

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
FACULDADE DE ZOOTECNIA E ENGENHARIA DE ALIMENTOS

REÍSSA ALVES VILELA

Comportamento e termorregulação de vacas Holandesas lactantes frente a recursos  
de ventilação e nebulização em estabulação livre

Pirassununga  
2008

REÍSSA ALVES VILELA

Comportamento e termorregulação de vacas Holandesas lactantes frente a recursos de ventilação e nebulização em estabulação livre

Dissertação apresentada à Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do Título de Mestre em Zootecnia.

Área de Concentração: Qualidade e Produtividade Animal.

Orientador: Prof. Dr. Evaldo Antonio Lencioni Titto.

Pirassununga  
2008

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

Serviço de Biblioteca e Informação da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da  
Universidade de São Paulo

V699c

Vilela, Reíssa Alves

Comportamento e termorregulação de vacas Holandesas lactantes frente a recursos de ventilação e nebulização em estabulação livre / Reíssa Alves Vilela. --

Pirassununga, 2008.

87 f.

Dissertação (Mestrado) -- Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos -- Universidade de São Paulo. Departamento de Zootecnia.

Área de Concentração: Qualidade e Produtividade Animal.

Orientador: Prof. Dr. Evaldo Antonio Lencioni Titto.

1. Bovinos de leite
2. Comportamento animal
3. Frequência respiratória
4. Recursos de climatização
5. Temperatura retal. I. Título.

## DEDICATÓRIA

Aos meus pais Joaquim e Rosângela por estarem presentes em todas as fases de minha vida, mesmo não estando ao lado, sendo fonte insaciável de amor, respeito e dedicação.

Ao meu irmão Vicente razão de minha precocidade, contribuindo com meu amadurecimento e formação.

Aos meus avôs Ana, José (*in memorian*), Sebastiana e João por serem a base de sustentação dessa família.

*“Um grande coração  
de muitos corações  
o maior dos corações  
Um coração de família....”*

Joe' A

## AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Evaldo Antonio Lencioni Titto, pela orientação, dedicação, incentivo e amizade. A quem admiro e respeito.

Ao Prof. Dr. Holmer Savastano Júnior pelo apoio no início deste projeto.

Ao Prof. Dr. Alfredo Manoel Franco Pereira pelo valioso auxílio, esclarecendo dúvidas e pelo apoio.

Aos meus amigos do LABE, Bruno, Camila, Claudia, Cristiane, Paulo, Tânia, Thays, pela amizade, apoio e colaboração na condução do experimento.

Às minhas mães de coração Isabel, Patrícia, Maria Elisa e Neide. Considero-me uma pessoa abençoada por Deus, por ter tido a oportunidade de receber o amor materno dessas mulheres maravilhosas que tiveram um papel fundamental em várias fases da minha vida.

Aos meus amigos do grupo vocal Patuscada, em nome do nosso regente Osny Fonseca, pelos momentos de descontração e pelas “orgias” gastronômicas.

Às minhas amigas Daiane, Joseane e Renata que me fazem lembrar que não é preciso estar do lado, mas sim do lado de dentro do coração.

Aos meus amigos do vôlei, em nome do Prof. Margutti pelos momentos de descontração e por ajudarem este coração fraco.

**Ao Prof. Dr. Júlio Cesar de Carvalho Balieiro pelo auxílio nas análises estatísticas.**

À Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, em nome dos professores e funcionários pelo apoio e contribuição na minha formação acadêmica.

À Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP pelo apoio financeiro para execução deste projeto.

Aos animais, fonte de toda minha inspiração e motivo pelo qual dedicarei toda minha vida à Zootecnia com fidelidade e amor.

Enfim, a todas as pessoas que direta ou indiretamente contribuíram para mais este passo na minha vida, meu muito obrigado.

## RESUMO

VILELA, R. A. **Comportamento e termorregulação de vacas Holandesas lactantes frente a recursos de ventilação e nebulização em estabulação livre.** 2008. 87f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2008.

Este estudo teve como objetivo avaliar a influência de recursos de climatização, ventilação e nebulização sobre a fisiologia e o comportamento de vacas Holandesas alojadas em *free-stall*, durante o verão do sudeste brasileiro. Foram utilizadas 20 vacas Holandesas lactantes em duas fases experimentais. No experimento I, foram avaliados os efeitos do tratamento ventilação e nebulização e, no experimento II, analisou-se a influência da ventilação isolada. Os parâmetros ambientais registrados foram temperatura do ar, umidade relativa, temperatura de globo negro e pluviosidade, e posteriormente, foi calculado o índice do globo negro e umidade. Os parâmetros fisiológicos avaliados foram temperatura retal, temperatura caudal e frequência respiratória. Os parâmetros comportamentais observados foram atividade, postura, posição e localização dos animais dentro da instalação. Para obtenção das estatísticas descritivas para as variáveis fisiológicas e comportamentais foi utilizada metodologia de quadrados mínimos. As variáveis fisiológicas para ambas fases experimentais não apresentaram diferenças e indicaram conforto térmico. As respostas comportamentais indicaram que o estudo do comportamento é uma ferramenta importante na avaliação do bem-estar dos animais. O sistema de climatização, com ventilação e nebulização, associadas ou não, podem proporcionar um ambiente de maior conforto, determinando alterações comportamentais.

**Palavras-chave:** bovinos de leite, comportamento animal, frequência respiratória, recursos de climatização, temperatura retal.

## ABSTRACT

VILELA, R. A. **Holstein milking cow's behaviour and thermoregulation under fun and mist housing resources in free-stall**. 2008. 87f. M. Sc. Dissertation – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2008.

This study's main goal was to evaluate the influence of resources of climatization, fun and mist, on the physiology and the behaviour of Holstein cows housed in *free-stall*, during Brazilian southeast summer. Was used twenty Holstein milking cows in two experiments. In Trial one the effects of fun and mist were evaluated and in Trial II the influence of fun was analyzed. The environmental parameters registered were air temperature, relative humidity, black globe temperature and rain precipitation, and subsequently was computed the black globe temperature and humidity index. The physiological parameters evaluated were rectal temperature, tail basis temperature and respiratory rate. The behavioral parameters observed were activity, posture and animal position inside of stall. The obtainment of descriptive statistical for the physiological and behavioral variables was used the minimum square method. There were no differences in the physiological variables for both phases indicating thermal comfort. The behavioral responses indicated that the behaviour study is an important tool to evaluate the animal welfare. The climatization system with fun, with or without mist, can to promote an environment with more comfort, determining behavioral changes.

**Key-words:** animal behaviour, climatization resources, dairy cattle, rectal temperature, respiratory rate.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 01 – Efeitos combinatórios dos estressores climáticos sobre o desempenho animal</b>	<b>18</b>
<b>Figura 02 - Zona de tolerância térmica e conforto térmico</b>	<b>20</b>
<b>Figura 03 - Trocas térmicas entre o animal e o ambiente</b>	<b>23</b>
<b>Figura 04 - Croqui da instalação</b>	<b>38</b>
<b>Figura 05 - Vista frontal (A), vista posterior (B), vista lateral direita (C), vista lateral esquerda (D)</b>	<b>39</b>
<b>Figura 06 - Animais pastejando no piquete adjacente</b>	<b>39</b>
<b>Figura 07 - Sistema de climatização instalado no free-stall</b>	<b>41</b>
<b>Figura 08 - Registro da temperatura retal</b>	<b>42</b>
<b>Figura 09 - Registro da temperatura caudal</b>	<b>42</b>
<b>Figura 10 - Etograma de trabalho utilizado na descrição do comportamento</b>	<b>43</b>
<b>Figura 11 - Marcação dos Animais</b>	<b>43</b>



## LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Médias, desvio padrão (dp), coeficiente de variação (cv), mínima (Min) e máxima (Max), para as variáveis climáticas durante o período de observação das variáveis fisiológicas.....	46
Tabela 02 - Médias, desvio padrão (dp), coeficiente de variação (cv), mínima (Min) e máxima (Max), para as variáveis fisiológicas.....	47
Tabela 03 – Resumo da Análise de variância para a frequência respiratória pelo modelo linear misto.....	48
Tabela 04 - Coeficientes de regressão associados à frequência respiratória para cada tratamento avaliado, segundo valores de ITGU.....	48
Tabela 05 - Resumo da análise de variância para a temperatura caudal pelo modelo linear misto.....	49
Tabela 06 - Coeficientes de regressão associados à temperatura caudal para cada tratamento avaliado, segundo valores de ITGU.....	50
Tabela 07 - Resumo da análise de variância para a temperatura retal pelo modelo linear misto.....	51
Tabela 08 - Coeficientes de regressão associados à temperatura retal para cada tratamento avaliado, segundo valores de ITGU.....	52
Tabela 09 - Médias, desvio padrão (dp), coeficiente de variação (cv), mínima (Min) e máxima (Max), para as variáveis climáticas durante o período de observação do comportamento.....	53
Tabela 10 - Médias, desvio padrão (dp), coeficiente de variação (cv), mínima (Min) e máxima (Max), para as variáveis durante o período de observação das variáveis fisiológicas.....	65
Tabela 11 – Médias, desvio padrão (dp), coeficiente de variação (cv), mínima (Min) e máxima (Max), para as variáveis fisiológicas.....	66
Tabela 12 – Resumo da análise de variância para a frequência respiratória pelo modelo linear misto.....	66
Tabela 13 - Coeficientes de regressão associados à frequência respiratória para cada tratamento avaliado, segundo valores de ITGU.....	67
Tabela 14 - Resumo da análise de variância para a temperatura caudal pelo modelo linear misto.....	68
Tabela 15 - Coeficientes de regressão associados à temperatura caudal para cada tratamento avaliado, segundo valores de ITGU.....	69
Tabela 16 - Resumo da análise de variância para a temperatura retal pelo modelo linear misto.....	70
Tabela 17 - Coeficientes de regressão associados à temperatura retal para cada tratamento avaliado, segundo valores de ITGU .....	70
Tabela 18 - Médias, desvio padrão (dp), coeficiente de variação (cv), mínima (Min) e máxima (Max), para as variáveis climáticas durante o período de observação do comportamento.....	72

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01 - Frequência respiratória estimada para os tratamentos controle (C) e ventilação e nebulização (VN), (mov.min-1).....	49
Gráfico 02 - Temperatura caudal estimada para os tratamentos controle (C) e ventilação e nebulização (VN), (oC).....	51
Gráfico 03 - Temperatura retal estimada para os tratamentos controle (C) e ventilação e nebulização (VN), (oC).....	53
Gráfico 04 - Porcentagem de animais dos tratamentos controle (C) e ventilação e nebulização (VN) na “postura em pé”.....	55
Gráfico 05 - Porcentagem de animais dos tratamentos controle (C) e ventilação e nebulização (VN) na “postura deitado”.....	56
Gráfico 06 - Porcentagem de animais dos tratamentos controle (C) e ventilação e nebulização (VN) na “posição ao sol”.....	57
Gráfico 07 - Porcentagem de animais dos tratamentos controle (C) e ventilação e nebulização (VN) na “posição sombra”.....	58
Gráfico 08 - Porcentagem de animais dos tratamentos controle (C) e ventilação e nebulização (VN) na “localização piquete”.....	59
Gráfico 09 - Porcentagem de animais dos tratamentos controle (C) e ventilação e nebulização (VN) na “localização cama”.....	60
Gráfico 10 - Porcentagem de animais dos tratamentos controle (C) e ventilação e nebulização (VN) na “localização comedouro”.....	61
Gráfico 11 - Porcentagem de animais “comendo” dos tratamentos controle (C) e ventilação e nebulização (VN).....	62
Gráfico 13 - Porcentagem de animais em “ócio” dos tratamentos controle (C) e ventilação e nebulização (VN).....	64
Gráfico 14 - Frequência respiratória estimada para os tratamentos controle (C) e ventilação (V), (mov.min-1).....	68
Gráfico 15 - Temperatura caudal estimada para os tratamentos controle (C) e ventilação (V), (oC).....	69
Gráfico 16 - Temperatura retal estimada para os tratamentos C e V.....	71
Gráfico 17 - Porcentagem de animais dos tratamentos controle (C) e ventilação (V) na “postura em pé”.....	73
Gráfico 18 - Porcentagem de animais dos tratamentos controle (C) e ventilação (V) na “postura deitado”.....	74
Gráfico 19 - Porcentagem de animais dos tratamentos controle (C) e ventilação (V) na “posição ao sol”.....	75
Gráfico 20 - Porcentagem de animais dos tratamentos controle (C) e ventilação (V) na “posição sombra”.....	76
Gráfico 21 - Porcentagem de animais dos tratamentos controle (C) e ventilação (V) na “localização piquete”.....	76
Gráfico 22 - Porcentagem de animais dos tratamentos controle (C) e ventilação (V) na “localização cama”.....	77
Gráfico 23 - Porcentagem de animais dos tratamentos controle (C) e ventilação (V) na “localização comedouro”.....	78
Gráfico 24 - Porcentagem de animais “comendo” dos tratamentos controle (C) e ventilação (V).....	79
Gráfico 25 - Porcentagem de animais “ruminando” dos tratamentos controle (C) e ventilação (V).....	80

<b>Gráfico 26 - Porcentagem de animais “em ócio” dos tratamentos controle (C) e ventilação (V).....</b>	<b>81</b>
---	-----------

## **SUMÁRIO**

<b>1 - INTRODUÇÃO.....</b>	<b>14</b>
<b>2 - HIPÓTESE.....</b>	<b>15</b>
<b>3 - OBJETIVO.....</b>	<b>15</b>
<b>4 - REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>16</b>
4.1 - Bem-estar.....	16
4.2 - Estresse.....	17
4.3 - Estresse Climático.....	17
4.4 - Zona de Conforto Térmico.....	19
4.5 - Mecanismos de controle térmico.....	21
4.5.1 - Termogênese.....	21
4.5.2 - Termólise.....	21
4.5.2.1 - Transferência de calor sensível.....	23
4.5.2.1.1 - Condução.....	23
4.5.2.1.2 - Convecção.....	24
4.5.2.1.3 - Radiação.....	24
4.5.2.2 - Transferência de calor latente.....	25
4.5.2.2.1 - Evaporação cutânea.....	25
4.5.2.2.2 - Evaporação respiratória.....	26
4.6 - Temperatura Retal.....	27
4.7 - Temperatura de Superfície Corporal (epiderme e pelame).....	28
4.8 - Respostas comportamentais.....	28
4.9 - Manejo ambiental e instalações para bovinos leiteiros em ambientes tropicais...30	
4.9.1 - Sombra Natural.....	31
4.9.2 - Sombra Artificial.....	32
4.9.3 - Ventilação.....	33
4.9.4 - Resfriamento Evaporativo.....	34
4.10 - Índices de conforto térmico .....	35
4.10.1 - Índice de temperatura e umidade (ITU).....	36
4.10.2 - Temperatura de globo negro (TGN).....	36
4.10.3 - Índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU).....	37
<b>5 - MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>38</b>
5.1 - Local do Experimento.....	38
5.2 - Instalações.....	38
5.3 - Animais do Experimento.....	40
5.4 - Tratamentos.....	40
5.5 - Parâmetros Avaliados.....	41
5.5.1 - Variáveis Climáticas.....	41
5.5.2 - Variáveis fisiológicas.....	42
5.5.3 - Variáveis comportamentais.....	43
5.6 - Análise Estatística.....	44
<b>6 - RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>45</b>
6.1 - Experimento I.....	45
6.1.1 - Variáveis Climáticas .....	45
6.1.2 - Variáveis Fisiológicas.....	46
6.1.3 - Variáveis Climáticas no período de avaliação do comportamento.....	53
6.1.4 - Comportamento.....	54
6.2 - Experimento II.....	64
6.2.1 - Variáveis Climáticas.....	64
6.2.2 - Variáveis Fisiológicas.....	65
6.2.3 - Variáveis climáticas no período de avaliação do comportamento.....	71

<u>6.2.4 - Comportamento.....</u>	<u>72</u>
<u>6 - CONCLUSÃO.....</u>	<u>81</u>
<u>7 - IMPLICAÇÕES.....</u>	<u>81</u>
<u>8 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</u>	<u>82</u>

## 1 - INTRODUÇÃO

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

A bovinocultura leiteira, nos últimos anos, vem sendo tecnificada, com busca por alta qualidade no produto final, concomitante com a economicidade dos processos envolvidos, passando de um modelo extrativista, que envolvia uma criação com pequeno número de animais azebuados e de baixa produtividade, para animais geneticamente especializados, de alto potencial produtivo, que devem ser manejados e nutridos em ambiente melhorado, necessitando ser mantidos em condições ideais de crescimento e produção.

A produção leiteira brasileira se baseia em pequenas e médias propriedades. Mais de 70% do leite produzido em São Paulo e Minas Gerais são oriundos de produtores com 100 a 500 litros de produção diária (CONCEIÇÃO, 2008). Apesar de o rebanho brasileiro ser formado por vacas pouco produtivas, essa produtividade evoluiu 16,3% nos últimos cinco anos, passando de 4,9 para 5,7 litros diários por vaca, o que certamente influenciou o crescimento de 30,9% da produção nacional de leite inspecionado (MILKPOINT, 2008). Por outro lado, podemos citar recente desempenho do setor leiteiro, onde “as exportações de produtos lácteos já superaram o valor exportado em todo o ano de 2007, que foi de US\$ 299 milhões, atingiram US\$ 398 milhões no acumulado de janeiro a setembro, crescimento de 160,5% em relação ao mesmo período do ano passado. O saldo da balança comercial do setor subiu de US\$ 43 milhões entre janeiro e setembro de 2007 para US\$ 236 milhões, incremento de 444%” (MILKPOINT, 2008).

Este processo adquiriu uma velocidade inesperada para nossa realidade, transformando rapidamente o setor leiteiro. Com isso, muitas granjas leiteiras utilizam cada vez mais animais com alto potencial genético para produção de leite, que são mais exigentes nutricionalmente, possuem metabolismo mais elevado com maior produção de calor endógeno e, portanto, mais susceptíveis às ações do ambiente (TITTO, 1998).

A dificuldade de adaptação das raças leiteiras européias no Brasil é evidente e afeta diretamente o setor produtivo de leite. Para Souza (2002) as condições climáticas do país são desfavoráveis e o desenvolvimento de novas tecnologias é imprescindível para que o

potencial genético e a capacidade de conversão alimentar sejam evidenciados nos animais. Desta forma, o conhecimento das respostas das vacas em produção, ao ambiente, além do uso adequado de equipamentos e recursos de conforto, torna-se imprescindível para otimizar os custos de produção e aumentar a produtividade leiteira.

Matarazzo (2003) sugeriu que devido às diferenças climáticas existentes entre os países e até mesmo entre as regiões, os sistemas e as tecnologias devem ser adaptados às condições locais. Para Silva (1999) não há um esquema que possa ser usado em todos os países, e sequer em todo território nacional, pois devemos considerar a raça dos animais, a fase de desenvolvimento, o nível tecnológico, o nível de produção, as características climáticas e de relevo da região, os sistemas e as instalações já existentes, entre outros fatores. Por isso, existe a necessidade de avaliar as respostas do animal aos ambientes de criação, levando em consideração não somente os dados produtivos, mas também outros aspectos que envolvem a produção (SOUZA, 2002).

A importância da adequação climática das instalações para criação de bovinos de leite reside em sua estreita ligação com a produtividade e economicidade do empreendimento rural. As crescentes pressões para o aumento da produção animal, a competitividade dos mercados interno e externo, e a conservação dos recursos ambientais apontam para uma maior racionalização dos processos produtivos e, conseqüentemente, das instalações, na medida em que estas podem ser projetadas para oferecer melhores condições ambientais, amenizando as sensações de desconforto térmico e resultando em melhores condições de desenvolvimento da bovinocultura leiteira.

## **2 - HIPÓTESE**

A hipótese principal foi verificar como os recursos de climatização, como ventilação e nebulização, alteram as respostas fisiológicas e comportamentais de vacas Holandesas lactantes alojadas em estabulação livre.

## **3 - OBJETIVO**

Este projeto teve como objetivo avaliar a influência de recursos de climatização, ventilação e nebulização, nas respostas fisiológicas e comportamentais de vacas Holandesas alojadas em *free-stall* durante o verão no sudeste brasileiro.

## 4 - REVISÃO DE LITERATURA

### 4.1 - Bem-estar

Um critério essencial para a definição de bem-estar animal é que o mesmo deve referir-se as características do animal, e não a algo proporcionado pelo homem. Deve ser definido de forma que permita pronta relação com outros conceitos tais como: necessidades, liberdades, felicidade, adaptação, controle, capacidade de previsão, sentimentos, sofrimento, dor, ansiedade, medo, estresse e saúde (BROOM, 2002).

Broom (1991) definiu o bem-estar como um termo que se refere ao estado de um indivíduo em relação às suas tentativas de adaptar-se ao seu ambiente. O conceito refere-se ao estado de um indivíduo em uma escala variando de muito bom a muito ruim.

Crissiuma e Almeida (2006) em uma revisão sobre o conceito de bem-estar, concluíram que se devem refinar as formas de se medir o grau de bem-estar dos animais, para que estas avaliações possam ser utilizadas no sentido de se aprimorar as relações entre seres humanos e animais e que o debate e a divulgação do tema são fundamentais para o desenvolvimento da pesquisa científica dentro dos parâmetros da bioética.

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

De acordo com Barnett e Hemsworth (1990) o bem-estar, em uma visão etológica, é avaliado por meio de indicadores fisiológicos e comportamentais. As medidas fisiológicas associadas ao estresse têm sido baseadas no fato que, se o estresse aumenta, o bem-estar diminui. Os indicadores de comportamento levam em conta especialmente a intensidade e a frequência de ocorrência de comportamentos anormais.

Na avaliação das mensurações fisiológicas, estas devem ser interpretadas com cuidado, pois o impedimento da função imune, assim como algumas alterações fisiológicas pode indicar estado pré-patológico (MOBERG, 1985).

A mensuração do comportamento do animal possui grande importância na avaliação do bem-estar. O fato de um animal evitar ou refugar um objeto ou um evento fornece informações sobre seus sentimentos e, conseqüentemente, seu bem-estar. Comportamentos anormais como estereotípias, automutilação, canibalismo, comportamento excessivamente agressivo indicam que o indivíduo em questão encontra-se em condições de baixo grau de bem-estar (BROOM; MOLENTO, 2004).



Portanto, em qualquer avaliação de bem-estar, é necessário levar em conta as variações individuais ao enfrentar adversidades.

#### **4.2 - Estresse**

Segundo Baccari Jr (1998a) o estresse caracteriza-se pela soma de mecanismos de defesa do organismo em resposta a um estímulo provocado por um agente estressor, externo ou interno, pra manter a homeostasia ocasionando respostas comportamentais, fisiológicas e imunológicas. Baccari Jr (2001) afirmou que os agentes estressores podem ser de origem mecânica (traumatismo, cirúrgicos, contenção); ambientais (temperatura do ar, umidade relativa, radiação, vento, poeira); físicas (eletricidades, ruídos); químicos (drogas); biológicas (nutrição, agentes infecciosos); sociais (hierarquia, dominância); e psicológicas (manejo).

De acordo com Breazile (1988) o eustresse representa o estímulo que inicia as respostas adaptativas benéficas no organismo, sendo as variações próximas do normal, incluindo alterações cardiovasculares, respiratórias, metabólicas, entre outras. O diestresse compreende um estímulo que pode ser prejudicial, interferindo no conforto e na capacidade reprodutiva do indivíduo.

Silva (2006) denominou duas formas de estresse, o eustresse e o diestresse, onde o eustresse representa o alerta, o estímulo, a ação e a reação em si, às ameaças ou às mudanças que ocorrem no organismo e que exige resistência ou adaptação. E ressaltou ainda, que o organismo não é capaz, inicialmente, de distinguir o eustresse do diestresse, pois ambos desencadeiam as mesmas reações orgânicas, sendo o fator tempo, na maioria das vezes, determinante sob o aspecto positivo ou negativo do estresse.

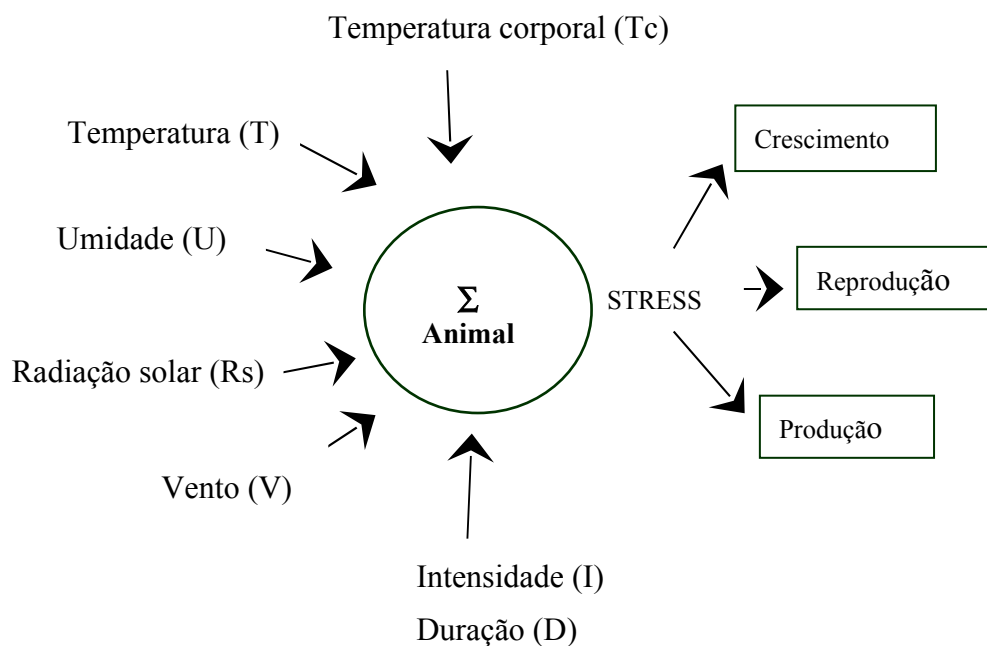
#### **4.3 - Estresse Climático**

O termo estresse climático deve ser utilizado para descrever aquela porção de bem-estar pobre, que se refere à ineficácia nas tentativas de enfrentar as adversidades do meio (BROOM, 2002). Se os sistemas de controle que regulam a homeostasia corporal e as respostas ao perigo não conseguem manter uma alteração de estado fisiológico dentro dos níveis toleráveis, atinge-se uma situação de risco biológico.

Para Fraser e Broom (1990) o estresse climático pode ser definido como um estímulo ambiental sobre um indivíduo que sobrecarregue seu sistema de controle e reduza sua adaptação.

O estresse climático é causado por elementos ambientais como temperatura, umidade, radiação solar, e suas combinações, podendo afetar o crescimento, a produção e a reprodução dos animais (figura 01). Em regiões de clima quente predomina o estresse térmico por calor (BACCARI JR, 1998b).

Segundo Perissinotto (2007) a resposta dos animais a um evento estressante compreende três componentes principais: o reconhecimento da ameaça à homeostase, as respostas, e as conseqüências do estresse. Moberg (1987) apontou fatores como experiência anterior, genética, idade, sexo ou condições fisiológicas como modeladores das respostas biológicas de um animal frente a uma agente estressor.



$$\text{Estresse climático} = f(T, U, R_s, V, I, D, T_c)$$

Adaptado de Baccari Jr., 1998b.

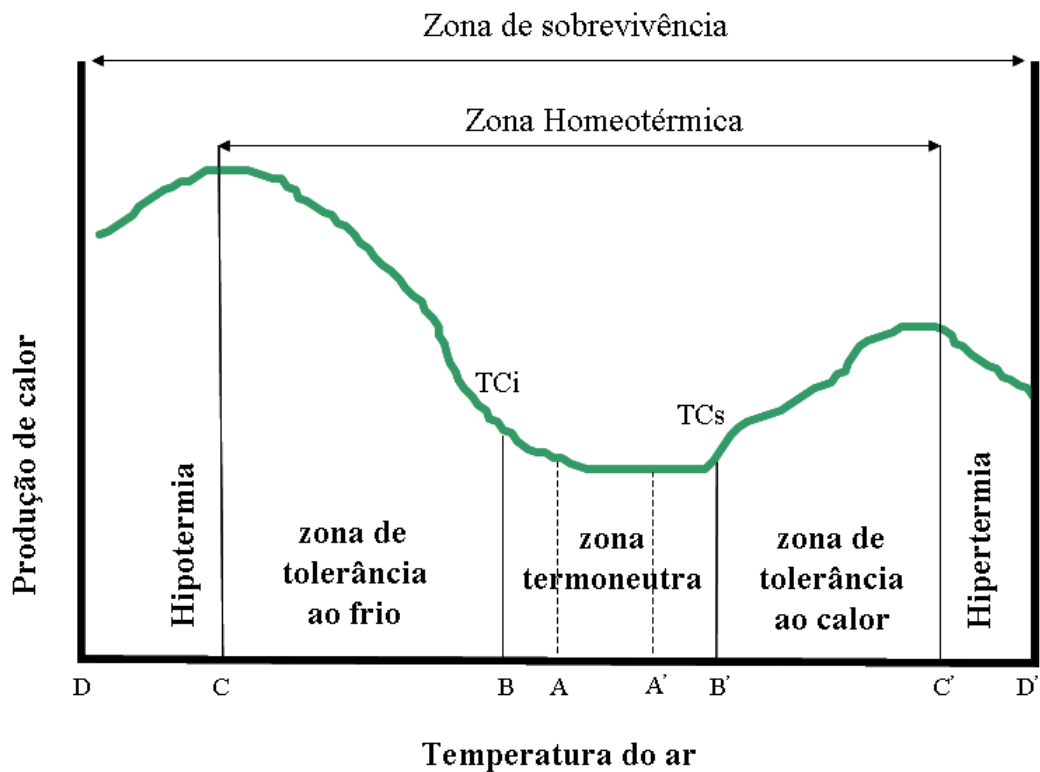
Figura 01 – Efeitos combinatórios dos estressores climáticos sobre o desempenho animal

#### 4.4 - Zona de Conforto Térmico

A temperatura corporal de um animal endotérmico depende da energia térmica estocada por unidade de massa corporal. Essa quantidade de energia pode ser aumentada através dos processos de termogênese ou diminuída pelos processos de termólise.

As vacas leiteiras são animais homeotermos que apresentam funções fisiológicas destinadas a manter a temperatura corporal constante. A zona de conforto térmico, ou zona de termoneutralidade (Figura 2, B-B'), é determinada pela faixa de temperatura efetiva ambiental, onde o animal mantém constante sua temperatura corporal com mínimo esforço dos mecanismos termorregulatórios (BAÊTA; SOUZA, 1997; NÄÄS, 1989; TITTO, 1998). Obviamente essa faixa térmica encontra-se em conjunto com níveis médios de umidade relativa do ar, já que os efeitos do ambiente nos animais são decorrentes das condições termohigrométricas.

Dentro da zona termoneutra existe uma zona mais estreita, denominada zona ótima para o desempenho e saúde do animal (Figura 02, A-A'), onde o animal não sofre estresse térmico, a utilização dos nutrientes da dieta é máxima, a temperatura corporal, a frequência respiratória e a ingestão de alimentos são normais, não ocorre sudorese, e a produção é ótima (BACCARI JR, 1998b). Nas condições de termoneutralidade, o gasto de energia para a manutenção do animal ocorre a um nível mínimo e, assim, a energia gerada pode ser dirigida para os processos produtivos, além dos de manutenção (SILVA, 2000).



Adaptado de Titto, 1998.

Figura 02 - Zona de tolerância térmica e conforto térmico

De acordo com Nääs (1989) a faixa de termoneutralidade para vacas Holandesas em lactação, em função da umidade relativa do ar e radiação solar, poderia ser restringida entre 7 e 21°C. Segundo Huber (1990) esta faixa varia de 4 a 26°C.

Os limites da zona termoneutra (B-B') são a temperatura crítica inferior (TCi) e a temperatura crítica superior (TCs). As temperaturas críticas podem variar em função de raça, idade, estado fisiológico, nível de produção e aclimação. Valores mais altos de temperatura crítica superior indicam maior tolerância ao calor (BACCARI Jr, 2001). Martello (2006) não encontrou indicativos fisiológicos de estresse por calor em vacas Holandesas lactantes mantidas em ambientes com temperaturas do ar atingindo 27°C, com umidade relativa do ar abaixo de 70%.

A zona de tolerância (C-C') compreende as faixas de temperatura ambiental, abaixo ou acima das temperaturas críticas da zona de conforto, onde a dissipação ou a produção e conservação de calor são eficazes em manter a temperatura interna estável (TITTO, 1998).

## 4.5 - Mecanismos de controle térmico

### 4.5.1 - Termogênese

Quando a temperatura está abaixo da zona térmica ótima (A) o animal apresenta uma vasoconstrição periférica e uma piloereção generalizada, resultando em um ligeiro aumento na conservação de calor (BIANCA, 1973). Porém quando a temperatura estiver abaixo da TC<sub>i</sub>, além das alterações fisiológicas, o animal apresenta modificações no comportamento, como aumento na ingestão de alimento e mudança na postura, a fim de incrementar sua produção de calor até alcançar um ponto de metabolismo máximo (C), onde já não é mais possível nenhum aumento na produção de calor e o animal entra em hipotermia (BACCARI Jr, 2001).

Segundo Himms-Hagen (1983) a termogênese é distinguida em duas formas: a obrigatória e a facultativa. A termogênese obrigatória ocorre em todos os órgãos, particularmente nos tecidos nervoso, glandular e muscular, sendo controlada basicamente pelos hormônios da glândula tireóide. A termogênese facultativa é aquela que o animal recorre apenas em determinadas circunstâncias e divide-se em termogênese induzida pela ingestão de alimento, pelo frio e pelo exercício físico.

Para Silva (2000) na termogênese obrigatória, as alterações metabólicas ocorrem lentamente e requerem muitas horas ou dias para se completar. Por outro lado, a termogênese facultativa baseia-se em reações rápidas. Esse tipo de termogênese destina-se diretamente a suprir uma deficiência calórica quando o animal se encontra em estresse pelo frio.

### 4.5.2 - Termólise

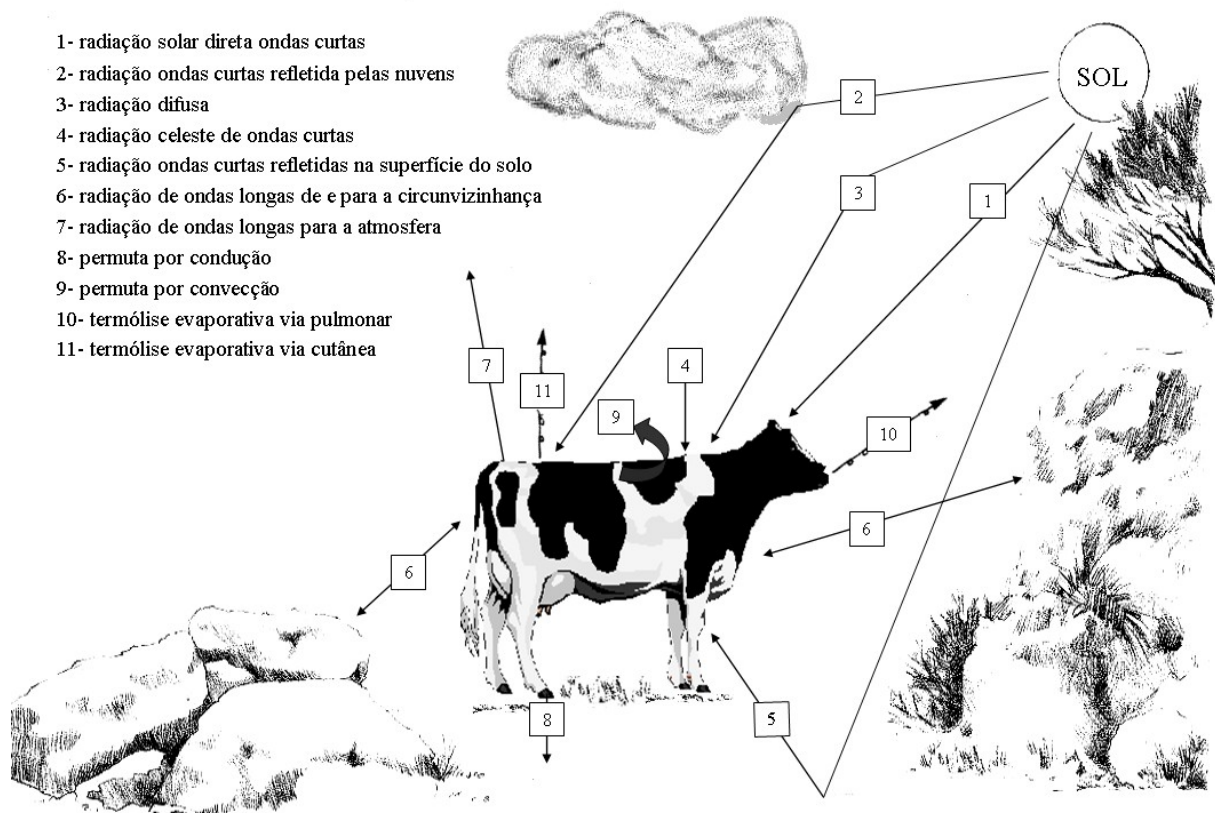
Quando a temperatura do ambiente se encontra acima da zona térmica ótima (A) o animal aciona seus mecanismos termolíticos, como a vasodilatação periférica, dissipando o calor principalmente por radiação e convecção (BIANCA, 1973). À medida que a temperatura se eleva e ultrapassa a TC<sub>s</sub> (B) o centro termorregulador, sediado no hipotálamo, dá início à termólise, especialmente por via evaporativa, intensificando a sudação que, por sua vez, é complementada com o aumento na evaporação respiratória através do ofego. Se estes mecanismos não forem suficientes para perda do calor, não havendo restabelecimento do equilíbrio térmico, a temperatura do corpo começará a se elevar (TITTO, 1998). Segundo

Pires et al. (1998a) a partir deste limite, inicia-se a redução nas atividades da tireóide, redução na ingestão de alimentos e aumento na ingestão de água, com alterações comportamentais como procura por sombra e modificações na postura. Quando a temperatura ultrapassar o limite da zona de tolerância ao calor ( $C'$ ) o animal entra em hipertermia.

A temperatura crítica superior para vacas de origem européia em lactação fica entre 25 e 27°C, podendo variar para mais ou para menos dependendo da adaptação do animal, do tempo de exposição e do nível de produção do animal (BERMAN et al., 1985; BAËTA; SOUZA, 1997; FUQUAY, 1997).

A hipertermia pode ocorrer a temperaturas ambientes relativamente baixas quando a umidade do ar estiver alta, a produção metabólica for elevada, houver altos níveis de nutrição e produção ou, ainda, como resultado de gestação ou excitação emocional (BIANCA, 1973). Pennington e Vandevender (2005) afirmaram que, quanto maior o valor da umidade relativa do ar, menores serão os valores aceitáveis da temperatura do ar para que o animal permaneça na zona termoneutra.

Os processos de termólise em que ocorrem as trocas de energia em forma de calor, entre o animal e o ambiente externo, podem ser de forma sensível ou latente. Para Johnson (1980) as trocas de calor sensíveis (condução, convecção e radiação) são determinadas por fluxos de calor causados por gradientes de temperatura. Os fluxos de calor causados por gradientes de pressão de vapor de água são chamados de trocas de calor latentes (evaporação), conforme ilustra a figura 03.



Adaptado de Pereira, 2004.

Figura 03 - Trocas térmicas entre o animal e o ambiente

#### 4.5.2.1 - Transferência de calor sensível

##### 4.5.2.1.1 - Condução

Silva (2000) definiu a condução térmica como um mecanismo de transferência de energia térmica entre corpos ou entre partes de um mesmo corpo, por meio da energia cinética da movimentação das moléculas ou pelo movimento de elétrons livres. Um aspecto fundamental da condução é a necessidade de contato direto entre as moléculas ou superfícies dos corpos nela envolvidos.

Segundo Baêta e Souza (1997) no fluxo interno de calor por condução são envolvidos os seguintes componentes: núcleo corporal, pele, camada de cobertura (pelame), e camada limite (camada delgada de ar que separa a camada de cobertura da do ambiente externo).

A condução é a forma sensível de transferência de calor que tem menor contribuição nos processos de termólise do animal (SILVA, 2000). A perda de calor por condução torna-se

mais significativa sob condições especiais, tais como contato com um objeto frio (HARDY, 1981).

#### **4.5.2.1.2 - Convecção**

A transferência de calor por convecção ocorre por meio do movimento convectivo de um fluido (gasoso ou líquido) e uma superfície sólida. O ar, que possui um baixo calor específico, entra em contato com uma superfície aquecida (epiderme) e é aquecido rapidamente. Como o ar quente é menos denso, ele sobe, sendo substituído por um ar mais frio, o que causa pequenas correntes convectivas próximas à superfície da pele, mantendo assim um gradiente de temperatura entre a pele e o ar (HARDY, 1981).

Nããs (1989) descreveu que a movimentação do ar e a extensão da superfície são dois fatores que intervêm na perda de calor por convecção.

A ventilação, natural e artificial, deve ser otimizada nos abrigos para vacas leiteiras, como o mais importante recurso de conforto após o provimento de sombra, em função da grande quantidade de calor que pode ser retirada do animal e da instalação para o ambiente, e também pela importância dessa via como facilitadora da evaporação.

#### **4.5.2.1.3 - Radiação**

A radiação constitui outra forma sensível de troca de calor por meio de ondas eletromagnéticas entre dois corpos que se encontram em diferentes temperaturas, direcionando-se para o corpo de menor temperatura, sem aquecer o ar por onde passa e, portanto, não dependendo da movimentação do ar (NÃÃS, 1989). A quantidade de radiação emitida depende da natureza do material, inclusive da emissividade do corpo, da constituição física e da temperatura absoluta da superfície emissora (SILVA, 2000).

Esta via é mais importante para a aquisição de calor que propriamente para a perda de calor (BACCARI JR, 2001).

Face ao grande desconforto imposto pela radiação solar direta (em especial às raças européias), importa determinar com maior rigor a elaboração do manejo ambiental. A proteção efetiva dos animais contra a radiação solar torna-se, portanto, imprescindível para a manutenção de índices de bem-estar satisfatórios. Deve ser considerada esta questão crucial que se concretiza no sombreamento das pastagens.



#### 4.5.2.2 - Transferência de calor latente

Baêta e Souza (1997) afirmaram que quando um animal se encontra em um ambiente térmico estressante, à medida que a temperatura corporal deste se aproxima da do ambiente, as trocas de calor sensível deixam de ser efetivas no balanço homeotérmico, pois o gradiente de temperatura torna-se pequeno, reduzindo sua eficácia, havendo a necessidade de utilização das trocas de calor latente. Para vacas Holandesas manejadas em ambiente tropical a evaporação torna-se o principal mecanismo termolítico, quando a temperatura do ar se eleva acima de 30°C, com baixa umidade relativa do ar, podendo ser responsável por até cerca de 80% do fluxo total de calor latente, como no trabalho de Maia, Silva e Loureiro (2006).

Segundo Silva (2000) a quantidade de água evaporada do corpo de um animal depende de diversos fatores, conforme o local da evaporação: no sistema respiratório são importantes o volume de ar expirado, a temperatura corporal e a umidade do ar inspirado. Na superfície da epiderme, os fatores mais importantes são a velocidade do vento, a temperatura da superfície corporal, a umidade atmosférica, a taxa de transferência de água do interior do corpo para a superfície e a capa de cobertura (pelame).

O ambiente possui uma influência importante nos processos evaporativos e na fisiologia do animal. Em um ambiente quente e muito seco, a evaporação ocorre rapidamente, causando irritação cutânea e desidratação geral e em um ambiente quente e muito úmido, a evaporação se processa lentamente, prejudicando a termólise e aumentando o estresse calórico (SILVA, 2000).

##### 4.5.2.2.1 - Evaporação cutânea

As glândulas sudoríparas dos bovinos são do tipo apócrina (FINDLAY; YANG, 1950; HAFEZ; BADRELDIN; SHAFEI, 1955; NAY; HAYMAN 1956). Porém McDowell (1972) acreditava que não eram inteiramente apócrinas, mas merócrinas, porque não comprovou que nelas ocorria uma perda importante de material citoplasmático durante o processo secretório. Essas glândulas são também epitríquias, porque estão sempre associadas a um folículo piloso.

A sudação é a via evaporativa de termólise mais eficiente e de gasto energético inferior para o animal quando em condições de umidade relativa não superior a 70%. A taxa de sudação em vacas Holandesas varia bastante em função das condições higrométricas do ambiente, da adaptabilidade dos animais, da capacidade circulatória e sudativa destes,

ocorrendo resultados de  $133 \text{ g m}^{-2} \text{ h}^{-1}$  (McDOWELL, 1975),  $185 \text{ g m}^{-2} \text{ h}^{-1}$  (SUZUKI et al., 1989) e até  $275 \text{ g m}^{-2} \text{ h}^{-1}$  (LIMA, 1991).

A quantidade de suor produzido depende do número e atividade de glândulas, da natureza da capa de cobertura cutânea e sua permeabilidade ao vapor de água, além da capacidade circulatória periférica. Segundo Silva (2000) o número de glândulas ativas está relacionado com o ciclo de atividade dos folículos pilosos e também com a idade do animal.

A evaporação na superfície cutânea, não envolve apenas o suor produzido pelas glândulas sudoríparas. A perspiração é uma forma de evaporação que envolve a difusão do vapor dos fluidos procedentes dos tecidos abaixo da epiderme (BACCARI JR, 1998a).

#### **4.5.2.2.2 - Evaporação respiratória**

Bianca (1973) afirmou que a evaporação respiratória depende do volume do ar que circula por unidade de tempo nas superfícies úmidas do trato respiratório. A ventilação é resultado da frequência e profundidade da respiração. Animais sob estresse térmico acentuado e prolongado mudam o tipo de respiração. A taquipnéia superficial cede lugar a uma respiração mais lenta e profunda, possibilitando um incremento temporário na ventilação alveolar (BIANCA; FINDLAY, 1962). Porém, esta segunda fase respiratória, de certo modo, apresenta efeitos desfavoráveis como alcalose respiratória, devido à grande quantidade de  $\text{CO}_2$  eliminado.

O primeiro sinal visível de animais submetidos ao estresse térmico é o aumento da frequência respiratória, embora seja o terceiro na seqüência dos mecanismos de termorregulação. Estando sujeitas as variações intrínsecas e extrínsecas. As intrínsecas caracterizam-se pelas respostas aos exercícios físicos, medo, excitação, estado fisiológico e produção de leite (CARVALHO et al., 1995; MARAI; HABEEB; FARGHALY, 1999). Fatores extrínsecos, ou ambientais, como condições climáticas, estação do ano, ciclo circadiano, densidade animal e sombreamento resultam em respostas respiratórias, geralmente associadas aos mecanismos de termólise (PIRES et al., 1998b; MARAI; HABEEB; FARGHALY, 1999). Segundo Rodriguez (1948), a frequência respiratória normal de bovinos leiteiros adultos da raça Holandesa situa-se entre 10 e 40  $\text{mov.min}^{-1}$ . Hahn, Parkhurst e Gaughan (1997) afirmaram que uma frequência de 60  $\text{mov.min}^{-1}$  indica que o estresse térmico nos animais está ausente ou é mínimo. Sendo que com uma carga excessiva de calor esses movimentos ultrapassam 120  $\text{mov.min}^{-1}$ , e que acima de 160  $\text{mov.min}^{-1}$  requer medidas de

emergência, como, por exemplo, molhar os animais. Azevedo et al. (2005) observaram que frequências de 80 a 90 mov.min<sup>-1</sup> indicaram que as vacas estariam submetidas ao estresse calórico.

Anderson (1988) afirmou que vacas em lactação, em condições de termoneutralidade, apresentam frequência respiratória de 18 a 28 mov.min<sup>-1</sup> e que começa a elevar-se quando as temperaturas ambientes ultrapassam os 26°C.

O aumento da frequência respiratória por um determinado intervalo de tempo é uma resposta termolítica. Porém, se este período se prolonga ocasiona um aumento no calor endógeno, em função da atividade muscular (ofego). Além de interferir na ingestão de alimentos e ruminação, desviam energia de outros processos metabólicos. O aumento da frequência respiratória causa uma diminuição parcial de CO<sub>2</sub> no sangue e, conseqüentemente, uma diminuição na concentração de ácido carbônico resultando em uma alcalose respiratória.

#### **4.6 - Temperatura Retal**

Silva (2000) relatou que a temperatura do corpo não é homogênea e varia de acordo com a região anatômica, em razão das diferenças nas atividades metabólicas dos diversos tecidos. As regiões superficiais apresentam temperatura mais variável e mais sujeitas às influências do ambiente externo. A região do reto é a que apresenta temperatura que mais se aproxima da temperatura nuclear. O equilíbrio da temperatura retal ocorre mais lentamente que em outros pontos internos, tornando-se um índice dinâmico verdadeiro.

A medida da temperatura retal é geralmente utilizada como índice de adaptabilidade fisiológica aos ambientes quentes, pois seu aumento indica que os mecanismos de termólise tornaram-se insuficientes na liberação do calor acumulado (SILVA, 2000).

A temperatura retal do animal, mesmo em situação de conforto, não se mantém constante, apresentando uma variação circadiana ou um ritmo diurno, influenciados por mudanças nas suas atividades físicas, no nível metabólico, ingestão de alimento e comportamental (BIANCA, 1973; PIRES et al., 1998a; SILANIKOVE, 2000).

A temperatura retal média varia conforme a raça, idade, estágio de lactação, nível nutricional e estágio reprodutivo. McDowell, Lee e Fohrman (1958) ao realizarem uma revisão a cerca do assunto, chegaram a um valor absoluto de 38,3°C como a temperatura retal normal aceita para todas as raças bovinas. Stober (1993) afirmou que bovinos em

termoneutralidade apresentam temperatura retal em torno de 38-39°C. Silva (2000) considerou como temperatura retal normal a faixa entre 37,5 a 39,3°C.

Segundo Martello et al. (2004) a temperatura retal sofre uma pequena variação durante o período do dia, sendo mais alta no final da tarde e início da noite em relação ao período da manhã, variando também durante o ciclo estral e entre as estações do ano.

#### **4.7 - Temperatura de Superfície Corporal (epiderme e pelame)**

A temperatura de superfície do pelame não é homogênea e apresenta variações de acordo com a região anatômica. A superfície corporal apresenta temperatura mais variável, pois está mais sujeita as influências do ambiente externo (SILVA, 2000).

O pelame protege o organismo do animal do calor e do frio e sua temperatura varia de acordo com as condições ambientais de temperatura, umidade, radiação solar e velocidade do vento, bem como os fatores fisiológicos como vasodilatação e sudorese (MARTELLO, 2006). A mesma autora encontrou correlação positiva entre temperatura superficial da base da cauda e temperatura retal em vacas Holandesas em lactação.

Cappa, Vazhapilly e Maianti (1989) avaliaram a temperatura de superfície corporal de vacas Holandesas em lactação, em dois ambientes térmicos, observaram que os animais na zona termoneutra (24°C) apresentaram temperatura de pelame de 36,7°C, estes mesmos animais quando foram submetidos a temperaturas de 28°C apresentaram temperatura de pelame de 37,5°C.

Martello et al. (2004) ao avaliarem a temperatura do pelame de vacas Holandesas alojadas em instalações climatizadas, verificaram que a temperatura do pelame pode variar de 31,6°C às 6 horas a 34,7°C às 13 horas, sem indicar estresse térmico.

#### **4.8 - Respostas comportamentais**

Os conhecimentos gerados a partir do comportamento animal tornam-se importantes para estruturação e acompanhamento dos sistemas de produção como um todo, incluindo atividades individuais e seus ambientes sociais e físicos, sendo possível uma melhor compreensão das causas que norteiam as ações dos animais (STRICKLIN; KAUTZ-SCANAVY, 1984).

O estresse térmico pode ser identificado pelas alterações no comportamento do animal. Em alguns casos, mudanças comportamentais são as únicas indicações visíveis de que o estresse está presente. A procura por sombra, mudanças usuais de postura corporal, movimentação, diminuição na ingestão de alimentos, relutância das fêmeas em montar umas nas outras, quando em cio, alterações estas, que o animal realiza para reduzir a produção de calor metabólico e a fim de facilitar sua perda (PIRES et al., 1998b).

O conhecimento das respostas comportamentais de vacas leiteiras, em termos de uso do espaço físico ocupado dentro do *free-stall*, pode ajudar na identificação da sua preferência térmica e o bem-estar (SOUZA, NÄÄS; MOURA, 2007).

Souza et al. (2007) estudando as preferências térmicas de vacas Holandesas em *free-stall*, concluíram que os animais tiveram maior preferência por locais onde havia ambiente mais ameno ou maior movimentação do ar.

Arave e Albright (1981) estudaram as modificações comportamentais de vacas Holandesas alojadas em *free-stall* com acesso a pasto, em condições térmicas estressantes, observaram que os animais permaneceram dentro do *free-stall* durante as horas mais quentes do dia, a fim de se protegerem da radiação solar direta, enquanto que, durante a noite, os animais tenderam sair do abrigo.

Matarazzo et al. (2007) avaliando as respostas comportamentais de vacas Holandesas alojadas em *free-stall* por monitoramento eletrônico em diferentes sistemas de climatização (V0- ausência de ventilação, V- ventilação e VN- ventilação + nebulização), observaram que os animais do tratamento V passaram mais tempo na área de alimentação (108,3 min) quando comparados com V0 (60,7min) e VN (72,5min).

O comportamento alimentar é influenciado pelas condições ambientais. Animais submetidos ao estresse térmico reduzem o número de refeições, a duração das refeições e a taxa de consumo de matéria seca por refeição (GRANT; ALBRIGHT, 1995).

Collier, Dahl e Vanbaale (2006) afirmaram que vacas de alta produção sobre estresse térmico reduzem a ingestão de volumoso e tempo de ruminação. A diminuição na ingestão de volumoso contribui para o decréscimo na produção de ácidos graxos voláteis e podem produzir alterações nas taxas de acetato e propionato, com diminuição do pH ruminal.

A ruminação é a atividade que envolve a regurgitação, a mastigação e a passagem do alimento previamente ingerido, para o interior do rúmen. Como as vacas passam menos tempo dormindo que outras espécies, os estímulos da ruminação permitem o descanso fisiológico e a recuperação física, que normalmente ocorreria através do sono profundo (ALBRIGHT, 1987).

Segundo Damasceno, Baccari Jr. e Targa (1999) as vacas preferem ruminar deitadas, mas em altas temperaturas, os animais passam a ruminar mais tempo em pé. Kron e Munhsgaard (1993) afirmam que em um período de 24 horas, as vacas permanecem na posição deitada em torno de 8 a 14 horas.

De acordo com Albright (1993) quando as vacas estão ruminando, sejam deitadas ou em pé, ficam quietas, relaxadas, com a cabeça para baixo e com as pálpebras semicerradas expressando conforto.

O ócio pode ser definido como o período em que o animal não está comendo, ruminando ou ingerindo água (ALBRIGHT, 1993). Blackshaw e Blackshaw (1994) relataram que os animais consomem cerca de dez horas diárias na atividade de ócio.

De acordo com Camargo (1988) os animais em ócio permanecem em pé nas horas mais quentes do dia, enquanto à noite, se mantém deitados. No verão os animais substituem as atividades de ingestão de alimento e ruminação pelo ócio, numa tentativa de reduzir a produção de calor metabólico (COSTA, 1985).

O aumento no consumo de água possui uma importância vital, pois a água, além de nutriente essencial, promove o resfriamento do corpo e supre as necessidades do organismo em consequência das perdas evaporativas durante o estresse térmico (BACCARI JR, 2001).

Damasceno, Baccari Jr. e Targa (1999) afirmaram que o consumo de água ocorre principalmente nas primeiras horas da manhã e no final da tarde, porém, a condição ambiental pode exercer importante influência nesse comportamento.

Baccari Jr (1998b) afirmou que em condições termoneutras o animal necessita cerca de 3 litros de água de bebida para produzir 1 kg de leite, podendo aumentar conforme o consumo de matéria seca.

De uma forma geral, os animais buscam seu bem-estar, sendo assim, cabe ao homem proporcionar-lhes um ambiente adequado (BACCARI JR, 2001). Neste contexto, a avaliação do comportamento dos animais, perante as condições térmicas vigentes nas instalações, vem refinar os estudos inerentes ao bem-estar dos mesmos, pois utilizam os próprios animais como biosensores do ambiente a que estão inseridos.

#### **4.9 - Manejo ambiental e instalações para bovinos leiteiros em ambientes tropicais**

O ambiente é composto por um complexo de fatores que cerca determinada espécie de ser vivo, podendo ser favorável ou desfavorável aos seus desempenhos biológicos, produtivos e reprodutivos.

O animal é um sistema termodinâmico aberto que, continuamente, troca energia com o ambiente. Neste processo, os fatores externos do ambiente tendem a produzir variações internas no animal, influenciando na quantidade de energia trocada entre ambos (BAÊTA; SOUZA, 1997).

West et al. (2003) observaram que a associação dos elementos climáticos seria mais crítica para o conforto e para o desempenho do animal, do que um elemento isolado, como a temperatura do ar.

Existem diferentes métodos para modificação do ambiente físico a fim de minimizar o estresse térmico. Podemos incluir sombras, ventilação e resfriamento evaporativo como os métodos de modificação do ambiente mais utilizado para aumentar as perdas de calor e melhorar seu desempenho. Entretanto, os efeitos positivos das diversas estratégias de manejo ambiental dependerão do mérito genético e nível de produção dos animais, condições sanitárias e dieta oferecida (BACCARI JR, 1998a).

A freqüente situação de altas temperaturas dentro das instalações geralmente se deve à má concepção e adequação das instalações e dos equipamentos do que propriamente à adversidade climática, (PERISSINOTTO, 2003).

#### **4.9.1 - Sombra Natural**

Segundo Titto (1998) a sombra é o método mais simples para reduzir o impacto da radiação solar, podendo ser natural ou artificial. Leva (1998) afirmou que as sombras das árvores são mais eficientes, já que não diminuem apenas a incidência da radiação solar, mas também a temperatura do ar abaixo delas, quando comparadas com as sombras artificiais.

Vários estudos demonstraram que animais em regiões quentes, com acesso à sombra, apresentam menores freqüências respiratórias e menores incrementos nas temperaturas corporais. Estas diferenças são mais acentuadas quanto menor forem a tolerância dos animais às elevadas temperaturas.

Nas raças zebuínas os efeitos do sombreamento também se repercutem favoravelmente na limitação dos armazenamentos de calor, no comportamento e na produtividade. No entanto nas raças européias os efeitos tendem a ser mais expressivos.

As árvores mais indicadas são as que possuem as copas frondosas, de folhas perenes, com altura suficiente para que haja uma boa ventilação, de modo que o solo seque rapidamente. Não deve conter agentes tóxicos e seus frutos não devem ultrapassar 5 cm de

diâmetros para evitar problemas caso o animal venha ingeri-los e nem raízes expostas que possam dificultar a acomodação dos animais (BACCARI JR, 1998b).

As árvores podem ser consideradas como uma excelente fonte de sombra. Não são apenas eficientes bloqueadores de radiação, mas devido à evaporação que ocorre nas superfícies das folhas, verifica-se um arrefecimento adicional ao ambiente (BERNATZKY, 1982 citado por GUISELINI et al. 1999).

Vários autores têm referido que a melhor forma de atenuar os efeitos da radiação solar é providenciar sombras naturais que apresentam, em média, melhores resultados que os abrigos artificiais com tela de polipropileno. Normalmente os animais também preferem a sombra das árvores relativamente às sombras artificiais, tanto de tela como de telhado (BLACKSHAW; BLACKSHAW, 1994).

Segundo Carareto (2008) as árvores no sombreamento de pastagens promovem a renovação do oxigênio do ar, reduzem a poeira da movimentação de veículos, amortecem os ruídos estridentes, auxiliam no controle de erosão, melhoram a fertilidade do solo e o aproveitamento da água das chuvas; aumentando o valor nutritivo das pastagens e auxiliando no controle de geadas, além de proporcionar proteção contra o sol e ventos excessivos, contribuindo com sua sombra na redução da temperatura ambiente, absorvendo raios solares e refrigerando os locais pela grande quantidade de água transpirada por suas folhas. A autora ressalta, como exemplo que, quando a céu aberto a sensação térmica estiver entre 36 e 40° C, na sombra natural estará entre 26 e 32°C.

#### **4.9.2 - Sombra Artificial**

Quando não se dispõe de sombra natural suficiente, ou as árvores estiverem em fase de crescimento, o uso de estruturas artificiais móveis ou fixas devem ser adotadas. As características mais importantes para o desenho dessas estruturas são os materiais utilizados, a altura, a orientação e a disponibilidade do espaço por animal (VALTORTA, 2003).

A possibilidade de construir abrigos artificiais em pastagens constitui uma opção igualmente válida. São várias as opções quanto aos materiais de cobertura, quanto à forma do telhado e a respectiva orientação, sendo características que interagem entre si, devendo ser objeto de estudo detalhado de acordo com as condições ambientais prevalecentes. No entanto, parece unânime que a altura mínima do abrigo não deve ser inferior a três metros.



Baccari Jr (2001) atestou que as sombras artificiais são constituídas normalmente por uma tela de fibra sintética (polipropileno). Esta tela é resistente aos raios ultravioleta e pode promover de 30 a 90% de sombra. Recomenda-se uma provisão de 80% de sombra.

Leva (1998) afirmou que a forma, o tamanho e a orientação são fatores determinantes, onde a altura mínima deve ser de três metros e é conveniente que tenha uma inclinação para evitar o acúmulo de água da chuva e que seu tamanho dependerá do número de animais a alojar. Em relação à orientação, a decisão dependerá da distribuição das chuvas, ou seja, se no verão há um maior volume de chuvas, é preferível uma orientação norte-sul, para favorecer a secagem do piso.

Titto (2007) recomendou a disponibilização de 8 a 10 metros quadrados por animal, para bovinos de corte, quer em pastagem ou confinados. Em função do comportamento fortemente gregário das vacas leiteiras, facilmente visível nos estábulos e piquetes adjacentes, talvez se possa adotar áreas um pouco menores, ao redor de 6 metros quadrados por animal adulto.

Conceição (2008) avaliando três tipos de cobertura telhas de fibrocimento sem cimento amianto, telhas galvanizadas e tela de polipropileno 80% com uma área de 4m<sup>2</sup> de sombra animal<sup>-1</sup>, sem paredes laterais, encontrou que os diferentes tipos de sombreamento artificial alteraram as características físicas do ambiente, com reduções nos valores de temperatura de globo negro, na carga térmica radiante e no índice de globo negro e umidade, sendo a cobertura de fibrocimento, a que apresentou as maiores reduções percentuais.

#### 4.9.3 - Ventilação

O movimento do ar é um fator importante na diminuição do estresse térmico, já que favorece as perdas de calor por convecção e, dependendo da umidade do ar, as perdas por evaporação. Portanto, a ventilação, quando disposta de maneira adequada (**número, capacidade e posição dos ventiladores**), pode promover melhorias nas condições termohigrométricas das instalações e se torna um método efetivo no aumento das perdas de calor (VALTORTA, 2003). Além disso, a ventilação adequada dentro de uma edificação é de extrema importância, pois é responsável pela dispersão dos gases. (ARCARO JR. et al. 2005).

Segundo Baccari (1998b) a ação dos ventos e o efeito chaminé promovem a renovação do ar das instalações auxiliando no conforto térmico através dos processos de convecção e evaporação.

#### 4.9.4 - Resfriamento Evaporativo

Nääs e Arcaro Jr. (2001) afirmaram que apenas o emprego de ventiladores, em algumas situações, não é suficiente para alcançar as condições ideais mínimas de conforto dentro da instalação, havendo a necessidade de recorrer ao uso do resfriamento evaporativo.

Esse recurso consiste basicamente em mudar o ponto de estado psicrométrico do ar, para maior umidade e menor temperatura (WIERSMA; STOTT, 1983). Assim a eficiência depende da diferença entre a temperatura de bulbo seco e úmido (WHITAKER, 1979).

Nääs (2000) afirmou que a água possui uma alta capacidade calórica e elevado calor latente de vaporização. Ao passar do estado líquido para o gasoso, a água retira do ambiente cerca de 584 cal para cada grama de água evaporada, dependendo da temperatura ambiente (LEE; SEARS, 1992).

De acordo com SILVA (1998) o resfriamento evaporativo pode ser obtido por meio de sistema de nebulização associada à ventilação; aspersão de água sobre os animais ou sobre o telhado e chuveirões para os animais no campo ou pós ordenha.

O princípio dos nebulizadores consiste em provocar finíssimas gotas de água que gerem uma neblina que deve evaporar antes de chegar a superfície do animal. Este método proporciona um resfriamento do ar favorecendo as perdas de calor por convecção (LEVA, 1998; VALTORTA 2003).

O uso de ventiladores com nebulizadores deve ser feito de maneira criteriosa, pois, usados erroneamente, podem ocasionar um efeito adverso nos animais. Ao invés de conseguirem a diminuição da temperatura ambiente, fazem com que a umidade relativa se eleve muito dificultando os processos de termólise do animal.

Os microaspersores consistem em provocar gotas que simulem uma chuva. Neste sistema, a água deve penetrar e umedecer completamente o pêlo e a epiderme do animal, de forma que os animais sejam resfriados e percam calor por condução e por evaporação da água (BACCARI JR, 2001). A eficiência desta via de perda de calor depende da diferença do conteúdo de água entre a superfície evaporada e o ar, por isso, se faz necessário à remoção constante do ar, através de ventiladores, para evitar a saturação e o frear do processo (VALTORTA, 2003).

Arcaro Jr. et al. (2005) estudaram as respostas fisiológicas de vacas Holandesas em lactação à ventilação e aspersão na sala de espera, e observaram que o tratamento com ventilação forçada e aspersão foi mais eficiente em reduzir a TBS (6,4°C) e TGN (6,5°C), e que diminuíram significativamente a frequência respiratória dos animais.

Souza (2003) analisou ambientes físicos para bovinos de leite em *free-stall*, em função do uso de equipamentos de climatização (ventilação + nebulização x controle) na produção média de leite. Os resultados apresentaram um aumento significativo na produção de leite nos animais do grupo climatizado, de 4,2kg de leite diários por vaca.

Estudos realizados com diferentes tipos de climatização, nebulização e aspersão associada à ventilação forçada, em vacas Holandesas alojadas em *free-stall*, localizada no interior do Estado de São Paulo, apontaram que o sistema de nebulização promoveu redução no TBS, TGN e no ITU, comparado ao sistema de aspersão, porém não promoveu diferença significativa entre tratamentos nas variáveis fisiologias de frequência respiratória, temperatura retal e do pelame (PERISSINOTTO, 2006).

De modo geral, a aplicação de água, de diferentes formas como agente resfriador visando aliviar o estresse térmico dos animais e aumentar sua produção, é recomendado nas horas mais quentes do dia, à sombra e quando a temperatura do ar ultrapassar a temperatura crítica superior e a umidade relativa do ar não for muito elevada. O número de vezes a ser praticado deve ser controlado e economicamente viável, evitando o desperdício (BACCARI JR, 1998b).

#### **4.10 - Índices de conforto térmico**

Existem diversos índices cujo objetivo fundamental é determinar a adequação de um ambiente com relação a uma atividade ou um tipo específico de animal. Tais índices dificilmente podem ser de uso generalizado, uma vez que são estruturados com base em determinados fatores ambientais, que podem ser importantes para alguns animais e não para outros. Além disso, certos índices são baseados em associações específicas de fatores ambientais, que ocorrem em locais determinados (SILVA, 2000).

A avaliação e o controle do ambiente na produção animal são baseados tradicionalmente na monitoração e análise da temperatura e umidade do ar, ou em índices que venham combinar variáveis ambientais em um único valor. Esta avaliação tradicional, não representa o ambiente como um todo, pois desprezam fatores como gases, poeiras e características estruturais das instalações na avaliação do comportamento e bem-estar dos animais perante estas variáveis (PERISSINOTTO, 2007; SOUZA, 2002).

#### 4.10.1 - Índice de temperatura e umidade (ITU)

O ITU foi desenvolvido originalmente por Thom (1958), para determinar um índice de conforto térmico humano. E esse índice tem sido utilizado para descrever o conforto térmico de animais desde que Johnson et al. (1962) e Cargill e Stewart (1966) notificaram quedas significativas na produção de leite, associadas ao aumento no valor de ITU.

O ITU pode ser calculado a partir da temperatura de bulbo seco e da umidade relativa do ar, conforme descrita abaixo.

Assim:

$$ITU = T_{bs} + 0,36T_o + 41,5 \quad (1)$$

onde:

$T_{bs}$  = temperatura de bulbo seco (°C);

$T_o$  = temperatura do ponto de orvalho (°C).

O ITU leva em conta somente a temperatura e a umidade do ar, embora a radiação térmica seja um dos fatores mais importantes e, associados aos outros dois, possuem grande influência no conforto dos animais em ambientes abertos (SILVA, 2000).

Não existe um consenso dos pesquisadores nos valores de ITU que indicam uma condição de conforto para os animais. Em geral, vacas Holandesas apresentam declínio na produção de leite com ITU a partir de 72 (JOHNSON, 1980).

#### 4.10.2 - Temperatura de globo negro (TGN)

O globo negro trata-se de uma esfera oca de diâmetros variáveis, superfície externa pintada de preto fosco, e provido de termômetro para medição de sua temperatura interna. A temperatura indicada pelo globo representa, num único valor, uma estimativa dos efeitos combinados da energia térmica radiante procedente do meio ambiente em todas as direções possíveis, da temperatura do ar e da velocidade do vento, dando assim uma mediada de conforto térmico proporcionada pelo ambiente, equivalente ao que o animal recebe (SOUZA et al., 2002).

De acordo com Mota (2001) a faixa de temperatura de globo negro (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.

Zoa-Mboe et al. (1989) verificaram uma 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 médio de 29,2°C.

#### 4.10.3 - Índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU)

O ITGU foi desenvolvido por Buffington et al. (1981), como índice de conforto térmico para vacas leiteiras expostas a radiação solar. O ITGU é calculado substituindo a temperatura de bulbo seco pela temperatura de globo negro, na fórmula do ITU, sendo descrita como:

$$\text{ITGU} = T_g + 0,36T_o + 41,5 \quad (2)$$

onde:

$T_o$  = temperatura do ponto de orvalho (°C).

$T_g$  = temperatura de globo negro (°C).

Baêta e Souza (1997) classificaram os valores de ITGU e definiram que valores até 74 indicam uma condição de conforto para os animais; de 74 a 78, situação de alerta; de 79 a 84, situação perigosa, e acima de 84, indicam uma situação de emergência.

Nas condições brasileiras, os sistemas de criação para a produção de leite são geralmente caracterizados por instalações semi-abertas, as quais permitem que o animal tenha acesso a outra área, normalmente descoberta. Portanto o ITGU é um indicador mais acurado que o ITU, acerca do conforto térmico de vacas expostas a ambientes tropicais, com temperaturas elevadas e intensa radiação solar (SILVA, 2000). Em razão disso o ITGU tem sido bastante utilizado nas pesquisas nacionais (ROMA JR, 2001; MARTELLO, 2006).

As temperaturas retais e taxas respiratórias de vacas leiteiras estão diretamente relacionadas com o ITGU, enquanto que, a produção de leite e eficiência produtiva é inversamente relacionada (BUFFINGTON et al., 1981).

## 5 - MATERIAL E MÉTODOS

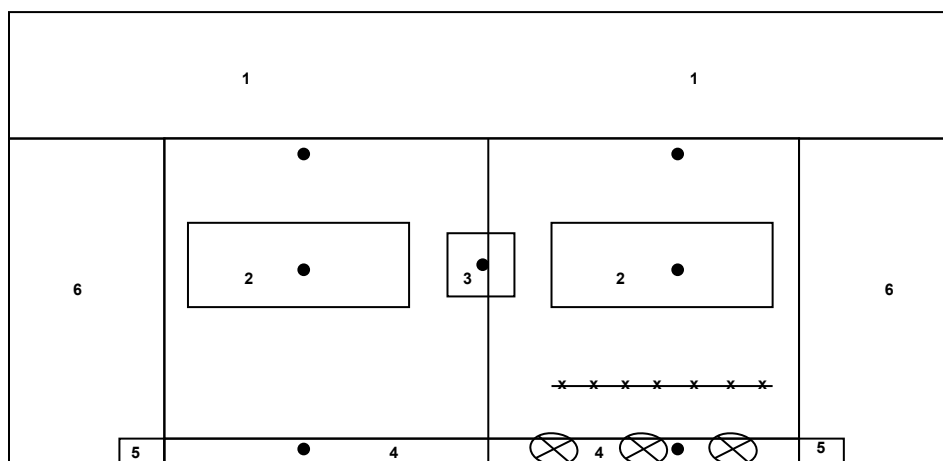
### 5.1 - Local do Experimento

O experimento foi realizado no Setor de Bovinocultura de Leite da PCAPS - (Prefeitura do Campus Administrativo de Pirassununga), localizado a 597 m de altitude, e coordenadas de 21° 57' 06" S e 47° 27' 01" W.

### 5.2 - Instalações

Os animais foram estabulados em duas instalações contíguas do tipo *free-stall* (figura 04), com pé direito de 3,5 metros, laterais abertas e orientação norte - sul. A instalação é coberta com telha ondulada de fibrocimento e estrutura de madeira, com uma área coberta total de 120 m<sup>2</sup> (20m x 6m) e com declividade de 3 % no piso (figura 05).

A instalação possui um piso de cimento rugoso, 20 baias de madeira com cama de areia, de livre acesso aos animais. O cocho contém espaçamento de 0,8 metros por animal e bebedouro automático.



- Legenda
- 1- Piquete
  - 2- Cama
  - 3- Bebedouro
  - 4- Comedouro
  - 5- Sal
  - 6- Área sem cobertura
  - Globo negro
  - Ventilador
  - Linha de nebulização

Figura 04 - Croqui da instalação

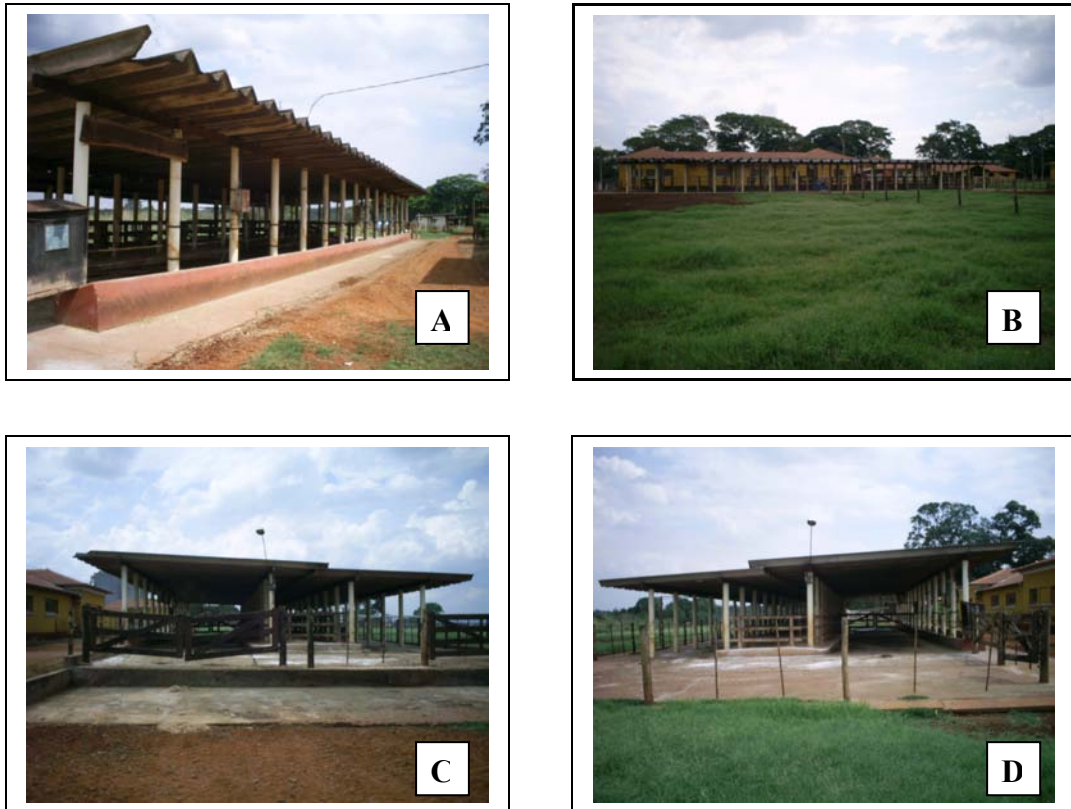


Figura 05 - Vista frontal (A), vista posterior (B), vista lateral direita (C), vista lateral esquerda (D)

Os animais também tinham acesso livre a uma área adjacente de piquete (figura 06), com área de 4000 m<sup>2</sup>, formado por gramínea *Cynodon dactylon* cv. *Coast-cross*, sem disponibilidade de sombra.



Figura 06 - Animais pastejando no piquete adjacente

### 5.3 - Animais do Experimento

Foram utilizadas 20 vacas Holandesas lactantes, da variedade preta e branca, selecionadas de acordo com a produção, com média diária de leite de 25 kg variando de 23 a 32 kg, e em estágio de lactação entre 60 a 150 dias.

Os animais foram submetidos aos seguintes tratamentos: estabulação livre(C), estabulação livre com ventilação (V) e estabulação livre com ventilação e nebulização (VN).

A alimentação dos animais foi composta por ração total na proporção volumoso: concentrado de 79:21, oferecida diariamente, dividida em duas refeições, anterior a ordenha da manhã (7h) e a da tarde (15h). A ração continha 76% de NDT e 18% PB na matéria seca, sendo composta por silagem de milho e concentrado.

### 5.4 - Tratamentos

Os animais foram submetidos a duas condições experimentais durante o mês de janeiro de 2008, por um período total de 26 dias consecutivos, dos quais, dez dias foram destinados à adaptação dos animais aos equipamentos instalados e aos observadores, e oito dias para cada fase experimental (experimento I e experimento II), com cinco dias de colheita das variáveis fisiológicas e três dias de registros comportamentais.

#### Experimento I

Na primeira fase foram avaliados simultaneamente, nos dois estábulos, o tratamento controle (C) e o sistema de ventilação associada à nebulização (VN). No tratamento controle os animais tiveram acesso somente a sombra, como recurso de conforto térmico e no tratamento VN os animais tiveram acesso à combinação de ventilação e nebulização, que eram acionados automaticamente por um climatizador do tipo THC 4300P (figura 07), quando o termostato, instalado no centro do *free-stall*, indicava temperatura a partir de 27°C.



## Experimento II

Na segunda fase foram avaliados simultaneamente os tratamentos controle (C) e ventilação (V). No tratamento V os animais tiveram acesso à ventilação como recurso de conforto térmico, acionados a partir de 27°C.



Figura 07 - Sistema de climatização instalado no *free-stall*

### 5.5 - Parâmetros Avaliados

#### 5.5.1 – Variáveis Climáticas

As medidas das variáveis climáticas externas (temperatura ambiente, umidade relativa do ar, radiação global, precipitação, velocidade e direção do vento) foram registradas através de estação meteorológica Campbell Scientific modelo 21XL, ininterruptamente, a cada 30 minutos.

Foram registradas, no interior do estábulo, as temperaturas de bulbo seco (Tbs), temperaturas máximas e mínimas e umidade relativa (UR) através de um termohigrômetro digital 7429, com escala de -10 a 60°C e de 10 a 99 %.

Foram registradas também as temperaturas de globo negro (TGN) ao sol e a sombra em vários pontos da instalação (bebedouro, cama, corredor e comedouro).

Os equipamentos foram alocados a uma altura de 2,0 m do piso, logo acima da cabeça dos animais, sendo monitorados a cada 30 min.

Com esses valores, foi calculado o índice de globo negro e umidade (ITGU), para determinar as diferenças entre os diversos pontos da instalação e as alterações provocadas pelos recursos de climatização.

### 5.5.2 – Variáveis fisiológicas

Os dados fisiológicos foram colhidos durante cinco dias consecutivos de cada tratamento, em sete horários ao longo do dia (05h00min, 09h30min, 11h30min, 13h30min, 16h30min, 18h30min e 21h30min). Foram registradas em todos os animais a temperatura retal (TR), a temperatura caudal (TC) e a frequência respiratória (FR).

A TR foi colhida com auxílio de um termômetro clínico digital inserido no reto do animal (figura 08), com o devido cuidado para evitar o estresse ao manuseio.



Figura 08 - Registro da temperatura retal

A TC foi medida na parte interna da base da cauda utilizando um termômetro digital auricular (figura 09) seguindo metodologia de Martello (2006).

A FR foi tomada pela contagem dos movimentos respiratórios por minuto na região do flanco das vacas.



Figura 09 - Registro da temperatura caudal

### 5.5.3 - Variáveis comportamentais

Os parâmetros comportamentais foram registrados durante três dias consecutivos, utilizando o método focal, de forma instantânea, das 5h às 21h30min, com intervalo amostral de 30 minutos, conforme preconizado por Martin e Bateson (1986), perfazendo 30 observações ao longo do dia.

O comportamento foi classificado segundo a postura, posição e localização dos animais dentro da instalação, e de acordo com suas atividades, conforme o etograma de trabalho (figura 10).

Etograma de trabalho			
PS- Postura	PO- Posição	LO- Localização	AT- Atividades
1- Em pé 2- Deitado	1- Sol 2- Sombra	1- Piquete 2- Cama 3- Bebedouro 4- Comedouro 5- Climatização 6- Sal 7- Corredor 1 (comedouro) 8- Corredor 2 (piquete) 9- Área sem cobertura	1- Comer 2- Beber água 3-Interação Agonística 4-Grooming 5- Ruminando 6-Interação sexual 7- Ócio 8- Pastejando 9- Deslocamento 10- Ingerindo sal 11- Outros

Figura 10 - Etograma de trabalho utilizado na descrição do comportamento

Os animais foram identificados utilizando um cabresto com amarrações de fitas coloridas (figura 11).

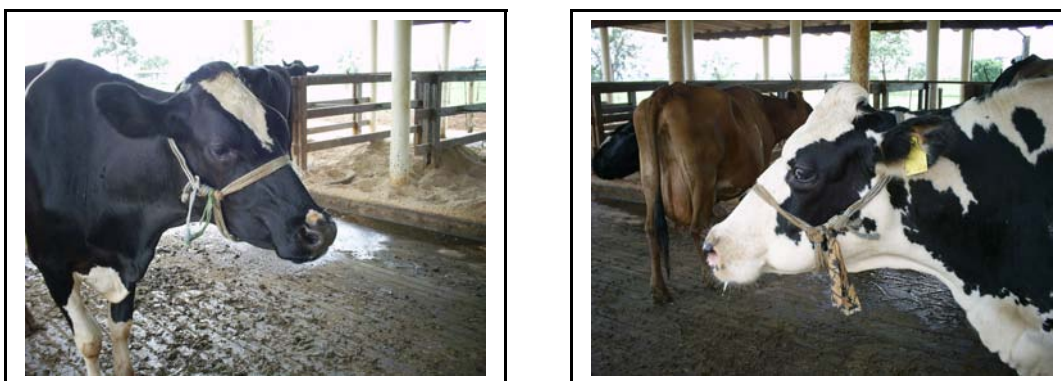


Figura 11 - Marcação dos Animais

## 5.6 - Análise Estatística

As frequências associadas a cada uma das variáveis comportamentais foram avaliadas utilizando metodologia de quadrados mínimos, por meio do procedimento PROC GLM programa *Statistical Analysis System*, versão 9.1.3 (SAS, 1995). Essas variáveis foram transformadas, de acordo com a função arco seno raiz e percentagens de ocorrência das diferentes atividades avaliadas, conforme as recomendações de Banzatto e Kronca (2006). Posteriormente, as variáveis transformadas foram submetidas às análises de variância, considerando o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + H_j + TH_{ij} + \beta_1(ITGU_{ijk}-ITGU') + \beta_2(ITGU_{ijk}-ITGU')^2 + e_{ijk}$$

em que,

$y_{ijk}$  = é o valor transformado observado na repetição  $k$ , no horário  $j$  do tratamento  $i$ ;

$\mu$  = constante inerente a todas as observações;

$T_i$  = efeito do  $i$ -ésimo tratamento, sendo  $i = 1$  (controle) e 2 (nebulização+ventilação no Experimento I ou somente ventilação no Experimento II);

$H_j$  = efeito do  $j$ -ésimo horário de avaliação, sendo  $j = 1$  (5:00 horas), 2 (5:30 horas), ..., 27(21:30 horas) ;

$TH_{ij}$  = efeito da interação do tratamento  $i$  com o horário  $j$ ;

$\beta_1$  e  $\beta_2$  = coeficientes de regressão linear e quadrático da característica  $Y_{ijk}$  em relação à ITGU;

$ITGU_{ijk}$  = é o ITGU em cada tratamento observado na repetição  $k$ , no horário  $j$  do tratamento  $i$ , incluída no modelo como covariável;

$ITGU'$  = média dos ITGU observados;

$e_{ijk}$  = efeito aleatório residual associado às observações na repetição  $k$ , no horário  $j$  do tratamento  $i$ .

Quando verificados resultados significativos nas análises de variâncias, foram realizados estudos dos horários dentro de cada tratamento, adotando-se como procedimento de comparações múltiplas, o Teste  $t$  de *Student*. Posteriormente, para apresentação dos resultados, as médias foram retornadas a escala original aplicando-se a operação inversa a utilizada.

O comportamento das variáveis fisiológicas (FR, TR e TC) foi avaliado utilizando metodologia de quadrados mínimos, por meio do procedimento PROC MIXED, programa

supracitado, considerando-se as medidas repetidas nos mesmos animais. Nestas análises adotou-se seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \beta_1(ITGU_{ij} - ITGU') + \beta_2(ITGU_{ij} - ITGU')^2 + e_{ij}$$

em que,

$Y_{ijk}$  = é o valor para a variável fisiológica em questão (FR, TR ou TC), na repetição  $j$  do tratamento  $i$ ;

$\mu$  = constante inerente a todas as observações;

$T_i$  = efeito do  $i$ -ésimo tratamento, sendo  $i = 1$  (controle) e 2 (nebulização+ventilação no Experimento I ou somente ventilação no Experimento II);

$\beta_1$  e  $\beta_2$  = coeficientes de regressão linear e quadrático da característica  $Y_{ij}$  em relação à ITGU;

$ITGU_{ijk}$  = é o ITGU na cama observado na repetição  $j$  do tratamento  $i$ , incluída no modelo como covariável;

$ITGU'$  = média dos ITGU observados;

$e_{ijk}$  = efeito aleatório residual associado às observações na repetição  $j$  do tratamento  $i$ .

Quando verificados dos resultados significativos nas análises de variâncias para fonte de variação tratamentos, foram realizadas análises de regressão dos tratamentos em função dos ITGU observados.

## 6 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 6.1 - Experimento I

#### 6.1.1 - Variáveis Climáticas

As médias, desvio padrão, coeficiente de variação, mínima e máxima, para as variáveis climáticas de temperatura do ar (TBS\_EXT; TBS), umidade relativa do ar (UR\_EXT; UR), temperatura de globo negro ao sol (TGN\_SOL), temperatura de globo negro

à sombra dos tratamentos (TGN\_SOMB\_VN; TGN\_SOMB\_C), índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU\_EXT; ITGU\_VN; ITGU\_C) e pluviosidade, registradas durante o período experimental, estão apresentadas na tabela 01.

Tabela 01 - Médias, desvio padrão (dp), coeficiente de variação (cv), mínima (Min) e máxima (Max), para as variáveis climáticas durante o período de observação das variáveis fisiológicas.

Variáveis	$\bar{X}$	dp	cv	Min	Max
TBS_EXT (°C)	23,2	2,6	11,1	19,1	29,2
TBS (°C)	23,5	3,5	14,9	16,5	28,5
UR_EXT (%)	87,1	11,5	13,2	60,2	98,0
UR (%)	63,5	18,7	29,4	31,0	89,0
TGN_SOL (°C)	31,8	10,1	31,8	17,0	48,5
TGN_SOMB_VN (°C)	25,4	3,8	15,2	18,0	33,0
TGN_SOMB_C (°C)	26,2	4,2	16,0	18,5	34,5
ITGU_EXT	78,9	9,7	12,3	63,7	94,9
ITGU_VN	72,5	3,5	4,8	64,7	78
ITGU_C	74,5	3,7	5,1	65,7	81,9
PLUV (mm/dia)	4,5	4,6	102,3	0,0	10,0

A caracterização do ambiente por meio da temperatura do ar indicou um ambiente em estresse térmico, com temperaturas acima 27°C, considerada como temperatura crítica superior para vacas de origem européia em lactação, em relação à ocorrência de estresse por calor. Este valor pode variar em função do tempo exposição, da adaptação e do nível de produção do animal (BERMAN et al., 1985; BAÊTA; SOUZA, 1997; FUQUAY, 1997).

As temperaturas de globo negro a sombra nos tratamentos encontrou-se entre 25 e 26°C, considerada dentro da faixa de conforto, segundo a classificação de Mota (2001) que indicou uma faixa ótima de 7 a 26°C, entre 27 e 34°C como sendo temperatura de globo negro regular e acima de 35°C temperatura de globo negro crítica para vacas em lactação.

Os valores médios de ITGU nos tratamentos apresentaram-se abaixo de 74 indicando uma condição de conforto para os animais de acordo com a classificação de Baêta e Souza (1997). Porém o valor máximo do ITGU no Tratamento climatizado indicou uma situação de alerta (74-78) e no tratamento controle uma situação de perigo (79-84).

### 6.1.2 - Variáveis Fisiológicas

Os resultados das médias, desvio padrão, coeficiente de variação, mínima e máxima, para as variáveis fisiológicas dos tratamentos controle e climatizado seguem abaixo.

Tabela 02 - Médias, desvio padrão (dp), coeficiente de variação (cv), mínima (Min) e máxima (Max), para as variáveis fisiológicas

Variáveis	$\bar{X}$	dp	cv	Min	Max
<b>Nebulização + Ventilação</b>					
Frequência Respiratória (mov.min <sup>-1</sup> )	44	9,8	21,2	28	80
Temperatura Caudal (°C)	34,5	1,8	5,3	29,1	38,1
Temperatura Retal (°C)	38,1	0,8	2,2	36,9	39,5
<b>Controle</b>					
Frequência Respiratória (mov.min <sup>-1</sup> )	48	9,8	21,2	32	100
Temperatura Caudal (°C)	34,4	1,8	5,3	29,4	38,3
Temperatura Retal (°C)	38,2	0,8	2,2	37,0	39,4

Ao observar os valores médios da frequência respiratória entre os tratamentos, verifica-se uma maior frequência no tratamento controle (48 mov.min<sup>-1</sup>), porém essa diferença não possui uma importância biológica, pois de acordo com Hahn, Parkhurst e Gaughan (1997) uma frequência de até 60 mov.min<sup>-1</sup> indica ausência de estresse térmico. Porém ao reportarmos para os valores máximos, observa-se que ambos tratamentos encontraram-se em situações de estresse térmico, sendo mais severo para o tratamento controle que apresentava valores de 100 mov.min<sup>-1</sup>.

Assim como neste estudo Matarazzo (2004) avaliando o efeito de ventilação e nebulização sobre as variáveis fisiológicas em vacas Holandesas lactantes, não encontrou diferenças entre tratamentos para frequência respiratória, que observou 64 mov.min<sup>-1</sup> no tratamento controle e 60 mov.min<sup>-1</sup> no tratamento climatizado.

Perissinotto (2003) encontrou valores superiores na frequência respiratória (56 mov.min<sup>-1</sup>) em sistema de nebulização e ventilação. Porém, este valor não indica uma condição de estresse para vacas em lactação.

Para a análise de regressão das variáveis fisiológicas em função do tratamento e do índice de temperatura e umidade adotou-se um nível de significância de 1% nas análises de variâncias e nos coeficientes de regressão associados ao  $\beta_1$  (modelo linear de 1º grau) e ao  $\beta_2$  (modelo linear de 2º grau).

Através da análise de variância para variável “frequência respiratória” observamos efeito significativo da co-variável ITGU, como pode ser verificado na tabela 03.

Tabela 03 – Resumo da Análise de variância para a frequência respiratória pelo modelo linear misto

Efeito	GL <sub>numerador</sub>	GL <sub>denominador</sub>	F	Pr > F
TRAT	1	18	3.30	0.0862
ITGU	1	678	17.37	<.0001
ITGUxITGU	1	678	18.85	<.0001

Através da análise coeficientes de regressão associados à frequência respiratória podemos observar efeito significativo ( $P < 0,01$ ) para o tratamento C em função do ITGU, como pode ser observado na tabela abaixo.

Tabela 04 - Coeficientes de regressão associados à frequência respiratória para cada tratamento avaliado, segundo valores de ITGU

Efeito	TRAT	Estimativa	Erro padrão	DF	t	Pr >  t
TRAT	C	-12,4058	10,6984	18	-1,16	0,2614
TRAT	VN	27,5491	10,9989	18	2,50	0,0221
ITGUxTRAT( $\beta_1$ )	C	0,8205	0,1458	678	5,63	< 0001
ITGUxTRAT( $\beta_1$ )	VN	0,2407	0,1515	678	1,59	0,1127

A análise de regressão do tratamento controle foi linear para a variável frequência respiratória. Entretanto a predição não revelou efeitos significativos do tratamento “ventilação e nebulização” sobre a frequência respiratória, com valor estimado de 45 mov.min<sup>-1</sup> pela análise de regressão.

O gráfico 01 ilustra a estimativa dos valores de frequência respiratória nos tratamentos em função do ITGU, nos dias avaliados.



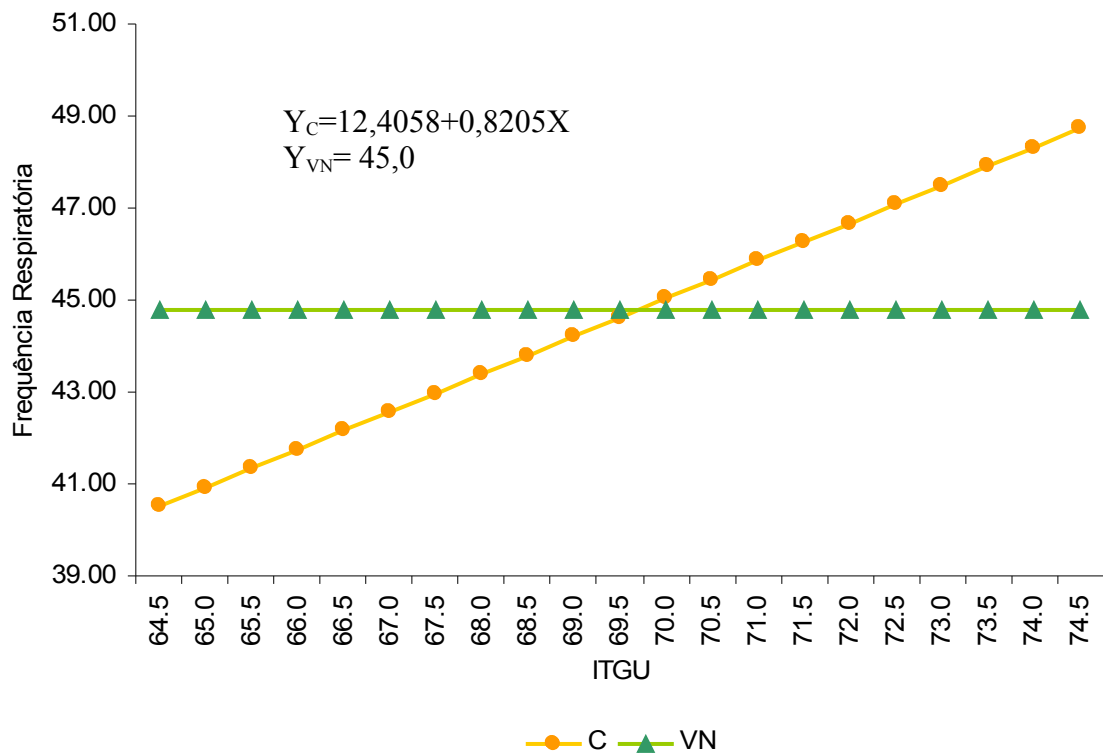


Gráfico 01 - Frequência respiratória estimada para os tratamentos controle (C) e ventilação e nebulização (VN), (mov.min<sup>-1</sup>)

Ao verificarmos os valores médios para a variável “temperatura caudal” (tabela 02), observamos valores semelhantes em ambos tratamentos, com diferença de apenas 0,1°C, valor este, que para temperatura corporal externa não possui importância biológica. Os valores médios encontrados neste estudo corroboram os encontrados por Martello (2006) que verificou valor médio de 34°C para temperatura da base da cauda no verão.

Através da análise de variância para variável “temperatura caudal” não verificamos efeitos significativos entre os tratamentos e a co-variável ITGU (tabela 05).

Tabela 05 - Resumo da análise de variância para a temperatura caudal pelo modelo linear misto

Efeito	GL numerador	GL denominador	F	Pr > F
TRAT	1	18	3.50	0.0778
ITGU	1	678	1.88	0.1709
ITGUxITGU	1	678	0.73	0.3921

Por intermédio da análise dos coeficientes de regressão associados à da temperatura caudal podemos observar efeito significativo ( $P < 0,01$ ) para ambos tratamentos em função do ITGU, (tabela 06).

Tabela 06 - Coeficientes de regressão associados à temperatura caudal para cada tratamento avaliado, segundo valores de ITGU

Efeito	TRAT	Estimativa	Erro Padrão	DF	t Value	Pr >  t
TRAT	C	14.8917	1.6171	18	9.21	<.0001
TRAT	VN	20.5108	1.6363	18	12.53	<.0001
ITGUxTRAT( $\beta_1$ )	C	0.2657	0.02203	678	12.06	<.0001
)						
ITGUxTRAT( $\beta_1$ )	VN	0.1943	0.02251	678	8.63	<.0001
)						

A análise de regressão dos dois tratamentos foi linear para a variável temperatura caudal, com predição de valores inferiores no tratamento “ventilação e nebulização” em relação ao controle, em todos os níveis de ITGU. Proporcionalmente ao aumento do ITGU houve a predição de diminuição da diferença entre os tratamentos, como pode ser observado no gráfico 02.

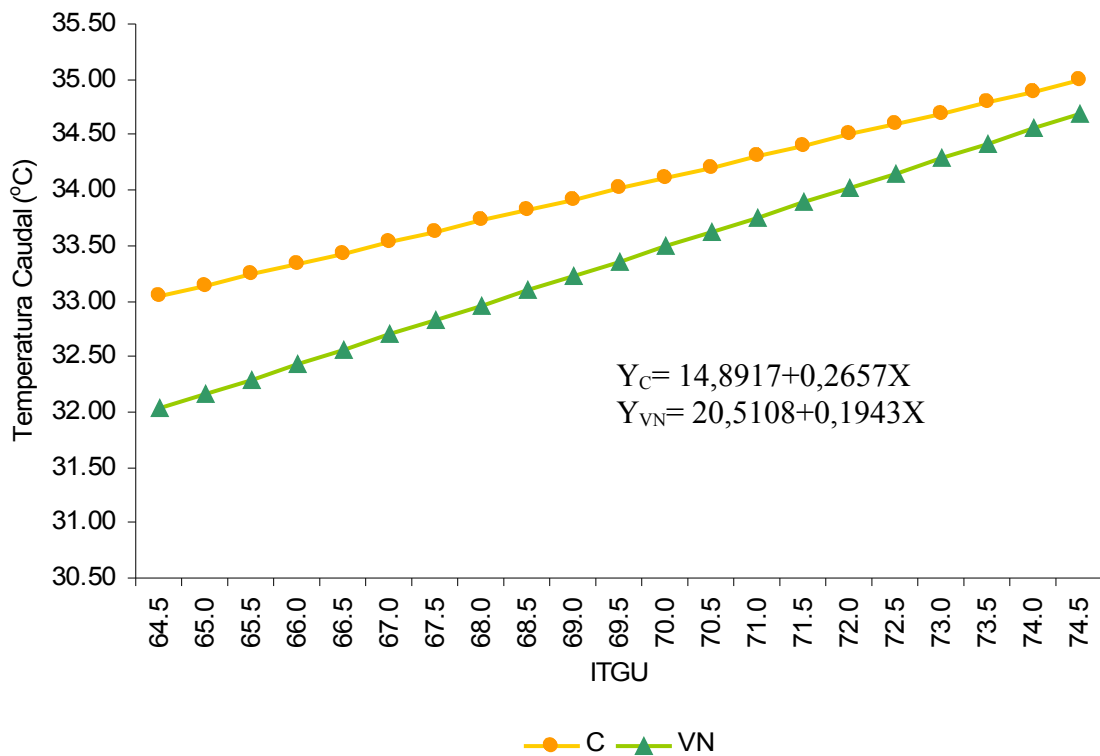


Gráfico 02 - Temperatura caudal estimada para os tratamentos controle (C) e ventilação e nebulização (VN), (°C)

Ao analisarmos os valores médios da temperatura retal entre os tratamentos verificamos diferença de 0,1°C (tabela 02). Em ambos tratamentos as temperaturas retais indicam ausência de estresse, que de acordo com McDowell, Lee e Fohrman (1958) que realizaram uma revisão, a cerca do assunto, e chegaram a um valor absoluto de 38,3°C como a temperatura retal normal aceita para todas as raças bovinas. Stober (1993) afirmou que bovinos em termoneutralidade apresentam temperatura retal em torno de 38 e 39°C. Silva (2000) considerou como temperatura retal normal a faixa entre 37,5 e 39,3°C.

Matarazzo (2004) encontrou valores de temperatura retal superiores aos deste estudo, observando valores de 38,4°C para o tratamento controle e 38,5°C para o tratamento climatizado, não indicando uma situação de estresse entre tratamentos. Perissinotto (2003) também verificou valor de 38,5°C para temperatura retal em sistema de nebulização e ventilação.

Através da análise de variância para variável “temperatura retal” podemos verificar efeito significativo ( $P < 0,01$ ) para co-variável ITGU (tabela 07).

Tabela 07 - Resumo da análise de variância para a temperatura retal pelo modelo linear misto

Efeito	GL numerador	GL denominador	F	Pr > F
--------	--------------	----------------	---	--------

TRAT	1	18	0.34	0.5659
ITGU	1	678	7.79	0.0054
ITGUxITGU	1	678	6.71	0.0098

Por meio da análise dos coeficientes de regressão associados à temperatura retal podemos observar efeito significativo ( $P < 0,01$ ) para ambos tratamentos em função do ITGU, (tabela 08).

Tabela 08 - Coeficientes de regressão associados à temperatura retal para cada tratamento avaliado, segundo valores de ITGU

Efeito	TRAT	Estimativa	Erro Padrão	DF	t Value	Pr >  t
TRAT	C	32.9430	0.9117	18	36.13	<.0001
TRAT	VN	33.8221	0.9642	18	35.08	<.0001
ITGUxTRAT( $\beta_1$ )	C	0.07044	0.01243	678	5.67	<.0001
ITGUxTRAT( $\beta_1$ )	VN	0.05801	0.01329	678	4.37	<.0001

A análise de regressão dos dois tratamentos foi linear para a variável temperatura retal, com predição de valores inferiores no tratamento “ventilação e nebulização” em relação ao controle, em valores de ITGU acima de 70 como pode ser observado no gráfico 03.

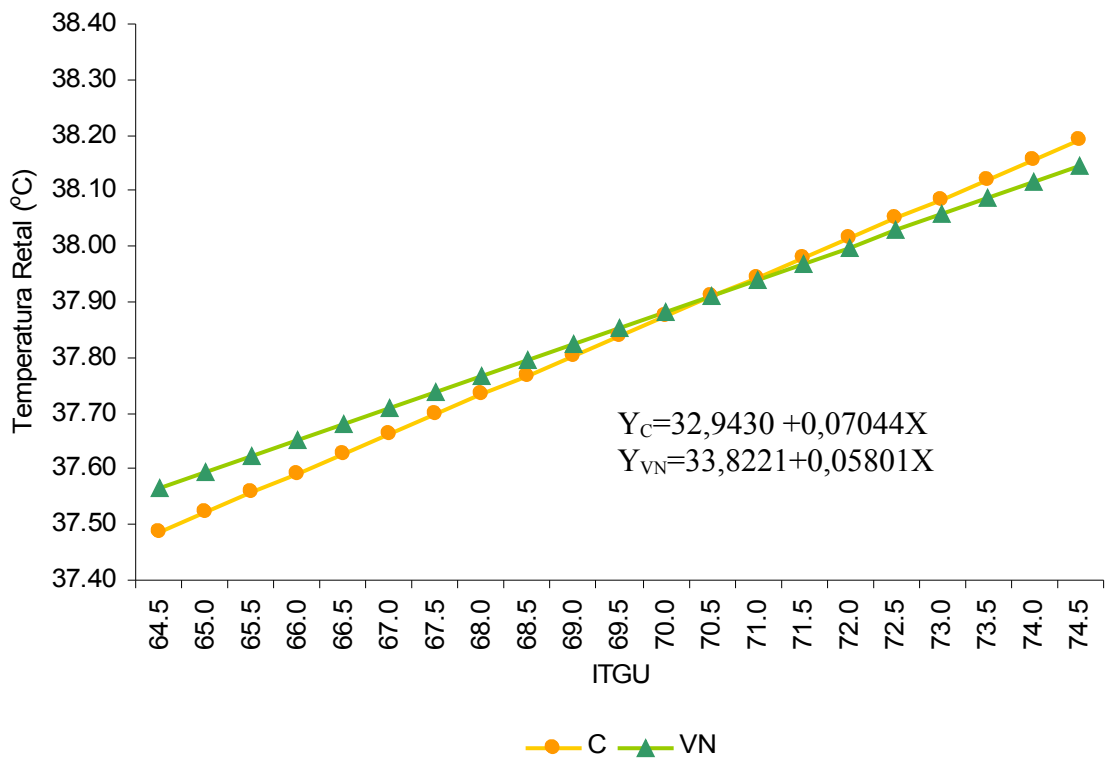


Gráfico 03 - Temperatura retal estimada para os tratamentos controle (C) e ventilação e nebulização (VN), (°C)

### 6.1.3 - Variáveis Climáticas no período de avaliação do comportamento

As médias, desvios padrão, coeficiente de variação, mínima e máxima, para as variáveis climáticas de temperatura do ar (TBS\_EXT; TBS), umidade relativa do ar (UR\_EXT; UR), temperatura de globo negro ao sol (TGN\_SOL), temperatura de globo negro à sombra dos tratamentos (TGN\_SOMB\_VN; TGN\_SOMB\_C), índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU\_EXT; ITGU\_VN; ITGU\_C) e pluviosidade, registradas durante o período experimental, estão apresentadas na tabela 09.

Tabela 09 - Médias, desvio padrão (dp), coeficiente de variação (cv), mínima (Min) e máxima (Max), para as variáveis climáticas durante o período de observação do comportamento

Variáveis	$\bar{X}$	dp	cv	Min	Max
TBS_EXT (°C)	25,7	4,1	16,0	13,6	33,1
TBS (°C)	24,5	3,6	14,8	20,0	31,5
UR_EXT (%)	71,3	23,1	32,5	20,8	96,8

UR (%)	62,6	17,2	27,4	34,5	88,0
TGN_SOL (°C)	31,4	9,3	29,7	21,5	51,5
TGN_SOMB_VN (°C)	27,1	4,3	15,9	21,5	35,5
TGN_SOMB_C (°C)	27,6	4,6	16,7	21,0	36,5
ITGU_EXT	78,9	10,4	13,2	47,3	101,1
ITGU_VN	74,2	4,0	5,5	67,0	82,1
ITGU_C	74,4	4,0	5,4	68,0	82,9
PLUV (mm/dia)	5,7	8,8	154,9	0	17,0

A caracterização do ambiente por meio da temperatura do ar indicou um ambiente estressante, não se encontrando dentro da zona de termoneutralidade, que de acordo com Nääs (1989) restringe-se entre 7 e 21°C.

As médias da temperatura máxima externa e interna foram superiores a 30°C, estando acima da temperatura crítica superior para vacas de origem européia em lactação, que segundo Fuquay (1997) fica entre 25 e 27°C.

As temperaturas de globo negro, tanto ao sol quanto à sombra encontraram-se entre 27 e 34°C que, segundo a classificação de Mota (2001) é considerada uma faixa de temperatura radiante tolerável para vacas em lactação.

Os valores de ITGU apresentaram-se entre 74 e 78, o que é classificado como uma situação de alerta de acordo com Baêta e Souza (1997).

#### 6.1.4 - Comportamento

Através da análise das distribuições das frequências das variáveis observadas, verificou-se que somente foi possível analisar as variáveis de postura, posição, localização em piquete, cama e comedouro, e das atividades de comer, ruminar e ócio, contemplando os efeitos principais de tratamento e horário de monitoramento, além da interação tratamento *versus* horário.

Como houve efeito significativo na maioria das variáveis comportamentais para a fonte de variação horário de monitoramento, optou-se por apresentar os resultados visando estudar o efeito dos tratamentos dentro de cada horário avaliado.

Avaliando a fonte de variação horária de monitoramento em presença da co-variável ITGU em relação a variável “postura em pé”, observou-se efeito significativo nos horários às 11h (P<0,01), às 17h (P<0,05) e às 06h30min e 16h30min(P<0,10), onde os animais do tratamento VN permaneceram mais tempo em pé em relação aos do tratamento controle,

conforme demonstrado no gráfico 04. O inverso é observado para os animais do tratamento controle que permaneceram mais tempo deitados, nos mesmos horários (gráfico 05). A maioria dos animais permaneceu deitada no início da manhã, nos horários mais quentes do dia e durante o período noturno observado, ruminando ou em ócio, e os animais encontravam-se em pé nos horários após os períodos de ordenha, que coincide com os horários de fornecimento do alimento no cocho.

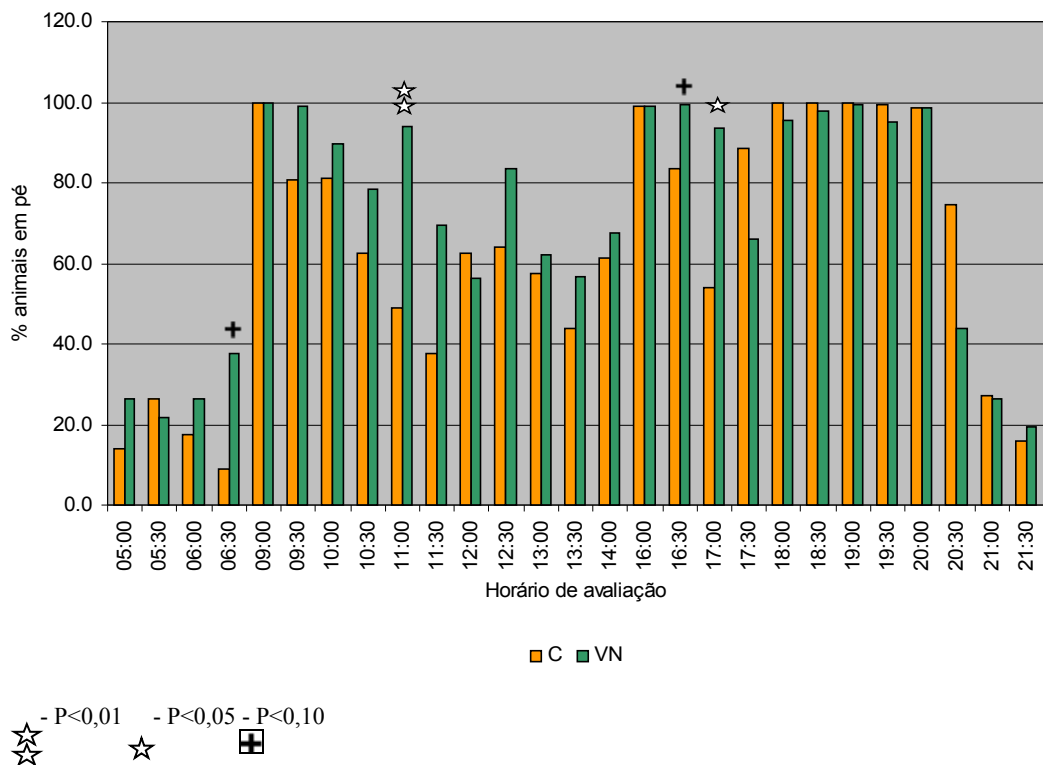
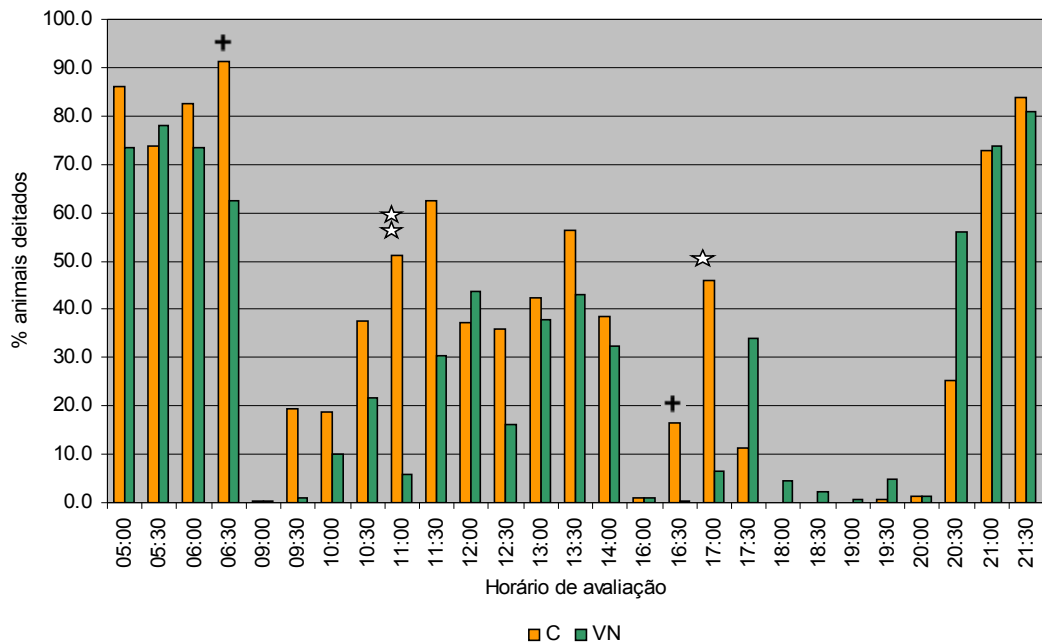


Gráfico 04 - Porcentagem de animais dos tratamentos controle (C) e ventilação e nebulização (VN) na “postura em pé”

Degasperi et al. (2003) afirmaram que os bovinos possuem uma motivação inata para a locomoção. Estando em pé, os sentidos de olfato e visão são facilitados, principalmente para buscar o alimento, além da função de controle da temperatura corpórea.

Estes resultados estão de acordo com os encontrados por Frazzi et al. (1998) que observaram que, quando os animais ficaram em estabulação, sem acesso a climatização, permaneceram mais tempo deitados, deixando a área de alimentação mais cedo.

Matarazzo (2004) avaliou o efeito da nebulização com ventilação sobre o comportamento de vacas Holandesas em lactação, e observou que os animais, quando mantidos em climatização, permaneceram mais tempo em pé (219min) quando comparado com os animais do grupo controle (183min).

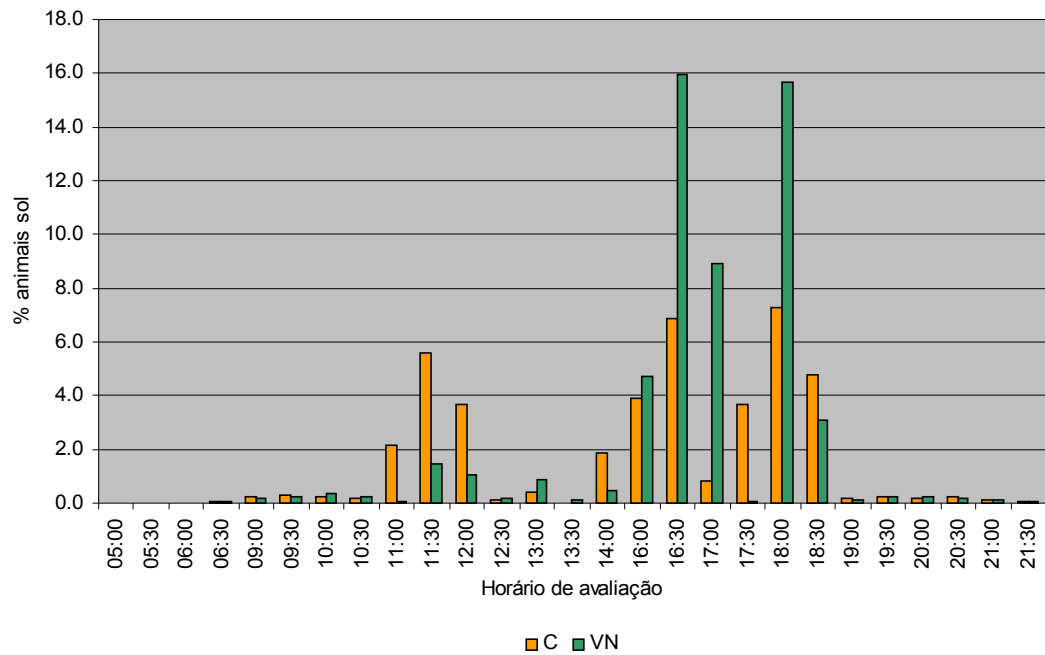


☆☆ - P<0,01    ☆ - P<0,05    ⊕ - P<0,10

Gráfico 05 - Porcentagem de animais dos tratamentos controle (C) e ventilação e nebulização (VN) na “postura deitado”

Para as variáveis “posição ao sol” e “posição a sombra”, não foi encontrada diferença estatística entre os tratamentos nos horários de observações (gráficos 06 e 07). Porém, pode-se notar que a maioria dos animais, em ambos tratamentos, permaneceu mais tempo dentro da instalação nas horas mais quentes do dia, se protegendo da radiação solar direta, e a partir das 16h, na qual, a radiação vai se tornando cada vez mais baixa, os animais se localizam fora da instalação, no piquete adjacente.

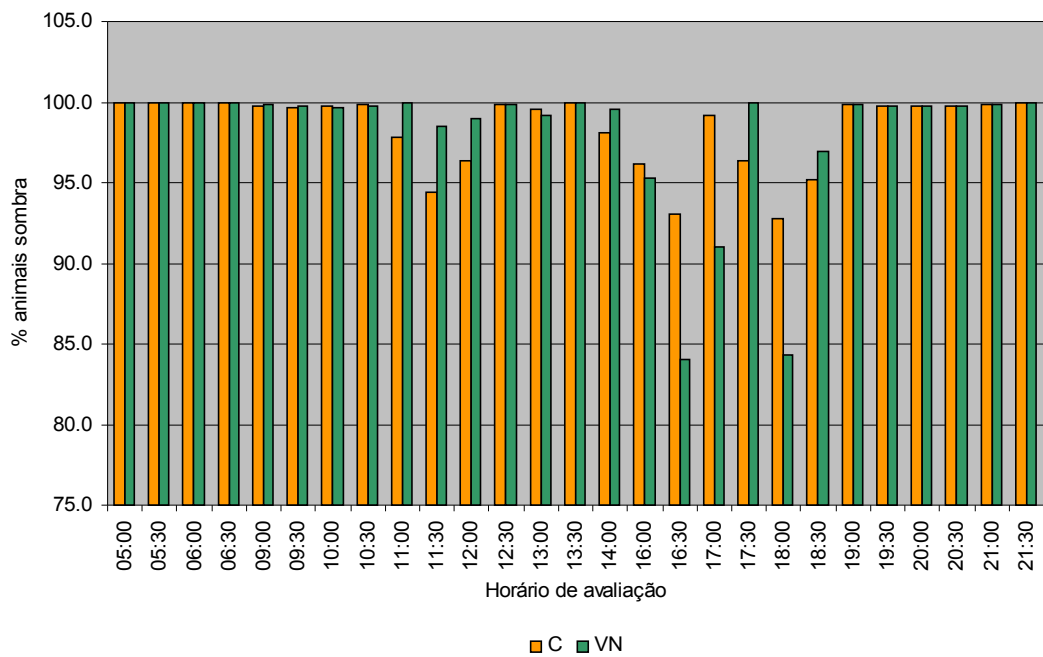




☆☆ - P<0,01    ☆ - P<0,05    ⊕ - P<0,10

Gráfico 06 - Porcentagem de animais dos tratamentos controle (C) e ventilação e nebulização (VN) na “posição ao sol”

Segundo Pires, Campos e Novaes (2002) a procura por sombra é uma resposta óbvia ao estresse calórico, e uma maneira de se obter conforto. Este comportamento está em função tanto da temperatura e umidade, quanto do genótipo do animal.



- P<0,01  
 - P<0,05  
 - P<0,10

Gráfico 07 - Porcentagem de animais dos tratamentos controle (C) e ventilação e nebulização (VN) na “posição sombra”

Em relação à variável “localização piquete”, não foi encontrada diferença estatística entre tratamentos. A maioria dos animais de ambos tratamentos permaneceu no piquete, como pode ser observado no gráfico 08, onde há maior ocorrência de animais localizados no piquete no início da manhã e no final do período noturno observado, com eventuais presenças ao longo do dia.

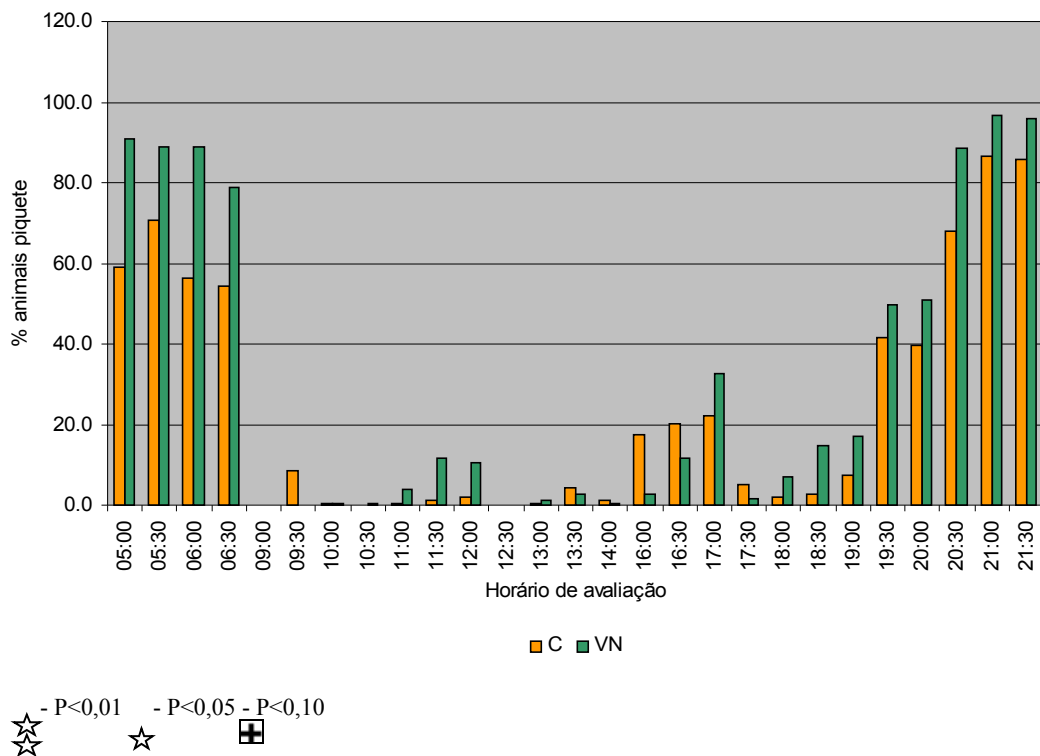
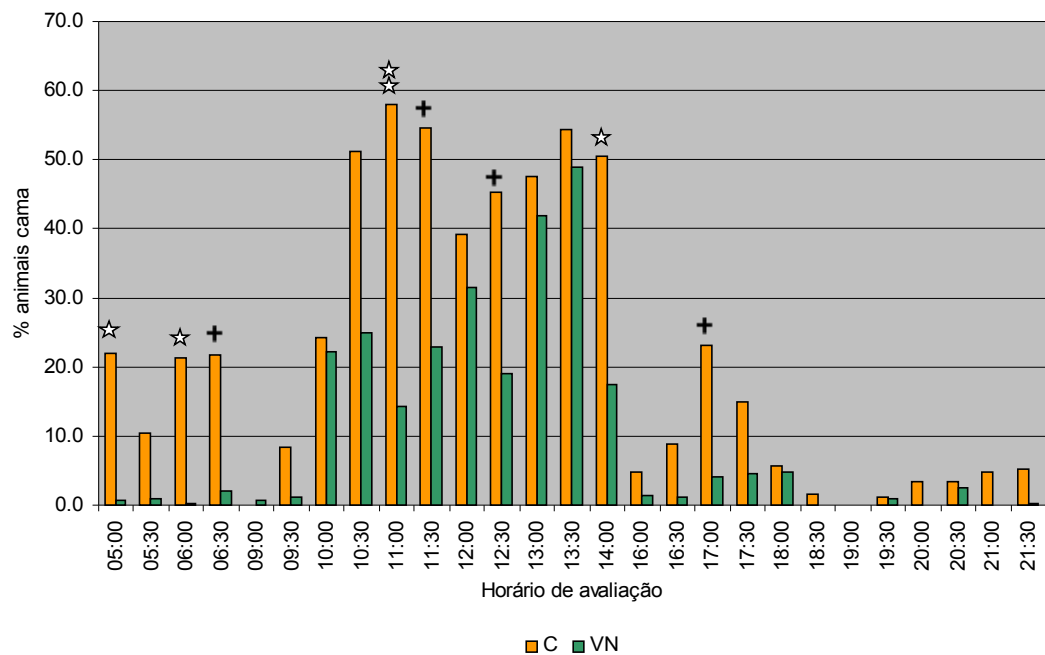


Gráfico 08 - Porcentagem de animais dos tratamentos controle (C) e ventilação e nebulização (VN) na “localização piquete”

Para variável “localização cama” observa-se efeito significativo às 11h ( $P<0,01$ ), às 5h, 6h e 14 ( $P<0,05$ ) e às 06h30min, 11h30min, 12h30min e 17h ( $P<0,10$ ), nos quais, os animais do tratamento controle permaneceram mais tempo na cama que os animais do tratamento VN (gráfico 09). Nos primeiros horários de observações, a maioria dos animais no tratamento controle localizava-se na cama, enquanto que os animais do tratamento VN permaneciam na área do piquete. Ao longo do dia, mais especificamente nos horários mais quentes, um maior número de animais do tratamento controle permaneceu na cama, enquanto que os animais do tratamento VN permaneceram no comedouro. Isto ocorreu provavelmente devido a orientação do estábulo, no qual a cama apresentava uma melhor condição de conforto térmico nas horas mais quentes do dia.

Estes resultados estão de acordo os encontrados por Pereira et al. (1986) que sugeriram que este comportamento seria para facilitar a dissipação de calor por condução ou para descanso.

Estes resultados corroboram os descritos por Matarazzo et al. (2007), que observaram que, quando os animais foram submetidos ao tratamento de nebulização com ventilação, passaram menos tempo na área descanso (21%) que os animais do tratamento controle (50%).



☆☆ - P<0,01   ☆ - P<0,05   + - P<0,10

Gráfico 09 - Porcentagem de animais dos tratamentos controle (C) e ventilação e nebulização (VN) na “localização cama”

Considerando a variável “localização comedouros” pode-se observar no gráfico 10, uma maior permanência dos animais do tratamento VN no comedouros no horário as 9h30min ( $P < 0,05$ ), indicando que a climatização propiciou uma maior persistência dos animais no comedouros, e dos animais do grupo controle às 12h ( $P < 0,10$ ). As maiores frequências de alimentação ocorreram às 9h e às 16h. Este comportamento ocorreu provavelmente pelo manejo adotado, pois nestes horários os animais retornavam das ordenhas e encontravam alimento recém colocado no cocho, que segundo Hafez e Schein (1962) é um fator que estimula o comportamento de alimentação.

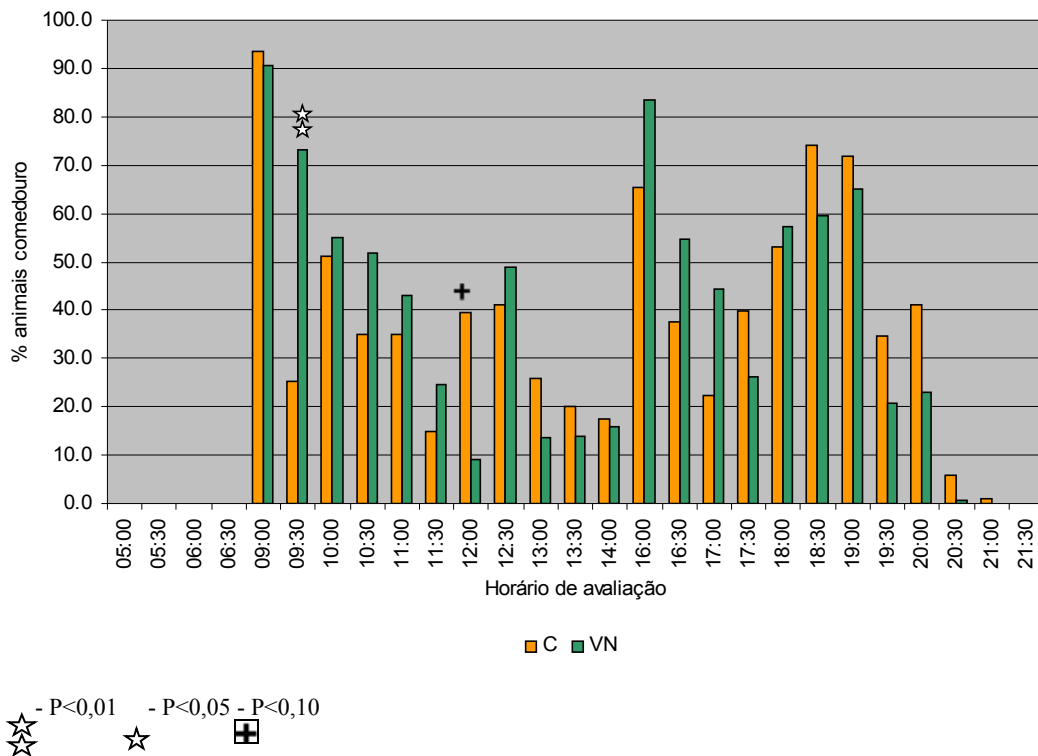


Gráfico 10 - Porcentagem de animais dos tratamentos controle (C) e ventilação e nebulização (VN) na “localização comedouro”

Em relação à variável “atividade comer”, não foi encontrada diferença estatística entre os tratamentos, porém, podemos notar no gráfico 11, uma maior persistência ao longo dos horários, após o retorno das ordenhas, para os animais do tratamento VN, permanecendo assim, mais tempo no comedouro, como demonstrado no gráfico acima, indicando baixo nível de estresse pelo calor.

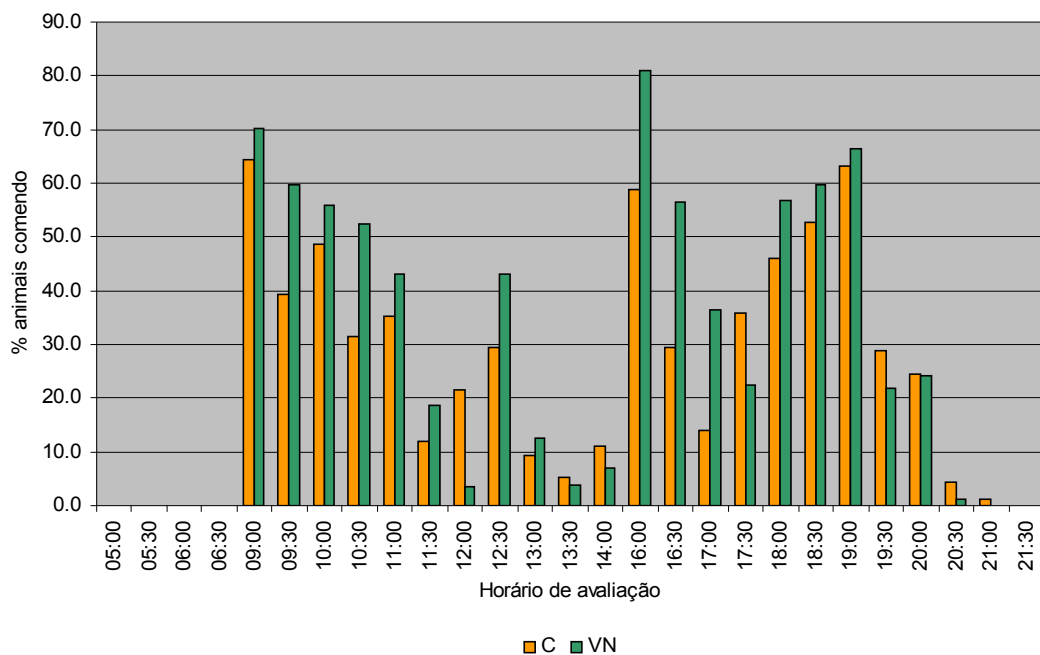
Este comportamento é semelhante aos resultados encontrados por Phillips e Rind (2001) que verificaram um pico de consumo alimentar logo após a oferta de alimento e no final da tarde.

De acordo com Camargo (1988); Fraser e Broom (1990) os animais estabulados são estimulados a procurar o alimento depois do retorno da ordenha, e nos momentos da oferta.

Calegari, Calamari e Frazzi (2003), citados por Matarazzo (2003), observaram maior permanência dos animais em pé na área de alimentação, no tratamento de nebulização com ventilação, e concluíram que este comportamento indicava situação de estresse térmico, já que os animais permaneceram nesta área devido à localização da linha de nebulização próxima ao comedouro.

Arcaro et al. (2006) encontraram diferença estatística ( $P < 0,05$ ) entre os tratamentos controle e nebulização com ventilação, para a variável “comendo”, onde os animais do tratamento climatizado permaneceram 22,7% do tempo total de observação comendo, enquanto que os animais do grupo controle permaneceram apenas 18,2%.

Matarazzo et al. (2007) não encontraram diferença estatística no tempo total de ingestão de alimentos, para os tratamentos controle (12%) e nebulização com ventilação (15%).



☆ -  $P < 0,01$    ☆ -  $P < 0,05$    ⊕ -  $P < 0,10$

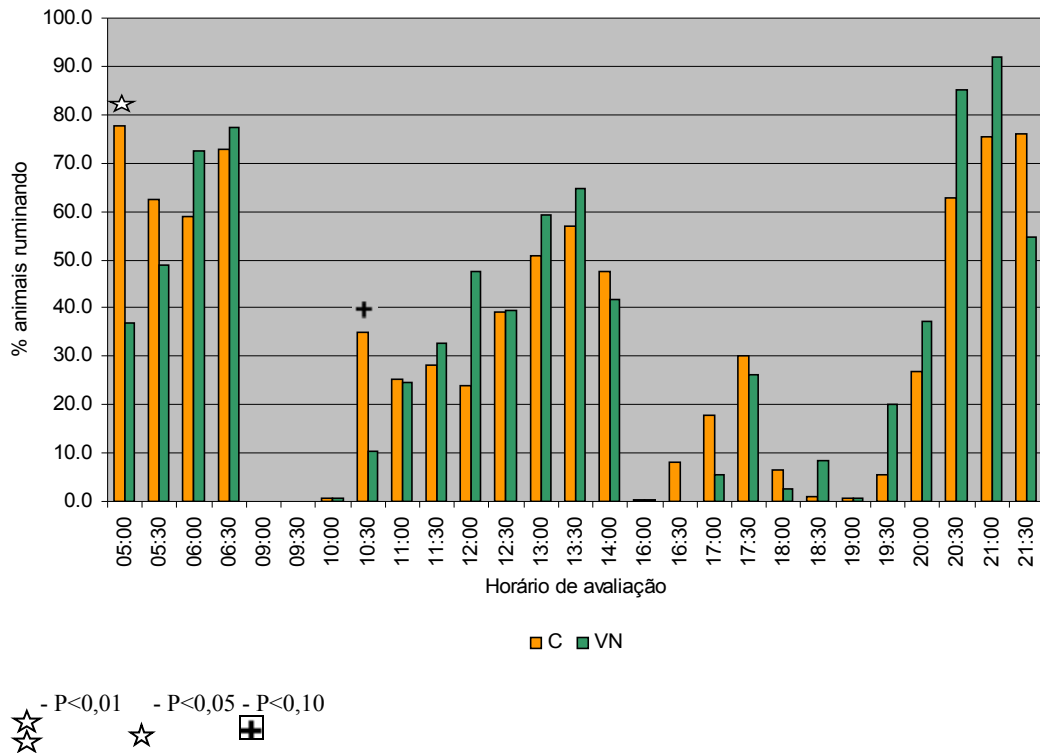
Gráfico 11 - Porcentagem de animais “comendo” dos tratamentos controle (C) e ventilação e nebulização (VN)

Para a variável “atividade ruminar” observou-se efeito significativo entre tratamentos nos horários às 5h ( $P < 0,05$ ) e às 10h30mi ( $P < 0,10$ ), onde os animais do tratamento controle permaneceram mais tempo ruminando. As maiores freqüências de ruminação ocorreram nos períodos anteriores à primeira ordenha, nas horas mais quentes do dia e após as 20h30min, como pode ser verificado no gráfico 12.

Estes resultados corroboram os encontrados por Camargo (1988); Damasceno, Baccari Jr e Targa (1999) e Laganá et al. (2005) que encontraram maiores freqüências de ruminação no período noturno, e atribuíram este caso-ao fato de que neste horário, as temperaturas são mais amenas.

Arcaro (2005) não observou diferença estatística, na atividade “ruminar deitado”, entre os tratamentos controle (9,2%) e climatizado (9,4%).

Segundo Matarazzo et al. (2007) os animais do tratamento controle permaneceram 43% do tempo total de observação ruminando, enquanto que os animais do tratamento no nebulização com ventilação permaneceram apenas 32%.

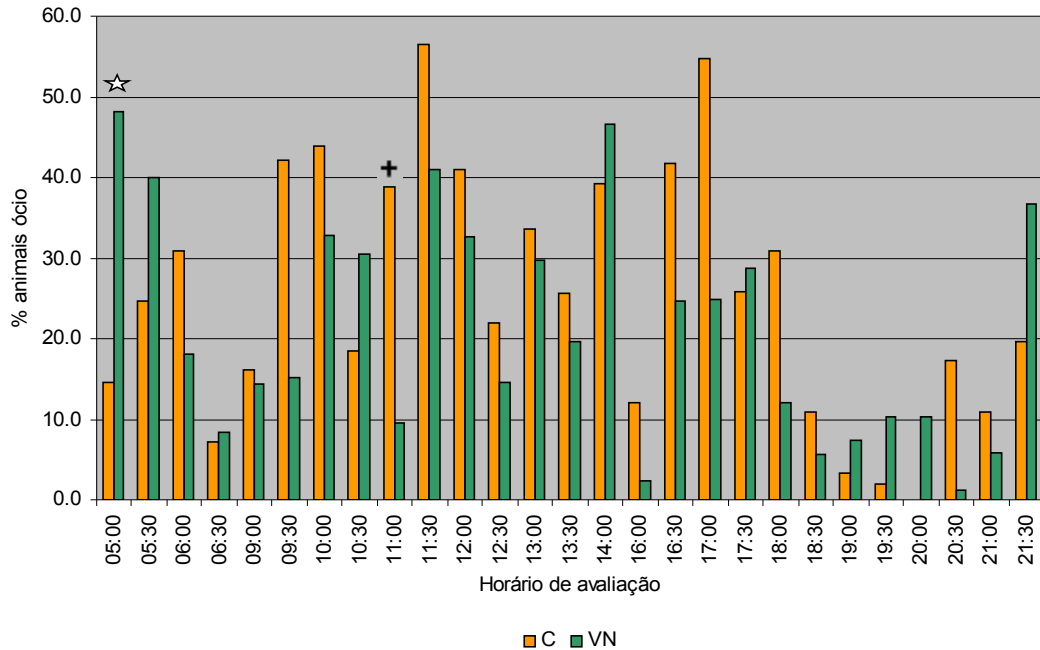


**Gráfico 12 - Porcentagem de animais “ruminando” dos tratamentos controle (C) e ventilação e nebulização (VN)**

Avaliando a variável “atividade ócio” nota-se diferença estatística entre tratamentos no horário às 5h ( $P<0,05$ ), onde os animais do tratamento VN permaneceram mais tempo em ócio e no horário às 11h ( $P<0,10$ ) para os animais do tratamento controle (gráfico 13). Esta atividade ocorre bem distribuída ao longo do dia, com menor frequência nos horários após o retorno das ordenhas, onde os animais permanecem no comedouro.

Matarazzo et al. (2007) verificaram diferença ( $P<0,05$ ) entre os tratamentos controle e climatizado para a “atividade ócio”, onde os animais em ambiente climatizado permaneceram 50 % do tempo total de observação em ócio, contra 43% para os animais do grupo controle.

Arcaro (2005) observou diferença ( $P < 0,05$ ) para “atividade ócio” na “postura deitado” entre tratamentos controle (8,2%) e climatizado (5,5%).



☆ -  $P < 0,01$    ☆ -  $P < 0,05$    ⊕ -  $P < 0,10$

Gráfico 13 - Porcentagem de animais em “ócio” dos tratamentos controle (C) e ventilação e nebulização (VN)

## 6.2 - Experimento II

### 6.2.1 - Variáveis Climáticas

As médias, desvios padrão, coeficiente de variação, mínima e máxima, para as variáveis climáticas de temperatura do ar (TBS\_EXT; TBS), umidade relativa do ar (UR\_EXT; UR), temperatura de globo negro ao sol (TGN\_SOL), temperatura de globo negro à sombra dos tratamentos (TGN\_SOMB\_V; TGN\_SOMB\_C), índice de temperatura de globo e umidade (ITGU\_EXT; ITGU\_V; ITGU\_C), e pluviosidade, registradas durante o período experimental, estão apresentadas na tabela 10.



Tabela 10 - Médias, desvio padrão (dp), coeficiente de variação (cv), mínima (Min) e máxima (Max), para as variáveis durante o período de observação das variáveis fisiológicas

Variáveis	$\bar{X}$	dp	cv	Min	Max
TBS_EXT (°C)	23,8	2,7	11,3	18,7	29,9
TBS (°C)	22,1	2,5	11,4	17,0	27,0
UR_EXT (%)	82,7	10,8	13,1	58,9	96,9
UR (%)	66,1	12,0	18,1	48,0	87,5
TGN_SOL (°C)	28,0	7,3	26,1	15,0	40,0
TGN_SOMB_V (°C)	24,1	3,1	12,5	18,0	29,0
TGN_SOMB_C (°C)	24,3	3,1	12,9	18,0	29,0
ITGU_EXT	75,0	7,2	9,6	62,0	86,5
ITGU_V	71,0	2,9	4,1	65,0	75,9
ITGU_C	71,3	3,1	4,4	65,0	75,9
PLUV (mm/dia)	1,9	3,2	168,3	0,0	7,5

A temperatura do ar situou-se a 27°C, valor este considerado como temperatura crítica superior para vacas de origem europeia em lactação, Este valor pode variar em função do tempo exposição, da adaptação e do nível de produção do animal (BERMAN et al., 1985; BAÊTA; SOUZA, 1997; FUQUAY, 1997).

As temperaturas médias de globo negro, a sombra nos tratamentos encontrou-se abaixo de 26°C, estando dentro da faixa de conforto para temperatura de globo negro segundo a classificação de Mota (2001). Porém os valores máximos de globo negro registraram valores de 29°C em ambos tratamento

Os valores médios de ITGU nos tratamentos apresentaram-se abaixo de 74 indicando uma condição de conforto para os animais de acordo com a classificação de Baêta e Souza (1997). Porém os valores máximos do ITGU nos tratamentos situaram-se abaixo de 76 indicando uma ligeira situação de estresse.

### 6.2.2. - Variáveis Fisiológicas

Os resultados das médias, desvio padrão, coeficiente de variação, mínima e máxima, para as variáveis fisiológicas dos tratamentos controle e ventilação seguem abaixo.

Tabela 11 – Médias, desvio padrão (dp), coeficiente de variação (cv), mínima (Min) e máxima (Max), para as variáveis fisiológicas

Variáveis	$\bar{X}$	dp	cv	Min	Max
<b>Ventilação</b>					
Frequência Respiratória (mov.min <sup>-1</sup> )	44	8,1	18,0	32	64
Temperatura Caudal (°C)	34,3	1,2	3,6	29,8	37,1
Temperatura Retal (°C)	37,9	0,4	1,2	36,5	39,1
<b>Controle</b>					
Frequência Respiratória (mov.min <sup>-1</sup> )	46	8,1	18,0	32	88
Temperatura Caudal (°C)	34,5	1,2	3,6	31,2	36,8
Temperatura Retal (°C)	38,0	0,4	1,2	36,9	39,1

Assim como no experimento I, encontrou-se uma maior frequência respiratória no tratamento controle, com uma diferença sem importância biológica, pois de acordo com Hahn, Parkhurst e Gaughan (1997) uma frequência de até 60 mov.min<sup>-1</sup> indica ausência de estresse térmico. Porém ao verificarmos os valores máximos, observa-se um ligeiro estresse para tratamento V com valores de 64 mov.min<sup>-1</sup> e, uma situação de estresse térmico para o tratamento controle com valores de 88 mov.min<sup>-1</sup>.

Matarazzo (2004) observou valores superiores aos deste estudo, para frequência respiratória, com 64 mov.min<sup>-1</sup> para o tratamento controle, e 52 mov.min<sup>-1</sup> para o tratamento com ventilação.

Assim como no experimento I, na análise de regressão das variáveis fisiológicas em função do tratamento e do índice de temperatura e umidade, adotou-se um nível de significância de 1% nas análises de variâncias e nos coeficientes de regressão associados ao  $\beta_1$  (modelo linear de 1º grau) e ao  $\beta_2$  (modelo linear de 2º grau).

Através da análise de variância para variável “frequência respiratória” não observamos efeito significativo entre tratamentos e da co-variável ITGU, como pode ser verificado na tabela 12.

Tabela 12 – Resumo da análise de variância para a frequência respiratória pelo modelo linear misto

Efeito	GL <sub>numerador</sub>	GL <sub>denominador</sub>	F	Pr > F
--------	-------------------------	---------------------------	---	--------

TRAT	1	17	2.80	0.1124
ITGU	1	539	0.01	0.9311
ITGUxITGU	1	539	0.03	0.8717

Através da análise coeficientes de regressão associados à frequência respiratória pode-se verificar efeito significativo ( $P < 0,01$ ) para o tratamento V entre os tratamentos e para o tratamento C em função do ITGU, como pode ser observado na tabela abaixo.

Tabela 13 - Coeficientes de regressão associados à frequência respiratória para cada tratamento avaliado, segundo valores de ITGU

Efeito	TRAT	Estimativa	Erro	DF	t Value	Pr >  t
TRAT	C	-0.4915	11.8913	17	-0.04	0.9675
TRAT	V	46.1963	12.4492	17	3.71	0.0017
ITGUxTRAT( $\beta_1$ )	C	0.6526	0.1669	539	3.91	0.0001
ITGUxTRAT( $\beta_1$ )	V	-0.02871	0.1752	539	-0.16	0.8699

A análise de regressão do tratamento controle foi linear para a variável frequência respiratória. Entretanto a predição não revelou efeitos significativos do tratamento “ventilação” sobre a frequência respiratória, com valor estimado de 44 mov.min<sup>-1</sup> pela análise de regressão, como pode ser observado no gráfico 14.

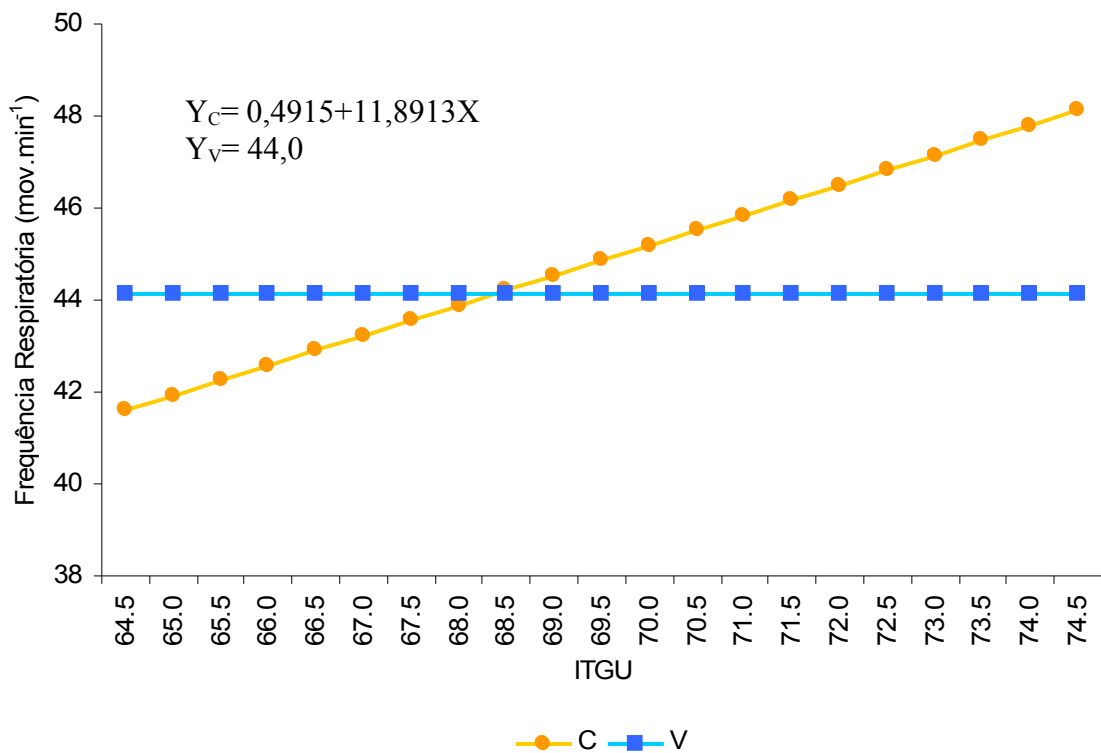


Gráfico 14 - Frequência respiratória estimada para os tratamentos controle (C) e ventilação (V), (mov.min<sup>-1</sup>)

Ao verificar os valores médios para a variável “temperatura caudal”, observa-se, que esta, se pareceu aos do experimento I (tabela 11), porém com uma diferença de 0,2°C entre os tratamentos, não possuindo também uma importância biológica em se tratando de temperaturas corporais externas. Encontrando valores próximos dos observados por Martello (2006) que verificou valor médio de 34°C para temperatura da base da cauda no verão.

Através da análise de variância, para variável “temperatura caudal”, verificou-se efeito significativo ( $P < 0,01$ ) para a co-variável ITGU (tabela 14).

Tabela 14 - Resumo da análise de variância para a temperatura caudal pelo modelo linear misto

Efeito	GL numerador	GL denominador	F	Pr > F
TRAT	1	17	2.99	0.1019
ITGU	1	539	16.25	<.0001
ITGUxITGU	1	539	12.87	0.0004

Por intermédio da análise dos coeficientes de regressão associados à temperatura caudal pode-se observar efeito significativo ( $P < 0,01$ ) dos tratamentos em função do ITGU (tabela 15).

Tabela 15 - Coeficientes de regressão associados à temperatura caudal para cada tratamento avaliado, segundo valores de ITGU

Efeito	TRAT	Estimativa	Erro	DF	t Value	Pr >  t
TRAT	C	17.7809	1.3626	17	13.05	<.0001
TRAT	V	14.1554	1.4486	17	9.77	<.0001
ITGUxTRAT( $\beta_1$ )	C	0.2349	0.01909	539	12.30	<.0001
ITGUxTRAT( $\beta_1$ )	V	0.2841	0.02037	539	13.95	<.0001

A análise de regressão dos dois tratamentos foi linear para a variável temperatura caudal, com predição de valores inferiores no tratamento “ventilação” em relação ao controle, em valores de ITGU até 70 como pode ser observado no gráfico 15.

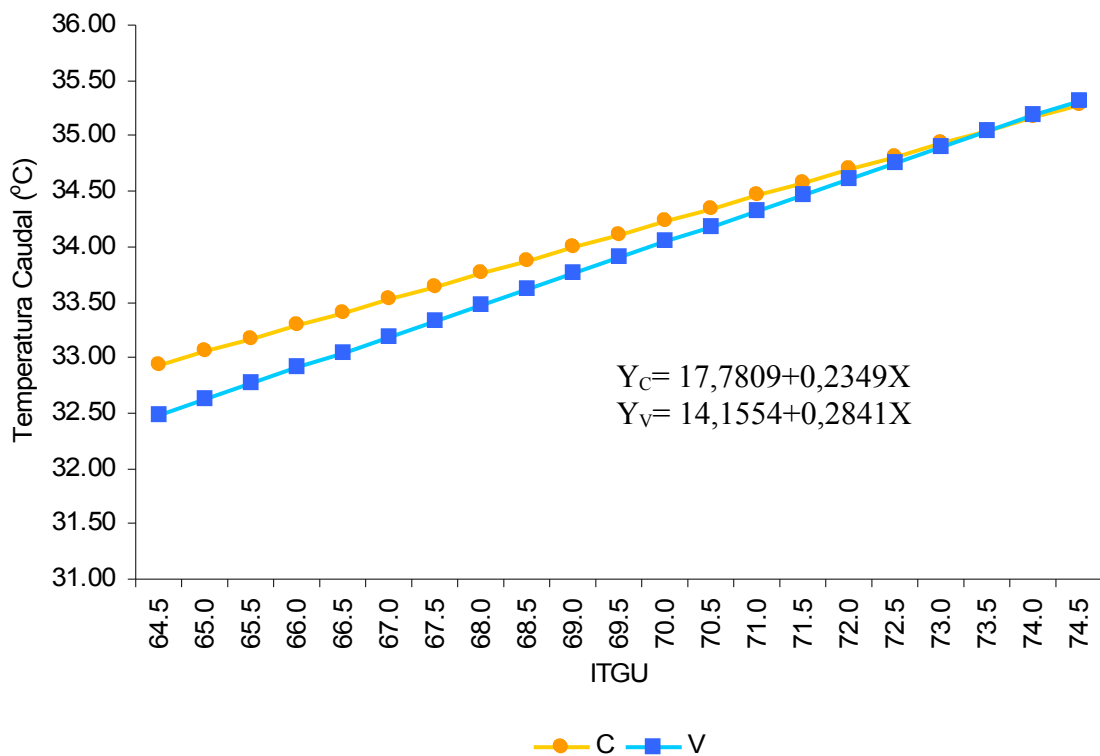


Gráfico 15 - Temperatura caudal estimada para os tratamentos controle (C) e ventilação (V), (°C)

Assim como no experimento I, os valores médios da temperatura retal apresentaram diferença de 0,1°C (tabela 11) Em ambos tratamentos, as temperaturas retais indicam ausência de estresse. Ao observarmos os valores máximos da temperatura retal não verificamos diferenças entre tratamentos indicando a eficiência da frequência respiratória. McDowell, Lee e Fohrman (1958) que realizaram uma revisão a cerca do assunto, e chegaram a um valor absoluto de 38,3°C como a temperatura retal normal aceita para todas as raças bovinas.

Stober (1993) afirmou que bovinos em termoneutralidade, apresentam temperatura retal em torno de 38 e 39°C. Silva (2000) considerou como temperatura retal normal, a faixa entre 37,5 e 39,3°C.

Matarazzo (2004) encontrou valores de 38,4°C e 38,5°C para temperatura retal nos tratamentos controle e ventilado. Valores estes, superiores aos encontrados neste estudo, porém, não indicando uma situação de estresse para vacas em lactação.

Através da análise de variância para variável “temperatura retal” podemos verificar efeito significativo ( $P < 0,01$ ) para co-variável ITGU, como pode ser observado na tabela 16.

Tabela 16 - Resumo da análise de variância para a temperatura retal pelo modelo linear misto

Efeito	GL numerador	GL denominador	F	Pr > F
TRAT	1	17	8.80	0.0087
ITGU	1	539	34.83	<.0001
ITGUxITGU	1	539	31.48	<.0001

Através da análise da estimativa da temperatura caudal podemos observar efeito significativo ( $P < 0,01$ ) para o tratamento V em função do ITGU, como podem ser observados na tabela 17.

Tabela 17 - Coeficientes de regressão associados à temperatura retal para cada tratamento avaliado, segundo valores de ITGU

Efeito	TRAT	Estimativa	Erro	DF	t Value	Pr >  t
TRAT	C	33,6252	0,6013	17	55,92	<.0001
TRAT	V	32,9050	0,6328	17	52,00	<.0001
ITGUxTRAT( $\beta_1$ )	C	0,06144	0,008434	537	7,28	<.0001
ITGUxTRAT( $\beta_1$ )	V	0,06993	0,008904	537	7,85	<.0001

A análise de regressão dos dois tratamentos foi linear para a variável temperatura retal, com predição de valores inferiores no tratamento “ventilação” em relação ao controle, em

todos os níveis de ITGU. Proporcionalmente ao aumento do ITGU houve a predição de diminuição da diferença entre os tratamentos, como pode ser observado no gráfico 16.

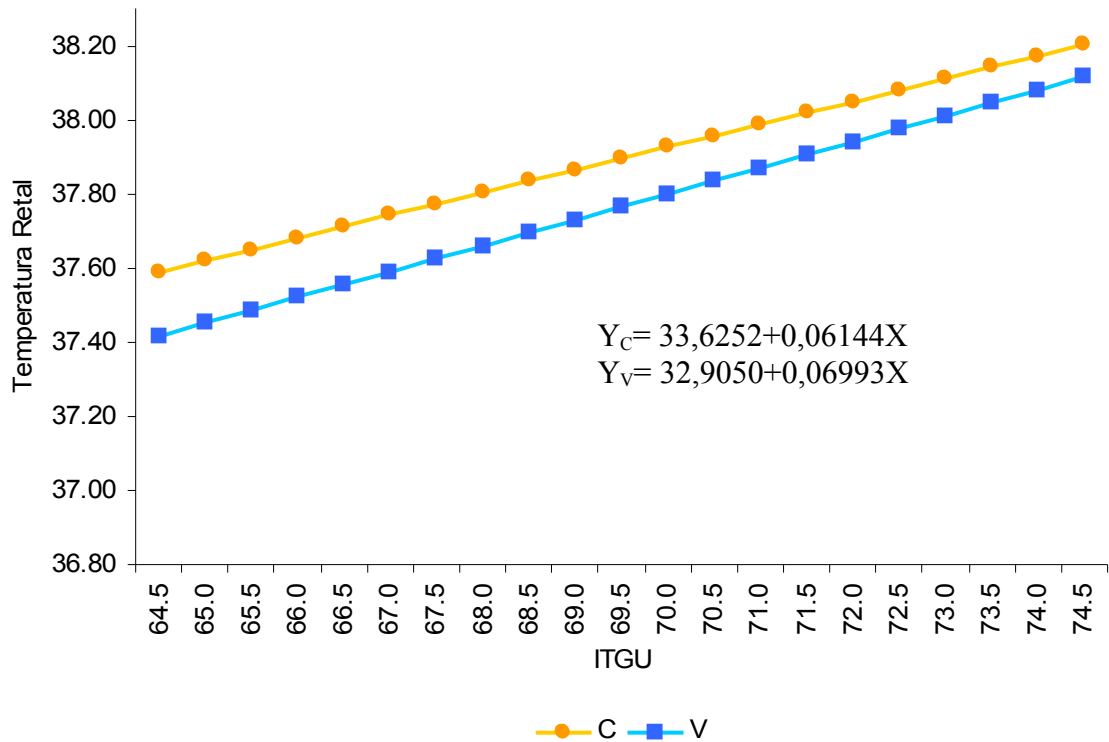


Gráfico 16 - Temperatura retal estimada para os tratamentos C e V

### 6.2.3. - Variáveis climáticas no período de avaliação do comportamento

As médias, desvios padrão, coeficiente de variação, mínima e máxima, para as variáveis climáticas de temperatura do ar (TBS\_EXT; TBS), umidade relativa do ar (UR\_EXT; UR) temperatura de globo negro ao sol (TGN\_SOL), temperatura de globo negro à sombra dos tratamentos (TGN\_SOMB\_V; TGN\_SOMB\_C), índice de temperatura de globo e umidade (ITGU\_EXT; ITGU\_V; ITGU\_C) e pluviosidade, registradas durante o período experimental, estão apresentadas na tabela 16.

Tabela 18 - Médias, desvio padrão (dp), coeficiente de variação (cv), mínima (Min) e máxima (Max), para as variáveis climáticas durante o período de observação do comportamento

Variáveis	$\bar{X}$	dp	cv	Min	Max
TBS_EXT (°C)	24.8	3.0	12.0	19.5	30.6
TBS (°C)	22.7	3.1	13.5	17.5	30.5
UR_EXT (%)	84.2	10.7	12.7	63.52	98.5
UR (%)	70.6	14.6	20.7	38	89.5
TGN_SOL (°C)	29.5	8.8	29.9	17	49.0
TGN_SOMB_V (°C)	24,9	3,7	15,0	19,5	34,5
TGN_SOMB_C (°C)	26,8	4,7	17,6	19,0	34,5
ITGU_EXT	78.8	8.9	11.3	65.43	98.2
ITGU_V	72,5	3,6	5,0	66,7	81,3
ITGU_C	74,4	4,7	6,4	65,8	82,6
PLUV (mm/dia)	15.8	10.6	66.7	2.5	25.0

A caracterização do ambiente por meio da temperatura do ar indicou um ambiente estressante, registrando valores acima de 30°C, não se encontrando dentro da zona de termoneutralidade que de acordo com Huber (1990) varia de 4 a 26°C. A média da temperatura do ar no experimento II se apresentou mais amena que no experimento I, isso ocorreu provavelmente devido a maior incidência de chuva neste período.

As temperaturas de globo negro à sombra encontraram-se dentro da faixa de conforto térmico (7 a 26°C), segundo a classificação de Mota (2001). Conseqüentemente, os valores de ITGU à sombra ficaram abaixo de 75, indicados como uma situação de conforto térmico para os animais, de acordo com Baêta e Souza (1997).

#### 6.2.4 - Comportamento

Assim como no experimento I, foi realizada uma análise das distribuições das frequências das variáveis observadas, verificou-se que somente foi possível analisar as variáveis de postura, posição, localização em piquete, cama e comedouro, e das atividades de comer, ruminar e ócio, contemplando os efeitos principais de tratamento e horário de monitoramento, além da interação tratamento *versus* horário.



Como houve efeito significativo na maioria das variáveis comportamentais para a fonte de variação “horário de monitoramento”, optou-se por apresentar os resultados visando estudar o efeito dos tratamentos dentro de cada horário avaliado.

Avaliando a fonte de variação horária de monitoramento em presença da covariável ITGU em relação à “postura em pé”, observa-se efeito significativo às 14h e às 21h ( $P<0,05$ ), e às 17h e 17h30min ( $P<0,10$ ), nos quais, os animais do tratamento V permaneceram mais tempo em pé, como pode ser observado no gráfico 17. Resultados inversos podem ser observados ao analisarmos a variável “postura deitado” (gráfico 18). O comportamento dessas variáveis se mostrou semelhante aos do experimento I, onde se observa uma maior ocorrência de animais em pé, nos horários após o retorno das ordenhas e no final da tarde.

Segundo Laganá et al. (2005) as vacas permaneceram em pé para as atividades na maior parte do tempo. Pires et al. (1998a) mostraram que os animais possuem uma tendência em ficar na posição em pé no verão a fim de maximizarem a perda de calor por convecção.

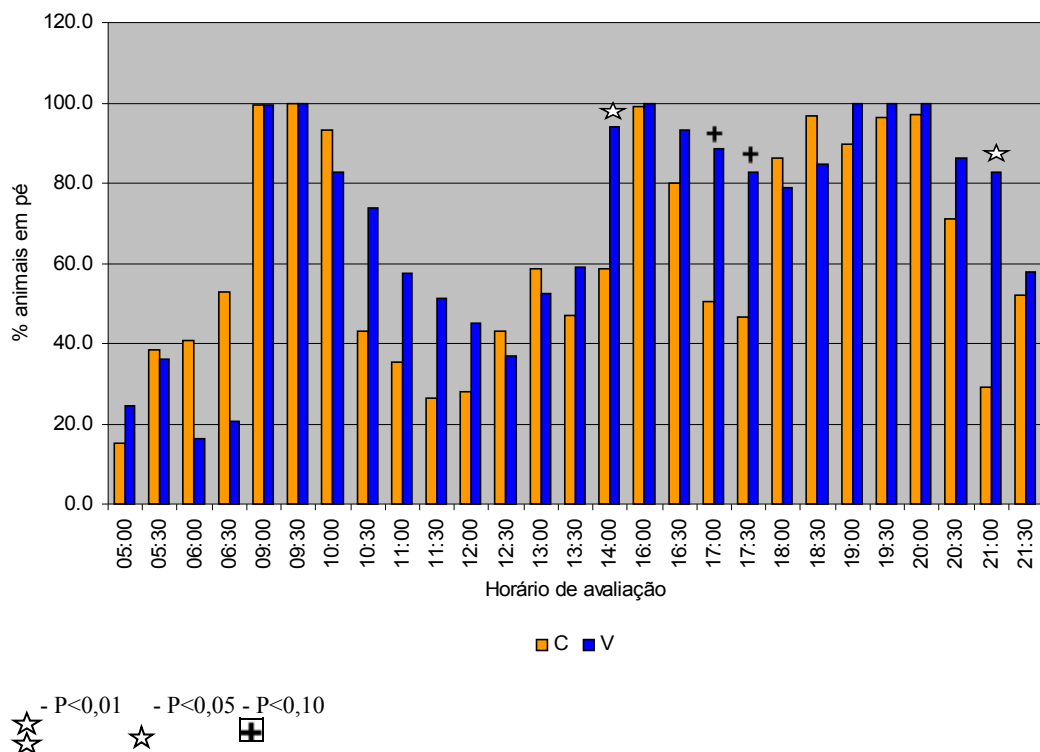


Gráfico 17 - Porcentagem de animais dos tratamentos controle (C) e ventilação (V) na “postura em pé”

Os animais permaneceram mais tempo na posição deitado no início da manhã, nas horas mais quentes do dia e no final do período noturno observado. De acordo com Camargo

(1988) os animais quando se encontram em uma instalação, sem recursos para manter o conforto térmico, permanecem deitadas enquanto realizam algumas atividades como ruminção, ócio e defecação.

Pires, Campos e Novaes (2002) afirmaram que as vacas permanecem mais tempo deitadas, porque, é nesta posição que se encontram em situação de conforto máximo.

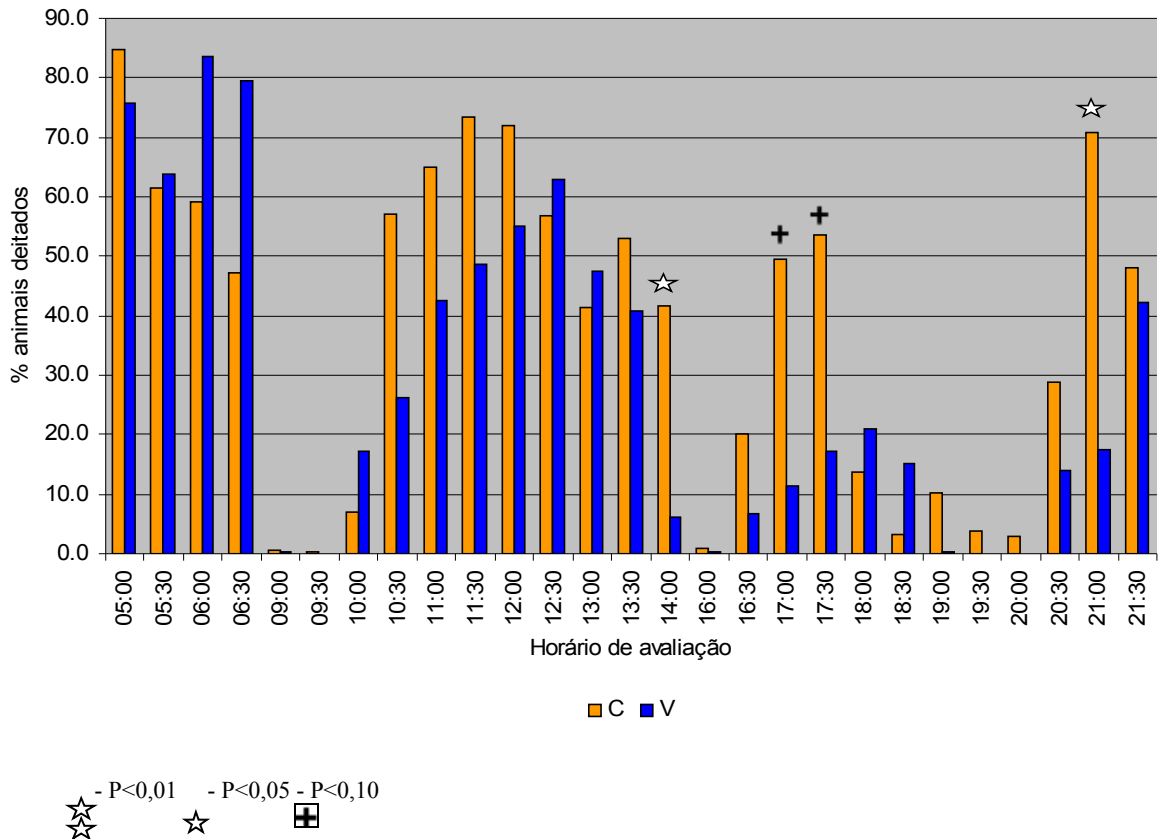
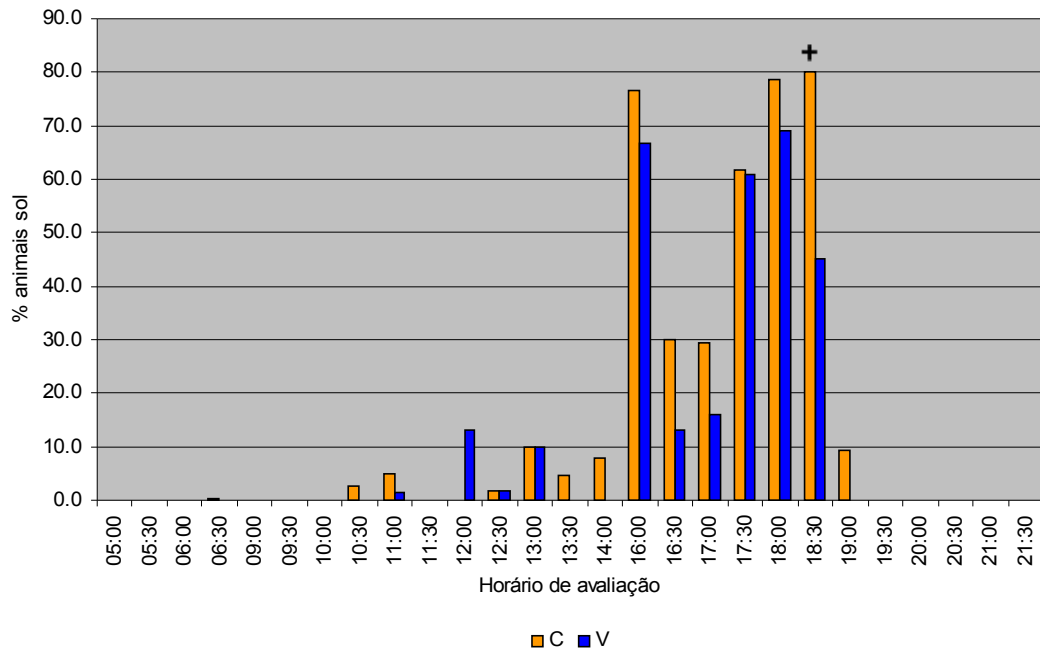


Gráfico 18 - Porcentagem de animais dos tratamentos controle (C) e ventilação (V) na “postura deitado”

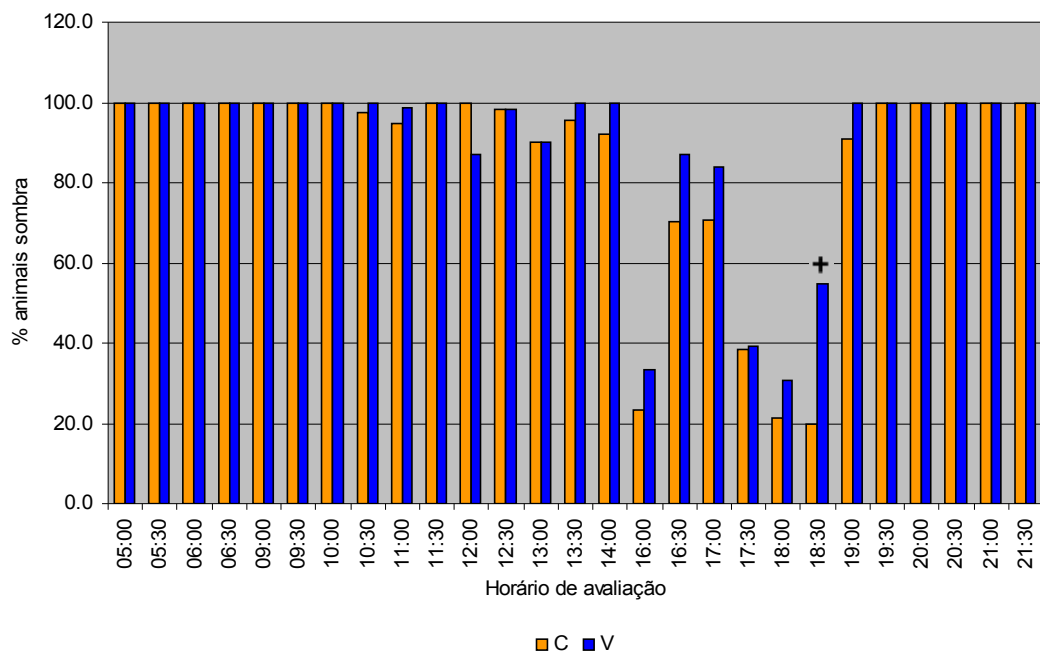
Para a variável “posição ao sol” nota-se no gráfico 19, que os animais do tratamento C permaneceram mais tempo ao sol às 16h30min ( $P < 0,05$ ), enquanto que os animais do tratamento V permaneceram à sombra (gráfico 20).

Arave e Albright (1981) estudaram as modificações comportamentais de vacas Holandesas alojadas em *free-stall* com acesso a pasto, em condições térmicas estressantes, observaram que os animais permaneceram dentro do *free-stall* durante as horas mais quentes do dia a fim de se protegerem da radiação solar direta, enquanto que, durante a noite os animais tenderam sair do abrigo.



☆☆ - P<0,01   ☆ - P<0,05   ⊕ - P<0,10

Gráfico 19 - Porcentagem de animais dos tratamentos controle (C) e ventilação (V) na “posição ao sol”



☆☆ - P<0,01   ☆ - P<0,05   ⊕ - P<0,10

Gráfico 20 - Porcentagem de animais dos tratamentos controle (C) e ventilação (V) na “posição sombra”

Em relação à variável “localização piquete” verifica-se no gráfico 21 efeito significativo às 5h30min, 6h e 6h30min ( $P<0,05$ ) e às 5h ( $P<0,10$ ), nos quais, os animais do tratamento V permaneceram mais tempo no piquete enquanto que os animais do tratamento C permaneciam dentro do *free-stall*.

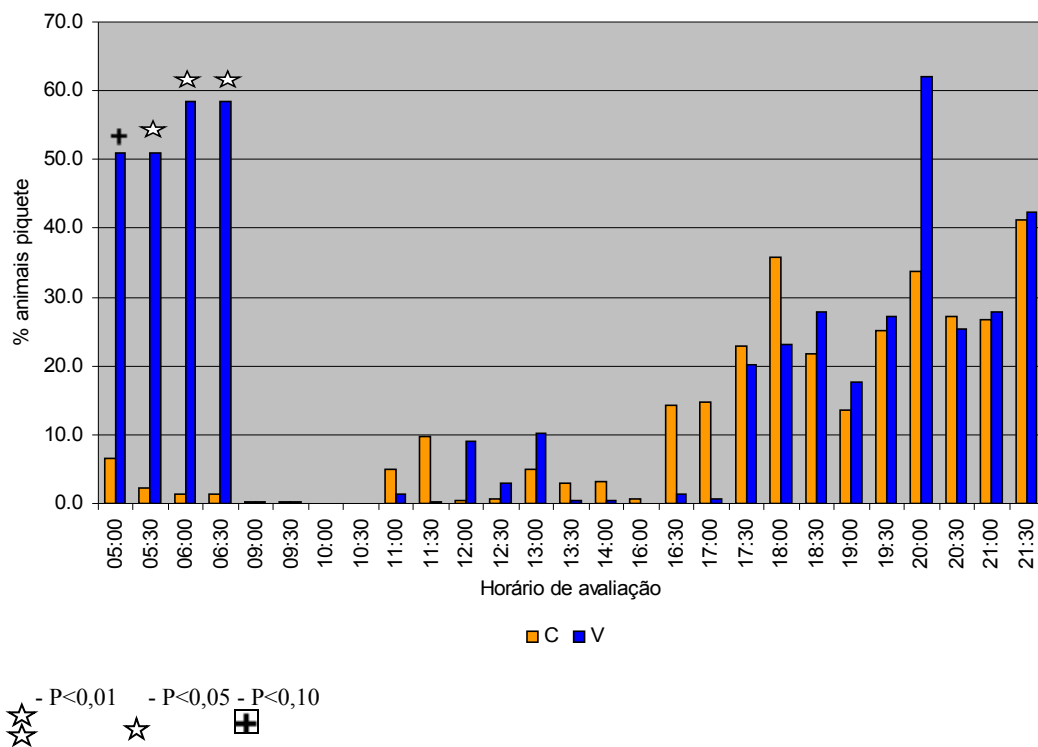


Gráfico 21 - Porcentagem de animais dos tratamentos controle (C) e ventilação (V) na “localização piquete”

Considerando a variável “localização cama” verifica-se o inverso da variável localização piquete (gráfico 22), nos primeiros horários de observações. E às 19h ( $P<0,10$ ) verifica-se um maior número de animais do tratamento V na cama. Observa-se também, ao longo do dia, uma maior expressão deste comportamento nos horários mais quentes.

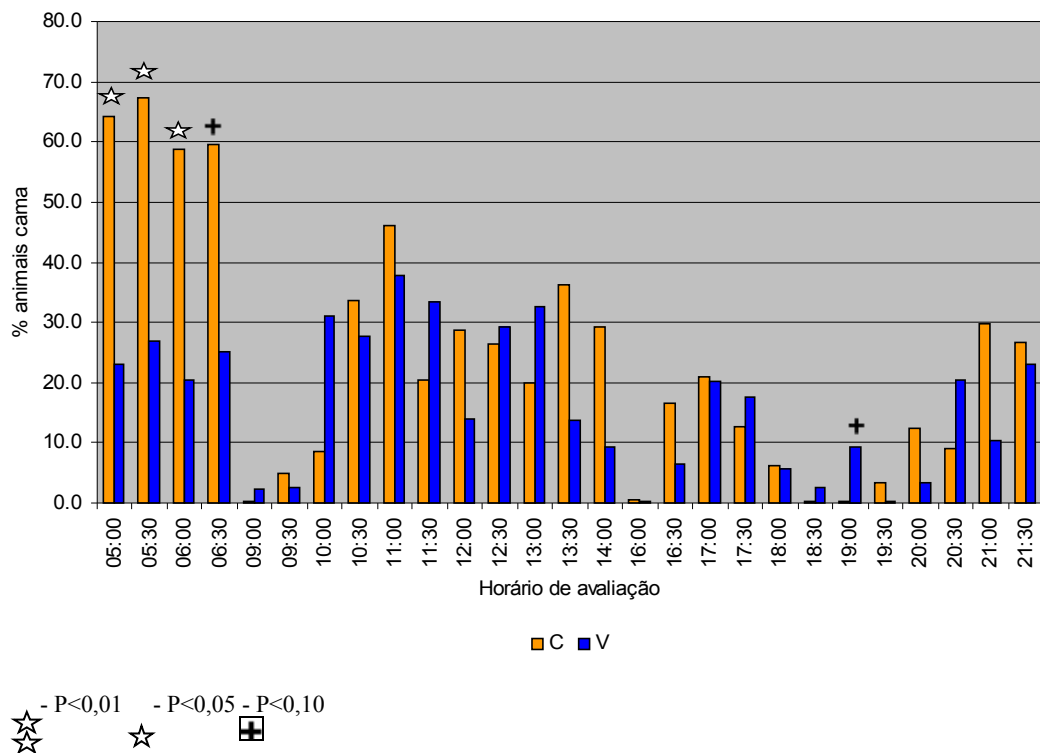


Gráfico 22 - Porcentagem de animais dos tratamentos controle (C) e ventilação (V) na “localização cama”

Analisando a variável “localização comedouros” verifica-se efeito significativo para os às 6h, 6h30min e 13h ( $P<0,05$ ), onde, os animais do tratamento C permaneceram maior tempo nesta localização (gráfico 23). Conseqüentemente os animais do tratamento C ingeriram mais alimentos nestes horários que os animais do tratamento V, como pode ser observado no gráfico 24. Isto ocorreu pelo fato dos animais do tratamento C estarem expostos a um ambiente termicamente estressante, ocorrendo uma inversão dos seus hábitos alimentares, passando a se alimentarem no início da manhã, antes da primeira ordenha, e às 13h para compensar a menor ingestão nos horários anteriores.

Segundo Fraser e Broom (1990) o comportamento alimentar não é explicado apenas por fatores fisiológicos, uma vez que tal comportamento é fortemente influenciado pelas inter-relações ambientais e sociais.

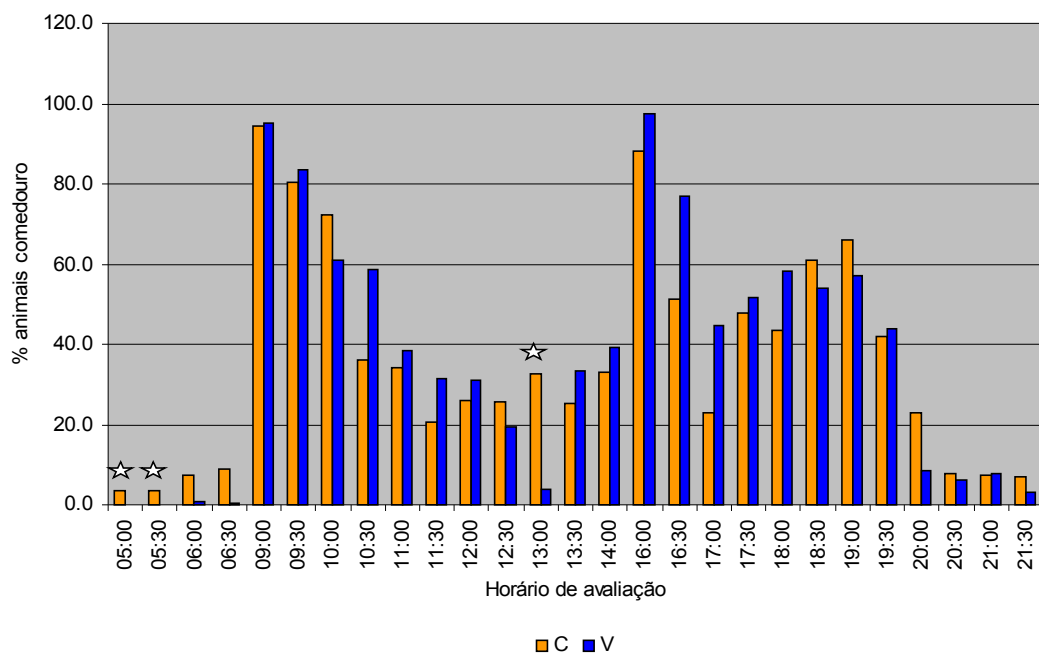
Pires, Campos e Novaes (2002) relataram que em condições de temperatura ambiente elevada verifica-se um aumento drástico no consumo voluntário de alimento durante a noite, indicando haver uma modificação no comportamento ingestivo, com o objetivo de amenizar os efeitos do estresse térmico.

De acordo com Pires et al. (1998a) o objetivo primário de todos os animais é o de se alimentarem. Assim como no experimento I, as maiores frequências de alimentação ocorreram após os retornos das ordenhas.

Laganá et al. (2005) avaliando o sistema de resfriamento adiabático evaporativo no comportamento de vacas de alta produção, encontraram maiores atividades de ingestão no intervalo das 11h às 17h independente do tratamento.

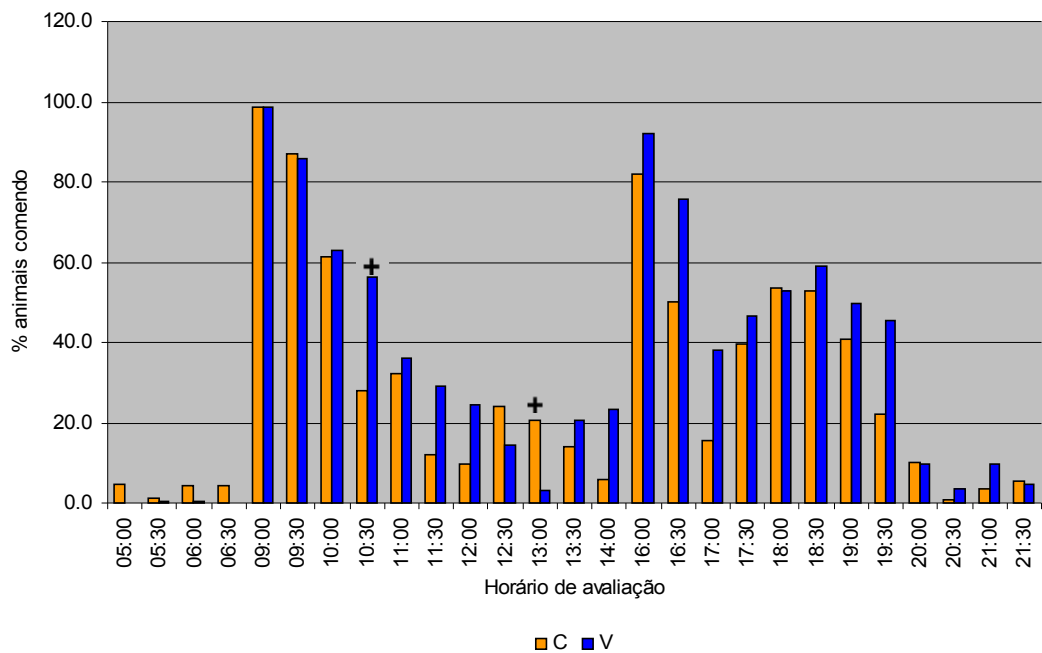
Portugal, Pires e Durães (2000) estudando o efeito do ambiente sobre comportamento ingestivo de alimentos em vacas Holandesas, verificaram maior frequência de alimentação das 12 às 18 horas seguidas do período das 6 às 12 horas.

Matarazzo et al. (2007) verificaram que os animais com acesso a ventilação passaram 30% do tempo total de observação comendo, enquanto que os animais sem acesso a climatização permaneceram apenas 12%.



☆☆☆ - P<0,01   ☆ - P<0,05   ⊕ - P<0,10

Gráfico 23 - Porcentagem de animais dos tratamentos controle (C) e ventilação (V) na “localização comedouro”



☆ - P<0,01    ☆ - P<0,05    □ - P<0,10  
 ☆            ☆            □

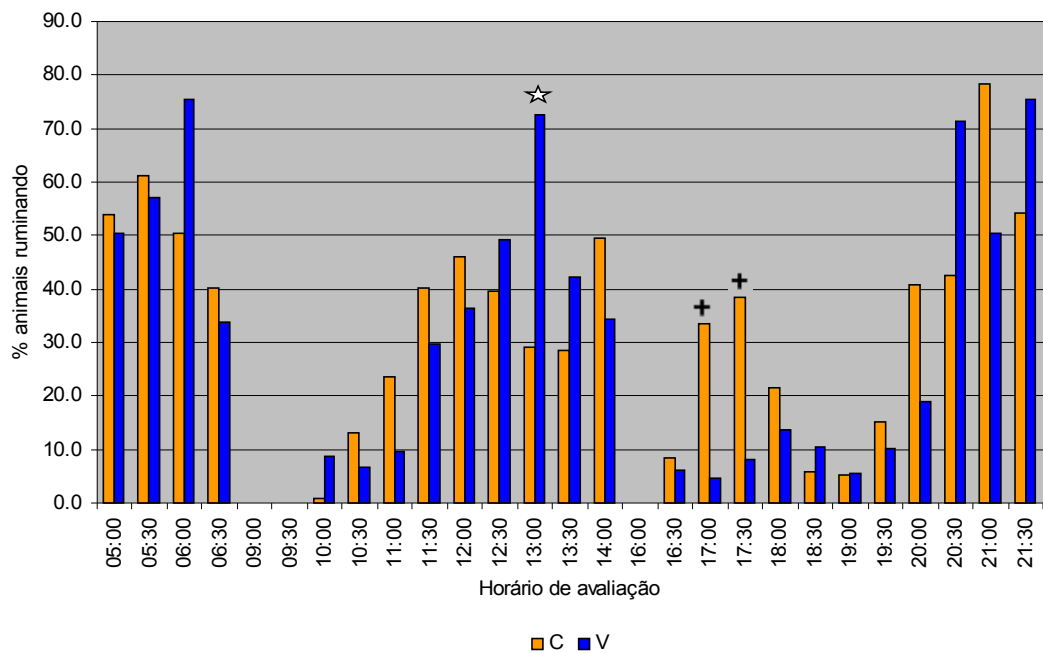
Gráfico 24 - Porcentagem de animais “comendo” dos tratamentos controle (C) e ventilação (V)

Considerando a variável “atividade ruminar” verificou-se efeito significativo às 13h ( $P<0,05$ ), no qual, os animais do tratamento V passaram mais tempo ruminando e nos horários às 17h e 17h30min ( $P<0,10$ ) para os animais do tratamento controle (gráfico 25). Assim como no experimento I, as maiores frequências de ruminação ocorreram nos horários do início da manhã, nas horas mais quentes do dia e no final do período noturno observado.

Segundo Hafez e Schein (1962) o padrão diário de ruminação é determinado pelo padrão diário de alimentação.

Para Degasperi et al. (2003) a ruminação é resultante de estímulos mecânicos que está diretamente relacionado com o tipo e a qualidade da dieta. Quanto melhor o alimento é ruminado, melhor será digerido e eliminado, dando espaço para mais alimento. Assim, a ruminação determina a quantidade da ingestão futura.

Matarazzo et al. (2007) observaram que os animais do tratamento controle permaneceram 43% do tempo total de observação ruminando, enquanto que os animais do tratamento com ventilação passaram apenas 29%.

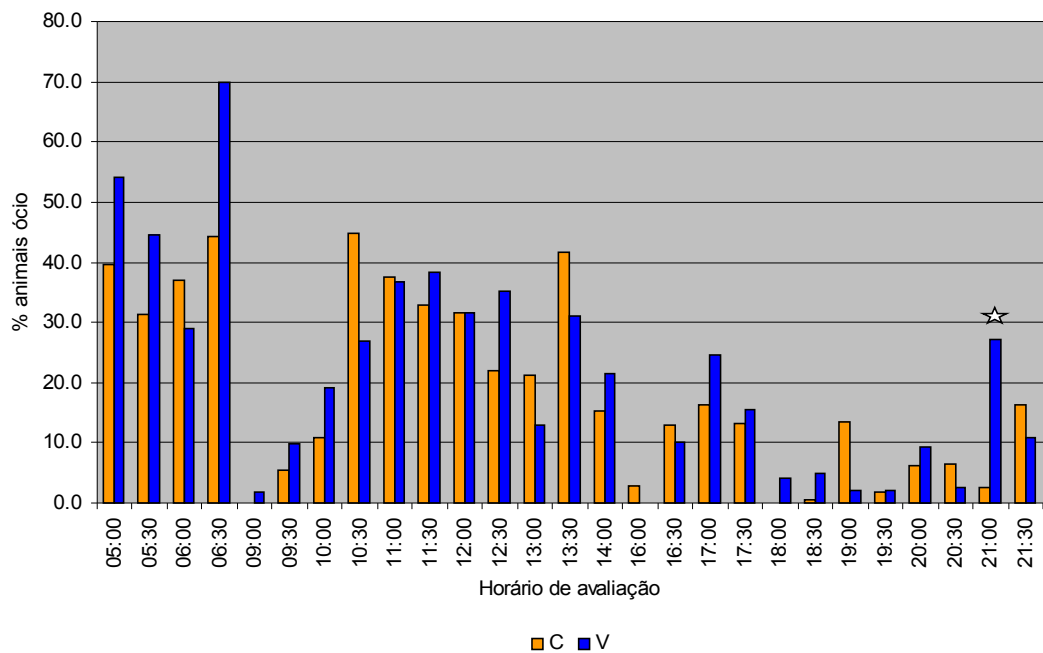


☆☆ - P<0,01    ☆ - P<0,05    ⊕ - P<0,10

Gráfico 25 - Porcentagem de animais “ruminando” dos tratamentos controle (C) e ventilação (V)

Em relação à variável “atividade ócio” observa-se no gráfico 26, efeito significativo às 21h (P<0,05), no qual, os animais do tratamento V permaneceram mais tempo em ócio. As maiores frequências de ócio ocorreram no início da manhã e nas horas mais quentes do dia, decrescendo a partir daí. Comportamentos semelhantes foram encontrados por Blackshaw e Blackshaw (1994); Camargo (1998) e Damasceno, Baccari Jr e Targa (1999).





☆ - P<0,01   ☆ - P<0,05   ⊕ - P<0,10

Gráfico 26 - Porcentagem de animais “em ócio” dos tratamentos controle (C) e ventilação (V)

## 6 - CONCLUSÃO

Os resultados encontrados no presente estudo e nas condições locais permitem concluir que, apesar da ausência de diferenças biológicas importantes nas variáveis fisiológicas, as diferenças comportamentais indicaram que o sistema de climatização, com ventilação e nebulização associadas ou não, proporcionou um ambiente de maior conforto térmico.

## 7 - IMPLICAÇÕES

A análise do comportamento é uma ferramenta essencial na avaliação do conforto térmico em animais de produção.

Os recursos de climatização das instalações para animais em ambientes quentes devem ser melhor dimensionados, através de levantamentos prévios das condições climáticas predominante no local.

## 8 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIAR, I. S.; TARGA, L. A. **Respostas termorreguladoras, armazenamento de calor corporal e produção de leite de vacas Holandesas mantidas ao sol e com acesso a sombra natural**. 1999. 76f. Tese (doutorado em engenharia na agricultura). Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 1999.
- ALBRIGHY, J. Dairy animal welfare: current and need research. **Journal of Dairy Science**. Champaign, v. 70, p. 2711-2718, 1987.
- ALBRIGHY, J. feeding behavior of dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.76, p.485-498, 1993.
- ANDERSON, B. E. Regulação da temperatura e fisiologia animal. In: DUKES, H.H. **Fisiologia dos animais domésticos**. Rio de Janeiro: Guanabara, 1988. cap. 45, p. 623-630.
- ARCARO Jr, I. et al. Respostas fisiológicas de vacas em lactação à ventilação e aspensão na sala de espera. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, n.3, p. 639-643, 2005.
- ARCARO, J. R. P. et al. Climatização em instalação do tipo *free-stall*: comportamento animal e ocorrência de mastite em vacas em lactação. **Napgama**, São Paulo, v. 2, p. 3-9, 2006.
- ARAVE, C. W.; ALBRIGHY, J. Cattle behavior. **J. Dairy Science**. Champaign, v.64, n.6, p. 1318-1329, 1981.
- AZEVEDO, M. et al. Estimativa de Níveis Críticos Superiores do Índice de Temperatura e Umidade para Vacas Leiteiras 1/2, 3/4 e 7/8 Holandês-Zebu em Lactação. **R. Bras. Zootec.** v.34, n.6, p.2000-2008, 2005.
- BACCARI JR, F. Adaptação de sistemas de manejo na produção de leite em climas quentes. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AMBIÊNCIA NA PRODUÇÃO DE LEITE. Piracicaba **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1998a, p. 24-67.
- BACCARI JR, F. Manejo ambiental para produção de leite em climas quentes. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMETEOROLOGIA, 2, Goiânia. **Anais...** Goiânia: UCG, 1998b, p.136-161.
- BACCARI JR, F. **Manejo Ambiental de Vacas Leiteiras em Clima Quente**. Londrina: UEL, 2001.
- BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. **Ambiência em edificações rurais – conforto animal**. Viçosa: UFV, 1997.
- BANZATTO, D. A.; KRONCA, S. N. 2006. **Experimentação Agrícola**. Ed. Funep, Jaboticabal, FCAV-UNESP, 4ª ed. 237 p.
- BARNETT, J. L.; HEMSWORTH, P. H. The validity of physiological and behavioral measures of animal welfare. **Appl. A. Behav. Sci.** v.1, p. 177-187, 1990.
- BEEDE, D. K. et al. Potassium nutrition of heat-stressed lactating dairy cows. **South African J. of A. Sci.**, v.13, n.3, p.198-200, 1983.
- BERMAN, A. et al. Upper critical temperature and forced ventilation effects of high yielding dairy cows in a tropical climate. **J. of Dairy Sci.** Champaign v. 68, n.6, p. 1488-1495, 1985.
- BIANCA, W.; FINDLAY, J. D. Efecto de la hipernea termalmente inducida en la status del ácido-base de la sangre de los becerros. **Rev. Vet. Sic.** v.3, p. 38-49, 1962.
- BIANCA, W. Thermoregulation. In: Hafez, E.S.E. **Adaptation of domestic animals Philadelphia**. Londres: Lea & Fabiger, 1973. Cap. 7, p.97-118.

BLACKSHAW, J. K.; BLACKSHAW, A. W. Heat stress in cattle and the effect of shade on production and behavior: a review. **Aust. J. of Exp. Agri.** v.34, p.285-295, 1994.

BREAZILE J. E. The physiology of stress and its relationship to mechanism of disease and therapeutics. In: Howard, J. L. **Veterinary Clinics of North America Food Animal Practice**. Philadelphia: W. S. Sanders Company, 1988, Cap. 4, p. 441-480.

BROWN-BRANDL, T. M. et al. Thermoregulatory responses of feeder cattle. **Journal Thermal Biology**. v.28, p.149-157, 2003.

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

BROOM, D. M. Animal welfare defined in terms of attempts to cope with environment. **ACTA Agriculture e Scandinavica**., Ireland, v. 27, p. 22-28, 1996.

BROOM, D.M. Welfare in wildlife management and zoos. **Advances in Ethology**, Berlin, v.37, p.4-6, 2002.

BROOM, D. M.; MOLENTO, C. F. M. Bem-estar animal: conceito e questões relacionadas – Revisão. **Archives of Veterinary Science** v.9, n.2, p.1-11, 2004.

BUFFINGTON, D. E. et al. Black globe-humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. **Trans ASAE**, v. 24, p.711-714, 1981.

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

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

CARGILL, B. F.; STEWART, R. E. Effect of humidity on total heat and total vapor dissipation of Holstein cows. **Transaction of the ASAE**. v.9, p. 702-706, 1966.

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

CARARETA, R. **Sombra para bovinos: parte 3**. 2008, disponível em:

<http://www.milkpoint.com.br/?noticiaID=43833&actA=7&areaID=61&secaoID=186>.  
Acessado em 01/10/2008.

COLLIER, R J.; DAHL, G. E.; VANBAALE, M. J. Major advances associated with environmental effects on dairy cattle. **J. of Dairy Sci**. v.89, p. 1244-1253, 2006.

CONCEIÇÃO, M. N. **Avaliação da influência do sombreamento artificial no desenvolvimento de novilhas leiteiras em pastagens**. 2008. 137p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, USP, Piracicaba, 2008.

COSTA, M. J. R. Aspectos do comportamento de vacas leiteiras em pastagens neo tropicais. In: ENCONTRO PULISTA DE ETOLOGIA, 3., 1985, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto, 1985, p. 199-217.

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

- DAMASCENO, J. C.; BACCARI JR, F.; TARGA, L. A. Respostas comportamentais de vacas Holandesas, com acesso à sombra constante ou limitada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 4, p. 709-715, 1999.
- DEGASPERI, S. A. R. Estudo do comportamento do gado Holandês em sistema de semi-confinamento. **Rev. Acadêmica Ciências Agrárias e Ambientais**. Curitiba, v. 1, n.4, p. 41-47. 2003.
- FINDLAY, J. D.; YANG, S. H. The sweat glands of Ayrshire cattle. **J. Agric. Sci.** v.40, p. 126-133, 1950.
- FRASER, A. F.; BROOM, D. M. **Farm Animal Behaviour and Welfare**. Wallingford: CAB International, 1990.
- FRAZZI, E. *et al.* Behavior of dairy cows in response to different barn cooling systems. In: INTERNATIONAL DAIRY HOUSING CONFERENCE, 4, St. Louis, Missouri **Anais ...** St. Louis: ASAE, 1998, p. 387-394.
- FUQUAY, J. W. Heat stress and its effects on animal production. **Livestock Environment**, v.2, p.1133-1137, 1997.
- GRANT, R. J.; ALBRIGHT, J. L. Feeding behavior and management factors during the transition period in dairy cattle. **J. of A. Sci.** Savoy, v.73, p. 2791-2803, 1995.
- GUISELIN, C.; SILVA, I. J. O.; PIEDADE, S. M. Avaliação da qualidade de sombreamento arbóreo no meio rural. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.3, nº3, p.380-384, 1999.
- HAFEZ, E. S. E.; BADRELDIN, A. L.; SHAFEI, M. M. The hair coat in bovine. **Emp. J. Exp. Agric.**, n.23, p. 43-39, 1955.
- HAFEZ, E. S. E., SCHEIN, M. W. The behaviour of cattle. In: HAFEZ, E. S. E. **The behaviour of domestic animals**. London: Baillière, Tindall & Cox, 1962. 619p.
- HAFEZ, E. S. E. **Adaptation of domestic animals**. Barcelona: Editorial Labor, S.A., 1973.
- HAHN, G. L.; PARKHURST, A. M.; GAUGHAN, J. B. Cattle respiration rate as a function of ambient temperature. **Transactions of ASAE**. v.40, n.6, p.97-121, 1997.
- HARDY, R. N. **Temperatura e vida animal**. São Paulo: EPU: Ed. Da Universidade de São Paulo, 1981.
- HIMMS-HAGEN, J. Thyroid hormones and thermogenesis. In: GIRADIER, L.; SLOCK, M.J. **Mammalian thermogenesis**. London: Chapman and Hall, 1983, p. 141-177.
- HUBER, J. T. Alimentação de vacas de alta produção sob condições de estresse térmico In: SIMPÓSIO SOBRE BOVINOCULTURA LEITEIRA. Piracicaba **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1990, p. 33-48.
- JOHNSON, H. D. *et al.* Effects of various temperature-humidity combinations on milk production of Holstein cattle. **Agric. Exp. Station Research Bulletin**, Missouri, p. 791, 1962.
- JOHNSON, H.D. Environmental management of cattle to minimize the stress of climatic change. **Inter. J. of Biometeorology**. v.24, p.65-78, 1980.
- KRON, C. C.; MUNKSGAARD, L. Behavior of dairy cows kept in extensive or intensive environment. **Applied A. Behavior Sci.** Amsterdam, v.37, p. 1-6, 1993.

LAGANÁ, C. et al. Respostas comportamentais de vacas Holandesas de alta produção criadas em ambientes quentes, mediante ao sistema de resfriamento adiabático evaporativo. **Rev. Bras. Saúde Prod. An.**, v.6, n.2, p. 67-76, 2005.

LALONI, L. A. et al. Índice de previsão de produção de leite para vacas Jersey. **Eng. Agríc.** v.24, n. 2, p.246-254, 2004.

LEE, J.E.; SEARS, F.W. **Termodinâmica**. Rio de Janeiro: McGraw Hill, 1992.

LEVA, P. Impacto ambiental en La producción lechera en la Cuenca Central Argentina. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMETEOROLOGIA, 2, Goiânia. **Anais...** Goiânia: UCG, 1998, p. 129-135.

LIMA, L. O. S. L. Aspectos genéticos da relação entre a taxa de sudação e a produção de leite em vacas da raça Holandesa. Jaboticabal, 1991. 62p. Tese (Doutorado em Zootecnia), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias/ Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal 1991.

MAIA, A. S. C.; SILVA, R. G. da; LOUREIRO, C. M. B. Perda de calor por evaporação cutânea e respiratória em vacas Holandesas manejadas em ambiente tropical. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMETEOROLOGIA, 4, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto, 2006.

MARTELLO, L. S., et al. Avaliação do microclima de instalações para gado de leite com diferentes recursos de climatização. **Eng. Agríc**, v.24, n.2, p.263-273, 2004.

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) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2006.

MARAI, I. F. M.; HABEEB, A. A. M.; FARGHALY, H. M. Productive, physiological and biochemical changes in imported and locally born Holstein lactating cows under hot summer conditions of Egypt. **Trop. Anim. Health Prod.**, v.31, p.233-243, 1999.

MATARAZZO, S. V. et al. Intermitência de acionamento do sistema de resfriamento evaporativo em *free-stall* e sua influencia no conforto térmico de vacas em lactação. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40, 2003, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: UFSM, 2003.

MATARAZZO, S. V. **Eficiência do sistema de resfriamento adiabático evaporativo em confinamento do tipo free-stall para vacas em lactação**. 2004. 156f., Dissertação (Doutorado). Escola Superior de Agricultura ‘Luiz de Queiroz’ - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

MATARAZZO, S. V. et al. Monitoramento eletrônico das respostas comportamentais de vacas em lactação alojadas em *free-stall* climatizado. **BioEng**. v.1, n.1, p.40-49, 2007.

MARTIN, P.; BATESON, P. **Measuring behaviour: an introductory guide**. Cambridge: Cambridge University Press. 1986. 200 pp.

MILKPOINT, 2008 Disponível em:

<http://www.milkpoint.com.br/?actA=2&areaID=50&secaoID=286&conteudoID=61>  
Acessado em: 21 de agosto de 2008.

McDOWELL, R. E.; LEE, D. H. K.; FOHRMAN, M. H. The measurement of water evaporation from limited areas of a normal body surface. **J. of A. Sci.** v.17, p. 405-420, 1958.

- McDOWELL, R. E. **Improvement of livestock production in warm climate**. San Francisco: W. H. Freeman, 1972.
- McDOWELL, R. E. **Bases biológicas de la producción animal en zonas tropicales**. Zaragoza, Ed. Acribia, 1975.
- MOBERG, G. P. Biological response to stress: key to assessment of animal well-being In: MOBERG, G. P. **Animal Stress**. Bethesda: **American Physiological Society**, 1985. p.27-49.
- MOBERG, G. P. A model for assessing the impact of behavior stress of domestic animals. **J. of Anim. Sci.** v. 65, p.1228-1265, 1987.
- MOTA, F. S. **Climatologia zootécnica**. Pelotas: Edição do autor. 2001.
- MÜLLER, P. B. **Bioclimatologia aplicada aos animais domésticos**. Porto Alegre: Sulina, 1982.
- NÄÄS, I. A. **Princípios de conforto térmico na produção animal**. São Paulo: ícone, 1989.
- NÄÄS, I. A. **Estresse calórico, comportamento e desempenho animal**. Juiz de Fora, p. 107-118, 2000.
- NÄÄS, I. A.; ARCARO Jr. I. Influencia de ventilação e aspersão em sistemas de sombreamento artificial para vacas em lactação em condições de calor. **Agriambi**, Campina Grande, v.5, n.1, p.139-142, 2001.
- NAY, T.; HAYMAN, R. H. Sweat glands in Zebu na European cattle. Size of individual glands, the denseness of their population and their depth below the skin surface. **Aust. J. Agric. Res.** v.7, p. 482-495, 1956.
- PENNINGTON, J. A.; VANDEVENDER, K. Heat Stress in dairy Cattle. Agriculture and Natural Resources, 2005. Disponível em: <http://www.uaex.edu>. Acessado em: 21 de agosto de 2008.
- PERISSINOTTO, M. **Avaliação da eficiência produtiva e energética de sistemas de climatização em galpões tipo free-stall para confinamento de gado leiteiro**. 2003. 122f.. Dissertação (Mestrado). Escola Superior de Agricultura “Luíz de Queiroz”- Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.
- PERISSINOTTO, M. et al. Efeito da utilização de sistemas de climatização nos parâmetros fisiológicos do gado leiteiro. **Eng. Agric.**, Jaboticabal, v.26, n.3, p.663-671, 2006.
- PERISSINOTTO, M. **Sistema inteligente aplicado ao acionamento de climatização em instalações para bovinos leiteiros**. 2007. 167f.. Tese (Doutorado). Escola Superior de Agricultura “Luíz de Queiroz”- Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.
- PEREIRA, K.S. et al. Effect of season and stage of lactation on performance of Holsteins. Champaign: **Journal Dairy Science**, v.69, p. 228-236, 1986.
- PHILLIPS, C. J.; RIND, M. I. The effects of social dominance on the production and behavior of grazing dairy cows offered forage supplements. **Journal of Dairy Science**, v.85, n.1, p.51-59, 2001.
- PIRES, M. F. A. et al. Reflexos do estresse térmico no comportamento das vacas em lactação. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AMBIÊNCIA NA PRODUÇÃO DE LEITE. Piracicaba **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1998a, p. 68-102.
- PIRES, M. F. A. et al. Efeito das estações (inverno e verão) na temperatura retal e frequência respiratória de vacas Holandesas confinadas em *free-stall*. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v.50, p.747-752, 1998b.

- PIRES, M. F. Á.; CAMPOS, A. T de; NOVAES, L. P. Razas lecheras: ambiente e comportamento animal en los trópicos. In: Carlos Eugênio Martins; Matheus Bressan; Antônio Carlos Cóser; Rosângela Zoccal; Hugo Daniel Espíndola. (Org.). Tecnologias para la producción de leche en los trópicos. 1 ed. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2002, v. 1, p. 115-133.
- PORTUGAL, J. A. B.; PIRES, M. F. A.; DURÃO, M. C. S.. Efeito da temperatura ambiente e da umidade relativa do ar sobre a frequência de ingestão de alimentos e de água e de rinação em vacas da raça Holandesa. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.** Belo Horizonte, v.52, n.2,p. 154-159, 2000.
- ROMA JÚNIOR, L. C. et al. Avaliação física do sistema de resfriamento adiabático evaporativo (SRAE) em instalações do tipo free-stall para bovinos de leite. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 23, Foz de Iguaçu. **Anais...** Foz de Iguaçu, 2001.
- RODRIGUEZ, T. **Patología general y exploración clínica de los animales domésticos.** 3 ed. Barcelona: Labor, 1948.
- SAS. **USER'S GUIDE: basic and statistic.** Cary, NC: SAS, 1995. 1.686 p.
- SHEARER, J. K.; BEEDE, D. K. Thermoregulation and physiological responses of dairy cattle in hot weather. **Agri-Pratice**, v.11, n.4, p.8-17, 1990.
- SILANIKOVE, N. Effects of heat stress on welfare of extensively managed domestic ruminants. **Livstock Prod. Sci.**, v. 67, p. 1-18, 2000.
- SILVA, R. G. **Introdução à bioclimatologia animal.** São Paulo: Nobel, 2000.
- SILVA, I. J. O. Climatização das instalações para bovinos de leite. In: AMBIÊNCIA NA PRODUÇÃO DE LEITE EM CLIMA QUENTE, Piracicaba **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1998. p. 114-145.
- SILVA, A. B. B. **O bom e o mau do estresse,** 2006. In: <http://www.medicinadocomportamento.com.br/artigos/arquivos/030.htm>, Acessado em 22 de maio de 2008.
- SILVA, I. J. O. Vacas produzem mais e melhor em ambientes adequados. **Balde Branco**, v.35, p.20-27, 1999.
- SOUZA. C. F. Avaliação de materiais alternativos para confecção do termômetro de globo. **Ciênc. Agrotec.** Lavras, v.26, n.1, p. 157-164, 2002.
- SOUZA, S. R. L. **Análise do ambiente físico de vacas Holandesas alojadas em sistema free-stall.** 2003, 70f . Dissertação (mestrado em construções rurais e ambiência) - UNICAMP Campinas, 2003.
- SOUZA, S. R. L.; NÄÄS, I. A.; MOURA, D. J. Preferências térmicas de vacas leiteiras em sistema de confinamento *free-stall*. **BioEng.** Campinas, v.1, n.1, p.50-61, 2007.
- STOBER, M. Identificação, anamnese, regras básicas de técnicas do exame clínico geral. In: ROSEMBERG (Ed). **Exame clínico dos bovinos.** Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1993, 419p.
- STRICKLIN, W. R.; KAUTZ-SCANAVY, C. C. The role of behavior in cattle production: a review of research. **Appl. Anim. Ethol.** Amsterdam, v.11, p.359-390, 1984.
- SUZUKI, A. H. et al. Sudação, características do pelame e produção de leite em vacas Holandesas. **Ciência Zootécnica, Jaboticabal**, v. 4, p. 1-2, 1989.

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

TITTO, E. A. L. et al. Instalações para bovinos leiteiros em ambientes tropicais. In: **1º WORKSHOP SOBRE AMBIÊNCIA NA PRODUÇÃO DE LEITE**, Nova Odessa. Anais... Nova Odessa: Instituto de Zootecnia, 2008. CD-Rom..

THOM, E. C. Cooling degrees - days air conditioning, heating, and ventilating. **Transactions of the ASAE**, v.55, n.7, p.65-72, 1958

VALTORTA, S. E. **Manejo del estrés térmico y composición de la leche**. En: temas de producción lechera. CONICET-FCA, INTA Rafaela, 2003.

WEST, J. W. et al. Effects of heat stress on production in Dairy cattle. **J. of Dairy Sci**, v. 86, p.2131-2144, 2003.

WHITAKER, J. H. **Agricultural Building and Structure**. Heston: Heston Publishing Company, 1979.

WIERSMA, F.; STOTT, C. H. Evaporative cooling. In: HELLICKSON, M. A.; WALKER, J.N. **Veterinary of Agriculture Structure**. St. Joseph, ASAE.1983. p.113-118.

ZOA-MBOE, A. et al. 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**, v.72, p.907-916, 1989.