFPel, 2001. 104p.

MOTA, L. S. **Adaptação e interação genótipo-ambiente em vacas leiteiras**. 1997. 69f. Tese (Doutorado em Ciências) – Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto.

NÄÄS, I. A. Tendências de edificações rurais para atender novos mercados. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 32., 2003, Goiânia. **Anais...** Goiânia: SBEA, 2003. 1 CD-ROM

NÄÄS, I. A.; SOUZA, S. R. L. Desafios para a produção de leite nos trópicos: conforto térmico. In: SIMPÓSIO DE ZOOTECNIA, 55., 2003, Uberaba. **Anais...** Uberaba: FAZU, 2003. p.64-74.

NÄÄS, I. A.; ARCARO JÚNIOR, I. Influencia de ventilação e aspersão em sistemas de sombreamento artificial para vacas em lactação em condições de calor. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.5, n.1, 2001, p.139-142.

NÄÄS, I. A.; RODRIGUES, E. H. V. Qualidade do ambiente para a produção de suínos na gestação e maternidade. In: SILVA, I. J. O. (ed) **Ambiência e Qualidade na Produção de Suínos**, 1999, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1999. p.112-130.

NÄÄS, I. A. Biometeorologia e construções rurais em ambiente tropical. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMETEOROLOGIA, 2., 1998, Goiânia. **Anais...** Goiânia: Sociedade de Biometeorologia, 1998. p.63-73.

NÄÄS, I. A. **Princípios de Conforto Térmico na Produção Animal**. São Paulo: Editora Ícone, 1989. 183p.

NRC. Nutrient requirements of domestic animals. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7.ed. Washington: DC, 2001.

PANDORFI, H. **Comportamento bioclimático de matrizes suínas em gestação e o uso de sistemas inteligentes na caracterização do ambiente produtivo: Suinocultura de Precisão**. 2005. 119f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

PEREIRA, J. C. C. **Fundamentos da bioclimatologia aplicada à produção animal**. Belo Horizonte: FEPMVZ, 2005. 195p.

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

PERISSINOTTO, M.; MOURA, D. J. Determinação do conforto térmico de vacas leiteiras utilizando a mineração de dados. **Revista Brasileira de Biosistemas**, Campinas, v.1, n.2, p.117-126, 2007.

PERISSINOTTO, M. **Sistema inteligente aplicado ao acionamento do sistema de climatização em instalações para bovinos leiteiros**. 2007. 168f. Tese (Doutorado em Física do Ambiente Agrícola) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

PERISSINOTTO, M.; MOURA, D. J.; MATARAZZO, S. V.; SILVA, I. J. O.; LIMA, K. A. O. Efeito da utilização de sistemas de climatização nos parâmetros fisiológicos do gado leiteiro. **Revista de Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.26, n.3, p.663-671, 2006.

PERISSINOTTO, M. **Avaliação da eficiência produtiva e energética de sistemas de climatização em galpões tipo freestall para confinamento de gado leiteiro**. 2003. 122f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

PESSOA, R. A. S.; FERREIRA, M. A.; LIMA, L. E.; LIRA, M. A.; VÉRAS, A. S. C. Desempenho de vacas leiteiras submetidas a diferentes estratégias alimentares. **Archivos de Zootecnia**, Córdoba, v.53, n.203, p.309-320, 2004.

PINHEIRO, M. G.; NOGUEIRA, J. R.; LIMA, M.L.P.; LEME, P.R.; MACARI, M.; NÄAS, I.A.; LALONI, L.A.; TITTO, E.A.L.; PEREIRA, A. F. Efeito do ambiente pré-ordenha (sala de espera) sobre a temperatura da pele, a temperatura retal e a produção de leite de bovinos da raça jersey. **Revista Portuguesa de Zootecnia**. Vila Real, v.12, n.2, p.37-43, 2005.

PINHEIRO, M. G.; ROMA JR., L. C.; LIMA, M. L. P.; NOGUEIRA, J. R.; MACARI, M.; SANTOS, A. L.; LEME, P. R.; NÄÄS, I. A.; LIMA, N. C.; LALONI, L. A.; SIMILI, F. F. Efeito do ambiente da sala de espera sobre a temperatura da pele de vacas da raça Jersey. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37., 2000, Viçosa. **Anais...** Viçosa: SBZ, 2000. p.9.

PIRES, M. F. A.; TEODORO, R. L.; CAMPOS, A. T. Efeitos do estresse térmico sobre a produção de bovinos. In: CONGRESSO NORDESTINO DE PRODUÇÃO ANIMAL, 2., 2000, Teresina. **Anais...** Teresina: SNPA, 2000. p.87-104.

PIRES, M. F. A.; VILELA, D.; VERNEQUE, R. S.; TEODORO, R. L. Reflexos do estresse térmico no comportamento das vacas em lactação. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AMBIÊNCIA NA PRODUÇÃO DE LEITE, 1., 1998b, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1998b. p.68–102.



PIRES, M. F. A.; SATURNINO, H. M.; VERNEQUE, A. M.; FERREIRA, A. M. Efeito da estação do ano sobre a temperatura retal e frequência respiratória da vacas da raça holandesa confinadas em freestall. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v.50, n.6, p.747-752, 1998a.

PORTUGAL, J. A. B.; PIRES, M. F. A.; DURÃES, M. C. Efeito da temperatura ambiente e da umidade relativa do ar sobre a frequência de ingestão de alimentos e de água e de ruminção em vacas da raça holandesa. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v.52, n.2, p.154-159, 2000.

ROCHA, S. C. **Desempenho produtivo e aspectos comportamentais de vacas leiteiras submetidas a diferentes horários e intervalos de ordenhas**. 2005. 57f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Instituto de zootecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

RODRIGUEZ, L. A.; MCKONNEN, G.; WILCOX, C. J.; MARTIN, F. G.; KRIEMKE, W. A. Effects of relative humidity, maximum and minimum temperature, pregnancy, and stage of lactation on milk composition and yield. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v.68, p.973-978, 1985.

ROENFELDT, S. You can't afford to ignore heat stress. **Dairy manage**, v.35, n.5, p.6-12, 1998.

ROMA JÚNIOR, L. C.; SILVA, I. J. O.; PINHEIRO, M. G. Avaliação física do sistema de resfriamento adiabático evaporativo (SRAE) em instalações do tipo freestall para bovinos de leite. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 23., 2001, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: SBEA, 2001. 1 CD-ROM

ROMANINI, C. E.; NÄÄS, I. A.; MUNIZ, I. R. Análise do investimento em climatização para matrizes na maternidade e seu efeito no desempenho de leitões. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE SUINOCULTURA, 1., 2002, Foz de Iguaçu. **Anais...** Concordia: Embrapa Suínos e Aves, 2002. 1 CD-ROM.

ROMAN-PONCE, H.; THATCHER, W. W.; BUFFINGTON, D.E.; WILCOX, C. J.; VON HORN, H. H. Physiological and production responses of dairy cattle to a shade structure in a subtropical environment. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.60, n.3, p.424-430, 1977.

SAS INSTITUTE. **Statistical Analysis System**: release 6.08, (software). Cary, 1992. 620p.

SGUIZZARDI, T. I. A água como nutriente para as aves. **Avicultura Industrial**, Porto Feliz, n.830, p.22-23, 1979.

SILANIKOVE, N. Effects of water scarcity and hot environment on appetite and digestion in ruminants: a review. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v.30, n.3, p.175-194, 1992.

SILVA, E. C. L.; MODESTO, E. C.; AZEVEDO, M.; FERREIRA, M. A.; DUBEUX JÚNIOR, J. C. B.; SCHULER, A. R. P. Efeitos da disponibilidade de sombra sobre o desempenho, atividades comportamentais e parâmetros fisiológicos de vacas da raça Pitangueiras. **Acta Scientiarum**. Animal Sciences, Maringá, v.31, n.3, p.295-302, 2009.

SILVA, T. G. F.; TURCO, S. H. N.; ZOLNIER, S.; MOURA, M. S. B.; SÁ, I. I. S. Variação regional do declínio na produção de leite durante o verão no estado de Pernambuco. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v.16, n.1, p.109-123, 2008.

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

SILVA, M. A. N.; ROSÁRIO, M. F.; HELLMEISTER FILHO, P.; COELHO, A. A. D.; SAVINO, V. J. M.; SILVA, I. J. O.; MENTEN, J. F. M. Influência do sistema de criação sobre o desempenho, a condição fisiológica e o comportamento de linhagens de frango de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.32, n.1, p.208-213, 2003.

SILVA, I. J. O.; PANDORFI, H.; ACARARO, I. J.; PIEDADE, S. M. S.; MOURA, D. J. Efeitos da Climatização do Curral de Espera na Produção de Leite de Vacas Holandesas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.31, n.5, p.2036-2042, 2002.

SILVA, R. G.; SCALA, N. L.; POCAI, P. L. B. Transmissão de radiação ultravioleta através do pelame e da epiderme de bovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.30, n.6, p.1939-1947, 2001.

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

SILVA, I. J. O. Vacas produzem mais e melhor em ambientes adequados. **Revista Balde Branco**, São Paulo, v.35, n.413, p.20-27, 1999.

SILVA, I. J. O. Climatização das instalações para bovino leiteiro. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AMBIÊNCIA NA PRODUÇÃO DE LEITE, 1., 1998, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: ESALQ/FEALQ, 1998. p.114-145.

SILVA, I. J. O.; GHELFI FILHO, H.; CONSIGLIERO, F. R. Influência de cobertura no conforto térmico de abrigos. **Engenharia Rural**, Piracicaba, v.1, n.2, p.43-55, 1991.

SOUZA, S. R. L.; NÄÄS, I. A.; KARASAWA, S.; ROMANINI, C.; E. B. Análise do investimento em climatização para bovinos de leite em sistema de alojamento free-stall. **Revista de Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.24, n.2, p.255-262, 2004.

SOUZA, S. R. L. **Análise do ambiente físico de vacas leiteiras alojadas em sistema de freestall**. 2003. 70f. Dissertação (Mestrado em Construções Rurais e Ambiência) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

SOUZA, C. F.; TINÔCO, I. F. F.; BAÊTA, F. C.; FERREIRA, W. P. M.; SILVA, R. S. Avaliação de materiais alternativos para confecção do termômetro de globo. **Revista Ciência Agrotécnica**, Lavras, v.26, n1, p.157-164, 2002.

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

TINÔCO, I. F. F. Ambiência na produção animal em climas tropicais. In: SIMPÓSIO DE CONSTRUÇÕES RURAIS E AMBIÊNCIA, 2004, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: UFCG/DEAG, 2004. 1 CD-ROM.

TINÔCO, I. F. F. Avicultura industrial: novos conceitos de materiais, concepções e técnicas construtivas disponíveis para galpões avícolas brasileiros. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, Campinas, v.3, n.1, p.1-26, 2001.

TINÔCO, I. F. F. Ambiência e instalações na produtividade de frangos de corte com enfoque em túnel de vento. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AMBIÊNCIA NA PRODUÇÃO DE FRANGOS DE CORTE EM CLIMA QUENTE, 1., 2000, Maringá. **Anais...** Maringá: UEM, 2000. p.35-49.

TITTO, C. G. **Comportamento de touros da raça simental a pasto com recurso de sombra e tolerância ao calor**. 2006. 55f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga.

TITTO, E. A. L. Clima: Influência na produção de leite. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AMBIÊNCIA NA PRODUÇÃO DE LEITE, 1., 1998, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1998. p.10-23.

TKAEZ, M.; PEDRASSANI, D.; FEDALTO, L. M.; THIEM, E. M. B. Níveis microbiológicos e físico-químicos do leite in natura de produtores do estado de Santa Catarina. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE QUALIDADE DO LEITE, 1., 2004, Passo Fundo. **Anais...** Passo Fundo: CBQL, 2004. 1 CD-ROM.

VON BORELL, E. Neuroendocrine integration of stress and significance of stress for the performance of farm animals. **Applied Animal Behavior Science**, Amsterdam, v.44, n.2, p.219-227, 1995.

VIANELLO, R. L.; ALVES, A. R. Climatologia. In: **Meteorologia Básica e Aplicada**. Viçosa: UFV Editora, 2006. p.377-444.

VILELA, R. A. **Comportamento e termorregulação de vacas holandesas lactantes frente a recursos de ventilação e nebulização em estabulação livre.** 2008. 88f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga..

VILLA NOVA, N. A.; FERRAZ, E. S. B.; SANTOS, J. M.; OMETTO, J. C.; BARBIN, D. Uso do termômetro de globo na medida da carga térmica ambiente. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE ENERGIA SOLAR, 1., 1975, San Miguel. **Anais...** San Miguel: ASADES, 1975. p.176-180.

VIOTTO, W. H.; CUNHA, C. R. Teor de sólidos do leite e rendimento industrial. In: ALBENONES, J. M.; DÜRR, J. W; COELHO, K. O. (Ed.). **Perspectivas e avanços da qualidade do leite no Brasil.** Goiânia: Talento Gráfica e Editora, 2006. p.241-258.

WARRISS, P. D. **Meat Science:** an introductory text. Wallingford: CABI Publishing, 2000. cap.1-10.

WEST, J. W. Effects of heat stress on production in dairy cattle. **Journal Dairy Science**, Champaign, v.86, n.6, p.2131-2144, 2003.

XIN, H.; SHAO, B. Real-time Behavior-Based assessment and Control of swine thermal comfort. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM LIVESTOCK ENVIRONMENT, 7., 2005, Beijing. **Proceedings...** Beijing: ASAE, 2005. p.694-701.

YOUSEF, M. K.; JOHNSON, H. D. Endocrine system and thermal environment. In: YOUSEF, M. K. (Ed). **Stress physiology in livestock.** Boca Raton: CRC Press, v.1, 1985. p.133-142.

ZOA-MBOE, A.; HEAD, H. H. BACHMAN, K. C.; BACCARI JÚNIOR, F.; WILCOX, C. J. Effects of bovine somatotropin on milk yield composition, dry matter intake, and some physiological functions of Holstein cows during heat stress. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.72, p.907-916, 1989.

ZOCCAL, R. Produção de leite, vacas ordenhadas e produtividade animal no Brasil. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2008. Disponível em: <<http://www.cnp.gl.embrapa.br/produção/dados2002/produção/230.htm>>. Acesso em: 02 de Set. 2009.

ZWALD, A. Heifer Management Blueprints. Wisconsin: Copyright University of Wisconsin, Department of Dairy Science, 2007. Disponível em: <<http://www.uwex.edu/ces/heifermgmt/documents/heatstress.pdf>>. Acesso em: 17 de Jun. 2009.