



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA – UESB

ROSIMIRA DOS SANTOS AMARAL

**EFEITOS DA CLIMATIZAÇÃO DAS SALAS DE ESPERA
E DE ORDENHA NA PRODUÇÃO E COMPOSIÇÃO DO
LEITE E EM ALGUMAS VARIÁVEIS FISIOLÓGICAS DE
VACAS MESTIÇAS HOLANDÊS-ZEBU**

ITAPETINGA

2008

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

ROSIMIRA DOS SANTOS AMARAL

**EFEITOS DA CLIMATIZAÇÃO DAS SALAS DE ESPERA E DE ORDENHA NA
PRODUÇÃO E COMPOSIÇÃO DO LEITE E EM ALGUMAS VARIÁVEIS
FISIOLÓGICAS DE VACAS MISTIÇAS HOLANDÊS-ZEBU**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB / *Campus* de Itapetinga – BA, para obtenção do título de Mestre em Zootecnia – Área de Concentração em Produção de Ruminantes.

Orientador:
Prof.º Dr. Sc. Modesto Antonio Chaves

Co-orientadores:
Prof.ª Dr.ª Sc. Sônia Martins Teodoro
Prof.º Dr. Sc. Fabiano Ferreira da Silva

ITAPETINGA - BAHIA
2008

636.214 Amaral, Rosimira dos Santos.
A517e Efeitos da climatização das salas de espera e de ordenha na produção e composição do leite e em algumas variáveis fisiológicas de vacas mestiças Holandês-Zebu./ Rosimira dos Santos Amaral. – Itapetinga-BA: UESB, 2008.
99p.

Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB - *Campus* de Itapetinga. Sob a orientação do Prof. D.Sc. Modesto Antonio Chaves e co-orientadores Prof^ª. D.Sc. Sônia Martins Teodoro e Prof. D Sc. Fabiano Ferreira da Silva.

1. Vacas leiteiras – Conforto térmico – Produção. 2. Leite – Produção – Salas de ordenha – Climatização. I. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, *Campus* de Itapetinga. II. Chaves, Modesto Antonio. III. Teodoro, Sônia Martins. IV. Silva, Fabiano Ferreira da. V. Título.

CDD(21): 636.214

Catálogo na Fonte:

Cláudia Aparecida de Souza– CRB 1014-5ª Região
Bibliotecária – UESB – Campus de Itapetinga-BA

Índice Sistemático para desdobramentos por Assunto:

1. Vacas leiteiras – Conforto térmico
2. Leite – Produção
3. Salas de ordenha – Climatização

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA - UESB
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA
Área de Concentração: Produção de Ruminantes

Campus Itapetinga-BA

DECLARAÇÃO DE APROVAÇÃO

Título: "Efeitos da Climatização das Salas de Espera e de Ordenha na Produção e Composição do Leite e em Algumas Variáveis Fisiológicas de Vacas Mestiças Holandês-Zebu"

Autor (a): Rosimira dos Santos Amaral

Orientador (a): Prof. Dr. Modesto Antonio Chaves

Co-Orientadores (a): Profª. Drª. Sônia Martins Teodoro

Prof. Dr. Fabiano Ferreira da Silva

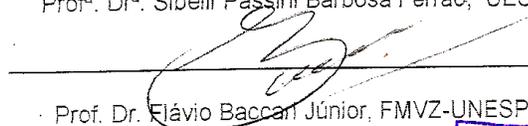
Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM ZOOTECNIA, ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: PRODUÇÃO DE RUMINANTES, pela Banca Examinadora:



Prof. Dr. Modesto Antonio Chaves, UESB

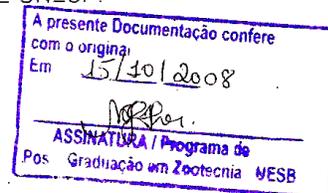


Profª. Drª. Sibelli Passini Barbosa Ferrão, UESB



Prof. Dr. Flávio Baccan Júnior, FMVZ-UNESP

Data de realização: 03 de Julho de 2008.



*Ao meu querido paizinho Gildásio (“in memorian”) por ter feito tudo por mim,
minha eterna gratidão;*

*À minha mãe Rosália, exemplo de força, garra e luta. A quem, devo toda a
minha formação acadêmica;*

Aos meus irmãos Rosemeire e Euclésio, pelo incentivo e companheirismo;

*À meu amado esposo Everlandio, pela paciência e apoio, principalmente nos
momentos difíceis;*

*À memória do meu adorado tio Vitor Brito, que mesmo não estando mais entre
nós ensinou-me muitas coisas.*

Dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me dado a coragem e sabedoria para enfrentar novos obstáculos a cada dia;

À Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB e ao Curso de Pós-Graduação em Zootecnia, pela oportunidade;

Ao Professor Dr. Modesto Antonio Chaves, pela orientação, ensinamentos, dedicação e incansável apoio à realização deste trabalho;

À Professora Dr^a. Sônia Martins Teodoro, pelo incentivo, entusiasmo, amizade e colaboração durante todo o Mestrado;

Ao professor Dr. Fabiano Ferreira da Silva, pelas sugestões e valiosa contribuição no esclarecimento das dúvidas;

À professora Dr^a. Sibelli Passini, e às alunas Rilvaynia, Eliza e Ellen, pela colaboração nas análises do leite;

Aos colegas do mestrado pela convivência e troca de experiências e angústias durante esse tempo;

Aos funcionários da Biblioteca, pela paciência na busca de material bibliográfico e pela ficha catalográfica elaborada;

Aos funcionários da UESB, principalmente ao meu amigo Leandro Lira por sua amizade e ajuda nas montagens dos equipamentos;

Às proprietárias e amigas da Fazenda Barra da Alegria, Camila, Tia Célia e Thaísa, pela convivência e cessão da propriedade para a realização do experimento;

Aos funcionários da Fazenda pela dedicação e presteza na realização das atividades diárias;

À FAPESB pela concessão da bolsa e apoio ao projeto, permitindo minha participação neste curso.

Às amigas alcançadas durante esta jornada, e às antigas também;

Às minhas queridas amigas Isabela, Elisangela e Silvana;

À minha sogra Carmélia, e às minhas cunhadas Regilândia e Adriana, pelo cuidado com minha casa e com meu animalzinho Bonnie, nas muitas vezes em que eu estive ausente;

À minha irmã Rosemeire que fez com que eu acreditasse que era capaz, e jamais deixou que eu me abatesse por nada;

À todos que me apoiaram e acreditaram nesta conquista, obrigada por tudo!

RESUMO

AMARAL, R. S. **Efeitos da climatização das salas de espera e de ordenha na produção e composição do leite e em algumas variáveis fisiológicas de vacas mestiças Holandês-Zebu.** Itapetinga-BA: UESB, 2008. 99 p. (Dissertação – Mestrado em Zootecnia, Área de Concentração em Produção de Ruminantes).*

O uso de recursos de climatização é muito importante para se conseguir temperaturas adequadas à produção dentro das instalações, tendo sempre como parâmetro de referência as condições exteriores. Vacas em lactação são particularmente sensíveis ao estresse térmico, devido à função produtiva especializada e alta eficiência na utilização dos alimentos, apresentando um metabolismo mais acelerado, com maior produção de calor endógeno sendo, então, mais susceptíveis às ações do meio. No entanto, quanto maior for esse potencial produtivo dos animais, maior será, também, sua sensibilidade à inadequação do ambiente. Obter níveis de conforto térmico dentro das instalações é uma das premissas para se atingir bons níveis de produção. Este trabalho foi realizado em duas fases. A primeira teve como objetivos construir e avaliar a eficiência de um protótipo de resfriamento evaporativo, utilizando argila expandida como material poroso na placa evaporativa, e avaliar um sistema de nebulização e ventilação forçada, em ambiente físico. Para o protótipo construído, duas espessuras da camada de argila foram testadas 30 e 50mm, obtendo eficiência máxima de 74,51%, média de 42,97% e mínima de 21,33%, para a espessura de 50mm. Para a espessura de 30mm, o valor máximo de eficiência alcançada foi de 98,1%, a média de 64,0% e a mínima de 39,4%. O potencial de redução da temperatura por meio do sistema de nebulização e ventilação forçada foram de 14,35°C máximo, 7,82°C médio e 1,44°C mínimo, considerando que uma redução da temperatura, até a temperatura do ponto orvalho implicaria numa eficiência de 100%. O segundo experimento objetivou avaliar os efeitos da climatização das salas de espera e de ordenha nas respostas produtivas e fisiológicas de vacas Holandês-Zebu. Foram utilizadas 32 vacas, multíparas, com média de produção de 17 kg/dia. Os tratamentos adotados foram: aspersão na sala de espera e ventilação forçada + nebulização na sala de ordenha (T1), aspersão na sala de espera (T2), ventilação forçada + nebulização na sala de ordenha (T3), e sem climatização (T4). Os ensaios foram realizados em uma fazenda comercial de produção leiteira, localizada no interior do Estado da Bahia, com duração de 45 dias nos meses de janeiro a fevereiro de 2008, sendo os primeiros 15 dias destinados à adaptação dos animais. Os dados referentes à temperatura de bulbo seco (TBS), temperatura de bulbo úmido (TBU), temperatura de globo negro (TGN), o índice de temperatura e umidade (THI) e o índice de temperatura de globo e umidade (WBGT), foram mensurados em intervalos de tempo de 5 minutos, durante o período experimental. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em um esquema fatorial com 4 tratamentos, 2 turnos e 8 repetições (animal). Utilizou-se na análise estatística a análise de variância, seguida da comparação de médias pelo teste de Tukey a nível 5%. Para as variáveis fisiológicas, verificou-se que as vacas em lactação que receberam o tratamento T3, apresentaram maior valor na produção e gordura do leite, e menor valor na temperatura do úbere (TU), frequência cardíaca (FC), frequência respiratória (FR), e temperatura de pelame branco e preto (TPB e TPP). Não houve diferença significativa ($P < 0,05$) entre os tratamentos para a temperatura retal (TR). Os resultados permitiram concluir que houve benefícios do uso de sistemas de climatização para este tipo de vacas em lactação.

Palavras-chave: Conforto térmico, Resfriamento evaporativo, Climatização.

*Orientador: Modesto Antonio Chaves, D.Sc., UESB e Co-orientadores: Sônia Martins Teodoro, D.Sc., UESB e Fabiano Ferreira da Silva, D.Sc., UESB.

ABSTRACT

AMARAL, R.S. **Effects of climatization of the waiting and milking rooms in the production and composition of milk and some physiological variables of Holstein-Zebu crossbred cows.** Itapetinga-BA: UESB, 2008. 99 p. (Thesis – Mastership in Zootechny – Production of Ruminants).*

The use of climatization is very important to achieve temperatures suitable for production within the premises, while as a benchmark conditions outside. Cows milking are particularly sensitive to heat stress because of their specialized productive function and high efficiency in the use of food. They show a faster metabolism, with increases production of endogenous heat so; they become more susceptible to the actions of the heat. However, the greater the productive potential of animals, the bigger, also, their sensitivity to the inadequacy of the environment. Get comfort levels of heat inside the shelters is one of the premises to achieve best production levels. This work was conducted in two phases. The first aimed to build and evaluate the efficiency of a prototype of evaporative cooling, using clay as expanded porous material in evaporative plate, and evaluate a system of mist and forced ventilation in the physical environment. For the prototype built, two thickness of the clay layer were tested: 30 and 50mm. The efficiencies obtained, using the layer thickness of 50mm, were maximum 74.51%, average 42.97% e minimum 21.33% while, for the thickness of 30mm, efficiencies were: maximum of 98.1%, average of 64.0% and minimum 39.4%. The potential for lowering the temperature through of the system of mist and forced ventilation were to 14.35°C maximum of 7.82°C average and 1.44°C minimum considering the a reduction of temperature until the dew point temperature corresponds to an efficiency of 100%. The second experiment aimed to evaluate the effects of waiting and milking room's climatization in the productive and physiological responses of Holstein-Zebu cross-bred cows. There were used 32 cows, multiparous, with average milk production of 17 kg/day. The treatments were: spraying in the waiting room and forced ventilation + mist in the milking room (T1), sprinkling in the waiting room (T2), forced ventilation + mist in the milking room (T3), and without climatization (T4) The assays trial were conducted in a commercial milk farm, located in the country side of the Bahia State, they had duration of 45 days from January to February 2008, with the first 15 days been the adaptation period. The data for dry bulb temperature of (DBT), wet bulb temperature of (DBW), temperature of black globe (BGT), the index of temperature and humidity (THI) and the index of the globe temperature and humidity (WBGT) were measured every 5 minutes during the experimental period. The experimental design was completely random in a factorial scheme with 4 treatments 2 day periods and 8 repetitions (animal). The data were analyzed using the Analysis of variation followed by comparison of averages using the Tukey test at 5%. For the physiological variables, it was found that the dairy cows that received the treatment T3, showed the higher value of milk production and milk fat content, the also presented the lowest temperature in the udder (TU), heart rate (HR), respiratory rate (FR), and skin temperatures for white and black skins (WST and BST). There was no significant difference ($P < 0.05$) between the treatments for rectal temperature (RT). The results allowed concluding that there were benefits in the use of climatization for these kinds of dairy cows.

Key words: Thermal Comfort, Evaporative Cooling, Climatization.

*Adviser: Modesto Antonio Chaves, D.Sc., UESB and Co-advises: Sônia Martins Teodoro, D.Sc., UESB and Fabiano Ferreira da Silva, D.Sc., UESB.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Esquema do desempenho do SRAE, mostrado pelo gráfico psicrométrico	24
Figura 2 – Zonas de tolerância e conforto térmicos	28
Figura 3 – Esquema das respostas fisiológicas em vacas leiteiras sob hipertermia crônica	36
Figura 4 – Protótipo de resfriamento evaporativo em fase de construção. (a) Partes do protótipo; (b) Argila expandida (cinasita); (c) Placa evaporativa de tela de arame; (d) Vista frontal do equipamento	46
Figura 5 – Vacas na sala de espera sob aspersão de água (a); Detalhe do bico aspersor (b)	50
Figura 6 – Sistema de ventilação forçada associada à nebulização (a); Detalhe do bico nebulizador (b).	50
Figura 7 – Mini estação meteorológica (a); Painel de leitura da estação (b); Sensor de bulbo úmido e bulbo seco (c); Caixa com multiplexadora e datalogger (d).	53
Figura 8 – Medidas fisiológicas na sala de ordenha. Temperatura retal (a); Frequência cardíaca (b); Temperatura de pelame, TPB, TPP e TU (c)	55
Figura 9 – Coleta de amostras do leite. (a) Amostras para Clínica do leite; (b) Amostras para a UESB	56
Figura 10 – Eficiência do protótipo de resfriamento evaporativo, com uso da espessura de 50mm do painel evaporativo	58
Figura 11 – Eficiência do protótipo de resfriamento evaporativo, com uso da espessura de 30mm do painel evaporativo	58
Figura 12 – Potencial de redução da temperatura ambiente, considerando-se uma eficiência de 100%, por meio do sistema de nebulização associado à ventilação forçada, em diferentes posições dos sensores em relação ao equipamento	59
Figura 13 – Potencial de redução da temperatura ambiente, considerando-se uma eficiência de 80%, por meio do sistema de nebulização associado à ventilação forçada, em diferentes posições dos sensores em relação ao equipamento	59
Figura 14 – Eficiência do sistema de nebulização associado à ventilação forçada, considerando-se 100%, em diferentes posições dos sensores em relação ao equipamento	60
Figura 15 – Eficiência do sistema de nebulização associado à ventilação forçada, considerando-se 80%, em diferentes posições dos sensores em relação ao equipamento	61
Figura 16 – Temperatura retal média diária de cada tratamento, em cada um dos turnos	71
Figura 17 – Temperatura do úbere média diária de cada tratamento, no turno da tarde	75
Figura 18 – Frequência respiratória média diária, no turno da manhã, ao longo do período experimental	77
Figura 19 – Frequência cardíaca média diária ao longo do período experimental	79
Figura 20 – Produção de leite, média diária de cada tratamento, em cada um dos turnos	81

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Proporção dos ingredientes no concentrado (%), na base da matéria seca.	51
Tabela 2 – Médias e amplitudes diárias das variáveis meteorológicas registradas pela mini estação meteorológica na sala de ordenha, durante o período experimental	61
Tabela 3 – Análise de variância para a temperatura de bulbo seco na sala de ordenha e na sala de espera.	63
Tabela 4 – Médias da temperatura de bulbo seco (°C) nas salas de espera e de ordenha, nos turnos da manhã e da tarde, ao longo do período experimental.	63
Tabela 5 – Análise de variância para a temperatura de bulbo úmido na sala de ordenha e na sala de espera.	64
Tabela 6 – Médias da temperatura de bulbo úmido (°C) nas salas de espera e de ordenha, nos turnos da manhã e da tarde, ao longo do período experimental.	65
Tabela 7 – Análise de variância para a temperatura de globo negro na sala de ordenha e na sala de espera.	65
Tabela 8 – Médias da temperatura de globo negro nas salas de espera e de ordenha, nos turnos da manhã e da tarde, ao longo do período experimental	66
Tabela 9 – Análise de variância para o Índice de temperatura e umidade (THI) na sala de ordenha e na sala de espera.	67
Tabela 10 – Médias do Índice de temperatura e umidade (THI) nas salas de espera e de ordenha, nos turnos da manhã e da tarde, ao longo do período experimental.	67
Tabela 11 – Análise de variância para o Índice de temperatura de globo e umidade (WBGT) na sala de ordenha e na sala de espera.	69
Tabela 12 – Médias do Índice de temperatura de globo e umidade (WBGT) nas salas de espera e de ordenha, nos turnos da manhã e da tarde, ao longo do período experimental	69
Tabela 13 – Temperatura retal média diária (°C) para cada tratamento em cada turno.	70
Tabela 14 – Temperatura da pelagem branca (TPB) e temperatura da pelagem preta (TPP) média diária (°C) para cada tratamento em cada turno.	72
Tabela 15 – Temperatura do úbere média diária (°C) para cada tratamento em cada turno.	74
Tabela 16 – Frequência respiratória média diária, em movimentos por minuto, para cada tratamento em cada turno.	76
Tabela 17 – Frequência cardíaca média diária, para cada tratamento em cada turno.	78
Tabela 18 – Produção de leite média diária, em quilogramas, para cada tratamento em cada turno.	80
Tabela 19 – Médias das variáveis relativas à qualidade do leite, no início e no final do experimento e diferença entre elas.	82
Tabela 20 – Coeficientes de correlação entre as variáveis WBGT, Temperatura de globo negro (TGN), THI, Temperatura de bulbo úmido (TBU), Temperatura do ar (T), Frequência cardíaca (FC), Frequência respiratória (FR); Temperatura do úbere (UB); Temperatura retal (RET); Produção de leite (P); Temperatura de malha branca (B) e Temperatura da malha preta (PR).	86
Tabela 21 – Resultados da análise de regressão linear múltipla, entre as variáveis ambientais e a produção de leite.....	87

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 REFERÊNCIAL TEÓRICO	13
2.1. Conceitos básicos e importância do tema	13
2.2. Climatização das instalações para animais	14
2.3. Ventilação	16
2.4. Sistemas de resfriamento evaporativo	17
2.4.1 Aspersão	19
2.4.2 Nebulização	21
2.4.3 Placas evaporativas	22
2.5. Potencial de redução da temperatura do ar por meio de resfriamento evaporativo	23
2.6. Indicativo econômico	24
2.7. Caracterização do ambiente	25
2.7.1 Zona de conforto térmico	28
2.7.2 Mecanismos de troca de calor	30
2.7.3 Índices: THI e WBGT	33
2.8 Respostas fisiológicas dos animais ao ambiente	35
2.8.1 Temperatura retal	37
2.8.2 Temperatura do pelame	38
2.8.3 Frequência respiratória	39
2.8.4 Frequência cardíaca	41
2.9 Produção e composição do leite em função de fatores ambientais	41
3 MATERIAL E MÉTODOS	45
3.1 Experimento 1 – Construção e avaliação do desempenho de sistemas de resfriamento evaporativo	45
3.1.1 Construção do sistema	45
3.1.2. Sistema de coleta de dados	47
3.1.3 Análise dos resultados	47
3.2. Experimento 2 – Influência da climatização das salas de ordenha e de espera no desempenho produtivo e na fisiologia de vacas mestiças Holandês-Zebu	49
3.2.1 Local e duração do experimento	49
3.2.2 Descrição das instalações e do sistema de climatização	49
3.2.3 Animais e manejo	51
3.2.4 Tratamentos	51
3.2.5 Variáveis avaliadas	52
3.2.5.1 Climáticas	52
3.2.5.2 Fisiológicas	54
3.2.5.3 Produção e composição do leite	55
3.2.6 Delineamento experimental e análise estatística	56
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	57
4.1. Experimento 1	57
4.1.1 Eficiência dos protótipos de resfriamento evaporativo e nebulizador	57
4.2. Experimento 2	61
4.2.1 Parâmetros climáticos	62
4.2.1.1 Temperatura de bulbo seco	62
4.2.1.2 Temperatura de bulbo úmido	64
4.2.1.3 Temperatura de globo negro	65
4.2.1.4 Índice de temperatura e umidade (THI)	67
4.2.1.5 Índice de temperatura de globo e umidade (WBGT)	69
4.2.2 Parâmetros fisiológicos	70

4.2.2.1 Temperatura retal (TR)	70
4.2.2.2 Temperatura do pelame branco (TPB) e preto (TPP)	72
4.2.2.3 Temperatura do úbere (TU)	73
4.2.2.4 Frequência respiratória (FR)	75
4.2.2.5 Frequência cardíaca (FC)	78
4.2.3 Produção, composição e propriedades físico-químicas do leite	80
4.3 Correlação entre as variáveis	85
5 CONCLUSÕES	88
REFERÊNCIAS	89
APÊNDICE	98
APÊNDICE A – Alguns Resultados Estatísticos	99

1 INTRODUÇÃO

O agronegócio brasileiro tem sido apontado como a grande âncora da economia, proporcionando saldos positivos na balança comercial do país. Nesta conjuntura cabe destaque a cadeia do leite pela recente performance, passando o Brasil da condição de importador para exportador, através das grandes transformações sofridas nos últimos anos, no esforço para igualar-se a um mercado cada vez mais competitivo, adequando-se à nova realidade econômica.

A modernização e o desenvolvimento da atividade leiteira serão alcançados a partir de ações preconizadas que incorporem conhecimentos e avanços tecnológicos relacionados com a gestão da produção para melhorar os índices zootécnicos dos rebanhos leiteiros como nutrição, sanidade, reprodução e ambiência animal.

Dentro desses parâmetros, a ambiência surge como um dos pilares fundamentais para a intensificação da produção. A procura, pelos produtores, por animais com alto potencial genético é crescente. Vacas de alta produção, em lactação, são mais susceptíveis ao estresse térmico, apresentando um metabolismo mais acelerado, com maior produção de calor endógeno. No entanto, para alcançar melhores resultados econômicos, é necessário que as condições ambientais e genéticas sejam favoráveis para a expressão plena da potencialidade do indivíduo.

O clima, para a pecuária brasileira, responde como um dos fatores mais importantes na produção animal. Isto se deve ao fato de que a maioria do território nacional, onde a criação pode desenvolver-se, está dentro da zona tropical. Sendo assim, os animais oriundos de climas temperados não conseguem viver nos trópicos como fazem os animais nativos nestes. Isto porque lhes faltam a tolerância ao calor que é uma resistência às temperaturas elevadas do ambiente e a intensa radiação solar.

O ambiente é constituído por todas as condições exteriores a que estão sujeitos os animais. Essas condições podem ser de duas naturezas: naturais e artificiais. Atualmente os recursos de climatização têm sido utilizados para se conseguir temperaturas adequadas à produção dentro das instalações, gerando uma situação de independência do clima externo.

Inúmeros métodos têm sido desenvolvidos para modificar o ambiente no qual o animal está inserido, visando amenizar o efeito do estresse térmico. A movimentação do ar, o umedecimento da superfície animal, o resfriamento evaporativo e o uso de sombras para minimizar o efeito da radiação solar, são artifícios empregados para potencializar a dissipação de calor.

O sistema de resfriamento evaporativo adiabático tem se expandido rapidamente em regiões de climas quentes. Esse sistema pode ser aplicado das mais diversas maneiras, entre elas, as placas evaporativas de materiais porosos, a nebulização, microaspersão e aspersão de água sobre os animais ou telhados, em conjunto, ou não com a ventilação forçada. Tal prática

tem proporcionado reduções na temperatura interna das instalações, melhorando as condições de conforto e as respostas fisiológicas e comportamentais. Quanto à escolha do sistema, esta deve atender à disponibilidade econômica do produtor rural, sendo importante para esse a certeza de estar investindo o seu capital de maneira rentável.

Diante do exposto, percebe-se a importância do desenvolvimento de sistemas que reduzam a temperatura ambiente, como acontece no resfriamento evaporativo, na tentativa de diminuir o estresse térmico e proporcionar melhores condições à produção em instalações para animais. O presente trabalho foi desenvolvido com os objetivos de:

- Construir e avaliar a eficiência de um protótipo de resfriamento evaporativo, utilizando argila expandida como material poroso na placa evaporativa;
- Avaliar um sistema de nebulização e ventilação forçada, em ambiente físico;
- Avaliar os efeitos da climatização das salas de espera e de ordenha nas respostas produtivas e fisiológicas de vacas mestiças Holandês-Zebu.

2 REFERÊNCIAL TEÓRICO

2.1. Conceitos básicos e importância do tema

No Brasil, o setor de produção animal tem alcançado grande desenvolvimento nos últimos anos. Constantes inovações nas áreas da genética, nutrição, manejo e sanidade estão sendo introduzidas, com o objetivo de melhorar o rendimento durante o processo produtivo; entretanto, em regiões de clima tropical e subtropical, os altos valores de temperatura e umidade do ar, sobretudo no verão, têm-se mostrado fator limitante ao desenvolvimento, à produção e à reprodução animal. Assim, modificações como alteração na altura do pé-direito, aberturas laterais, lanternins, arborização e ventilação natural e artificial, estão sendo feitas com vistas à melhoria do conforto térmico do ambiente interno das instalações para produção animal. (TINÔCO et al., 2002).

Uma exploração rural economicamente viável requer edificações projetadas de forma que permitam o acondicionamento térmico natural, adotando medidas simples, que devem ser esgotadas, antes de serem adotados os mecanismos artificiais. Entretanto, para certas regiões do Brasil, em certos períodos do ano e, de acordo ainda com a densidade de criação, estes chamados "meios naturais" de acondicionamento térmico podem não ser suficientes para proporcionar o conforto necessário para animais de elevada produção, sendo necessário lançar mão dos meios chamados "artificiais" (SILVA, I. 1999b).

Em função da adversidade climática existente entre as regiões, os sistemas e tecnologias devem ser adaptados às condições locais. Um dos grandes problemas da ambiência na produção de leite é que existem vários modelos relacionados aos sistemas de resfriamento, entretanto, sua maioria foi desenvolvida em condições ambientais distintas dos países tropicais (MATARAZZO, 2004).

Segundo West (2002), uma maneira de saber quando o resfriamento evaporativo deverá ser utilizado em animais, se faz observando 10 vacas em um dia quente e realizando medidas de temperatura e frequência respiratória. Se a temperatura retal exceder a 39°C, a frequência respiratória ultrapassar a 80 movimentos por minuto e o consumo de matéria seca e produção de leite baixar em até 10%, deve-se usar o resfriamento.

O aumento da produtividade em climas quentes, na maior parte, depende em melhorar a dissipação de calor através de manejos que modifiquem e aumente as perdas de calor, independente da fisiologia dos animais, como, alterações na carga de calor ambiente, aumento das trocas térmicas pela superfície animal, reduzindo o calor radiante e favorecendo as perdas evaporativas e convectivas (FLAMENBAUM et al., 1986).

Até um limite aproximado de umidade relativa do ar de 70%, a melhor maneira de se resfriar um ambiente destinado a animais em lactação, é fazer uso da água, uma vez que a mesma possui alta capacidade calorífica e elevado calor latente de vaporização (NÄÄS e ARCARO JÚNIOR, 2001). Um outro sistema que pode ser empregado quando a temperatura ambiente for superior à ótima, consiste em se aumentar a taxa de ventilação, através do acréscimo da taxa de renovação do ar favorecendo a perda de calor por via convectiva, conseqüentemente eliminando o calor produzido pelos animais, para evitar temperatura excessiva dentro da instalação (NÄÄS et al., 2001).

O conforto ambiental, até alguns anos atrás, era visto como um problema secundário, tanto do ponto de vista etológico, quando produtivo. Presumia-se que o desconforto térmico, seria resolvido com o uso de condicionamento artificial, sem considerar os custos e problemas de implantação de um sistema de controle. Porém, na última década, a preocupação com o conforto animal vem crescendo notoriamente, principalmente quando se associa as respostas fisiológicas como indicadoras do conforto animal (SILVA e MOURA, 2001).

A necessidade de pesquisas nacionais que resultem em informações sobre sistemas de resfriamento, é de suma importância para que se possa utilizá-los de maneira adequada. O uso de ventiladores e aspersores ou nebulizadores deve sempre ser considerado para aumentar o conforto animal. Tal prática tem proporcionado reduções na temperatura interna da instalação, melhorando as condições de produção.

2.2. Climatização das instalações para animais

O conceito de climatização está diretamente relacionado com a qualidade do ambiente, ao usuário, e aos princípios básicos de conforto térmico, que são amplos e estão ligados ao microclima do interior das instalações, por sua vez influenciado pelas condições climáticas (SILVA, I. 1998). Às vezes, para atingir o conforto térmico ambiental, é preciso lançar mão do acondicionamento térmico artificial, que consiste nas diversas operações de tratamento do ar, como purificação, aquecimento, umidificação, refrigeração e desumificação (BAÊTA e SOUZA, 1997).

O ambiente térmico exerce grande influência na produção animal. E de acordo com Silva e Moura (2001), o sistema de controle ambiental pode variar em complexidade desde um sistema simples, que liga e desliga ventiladores, até sistemas complexos, que medem temperatura, umidade relativa, velocidade do vento, concentração de amônia etc., e controlam esquemas de ventilação em túnel, abertura automática de cortinas, resfriamento evaporativo, aquecedores e outros mecanismos de controle ambiental.

Atualmente, com o progresso genético logrado pela seleção dos animais explorados economicamente pelo homem, há necessidade de compatibilizar condições ambientais e genéticas favoráveis que possibilitem a expressão plena da potencialidade do indivíduo e, conseqüentemente, melhores resultados econômicos (PEREIRA, 2005).

A freqüente situação de altas temperaturas dentro das instalações, geralmente é devida mais à má concepção e adequação, do que propriamente a adversidade climática (SILVA, I. 1998). As vacas em lactação de alta produção são particularmente sensíveis ao estresse térmico, devido à função produtiva especializada e alta eficiência na utilização dos alimentos. Esses animais apresentam metabolismo mais acelerado, com maior produção de calor endógeno sendo, então, mais susceptíveis às ações do meio ambiente (ARCARO JÚNIOR et al., 2005).

Para alterar efetivamente o microclima de um animal em um ambiente quente, através de abrigo ou de modificação ambiental, devemos considerar a alteração de um ou mais dos seguintes fatores: temperatura e/ou emissividade das superfícies vizinhas; temperatura do ar; velocidade do ar; pressão de vapor do ar; fatores radiantes de conformação; e condutividade das superfícies com as quais os animais possam ter contato (HAHN, 1993).

Muito comum, para climas caracterizados por altas temperaturas e baixas umidades relativas do ar, é o emprego do sistema de resfriamento adiabático evaporativo, por meio do qual há queda da temperatura de bulbo seco e aumento no conteúdo de umidade, enquanto a entalpia do ar se mantém constante (BAÊTA e SOUZA, 1997).

Roma Júnior et al. (2001) compararam o desempenho de galpões dotados do sistema de resfriamento evaporativo com um galpão desprovido do sistema, na região de Ribeirão Preto-SP, concluindo que o equipamento reduz, em média, a temperatura de globo negro de 1 a 1,5°C, não alterando significativamente a umidade relativa.

Arcaro Júnior et al. (2005) avaliando respostas fisiológicas de 21 vacas na sala de espera, em três tratamentos (controle, ventilação forçada e aspersão com ventilação), encontraram resultados positivos para o tratamento ventilação associado à aspersão, com reduções na temperatura de bulbo de seco, temperatura de globo negro, índice de temperatura e umidade e índice de globo negro e umidade, concluindo que o mesmo é eficiente para o condicionamento térmico da sala de espera.

O estresse térmico do gado leiteiro pode ser atenuado através de métodos artificiais de arrefecimento. O grau de resposta varia com o tipo de sistema utilizado, com o clima da região e com o nível de produtividade das vacas. Uma análise das vantagens econômicas de um determinado sistema para uma determinada situação, deve ser feito antes da instalação de qualquer equipamento (ARMSTRONG, 1994).

A refrigeração exige determinados mecanismos, naturais e artificiais, que significam investimentos nem sempre viáveis, já que dependem da escala de produção. Não há um pacote que possa ser usado em todos os países, nem em todo o território nacional, pois devem ser

considerados parâmetros, assim como raça dos animais, fase de desenvolvimento, nível tecnológico, nível de produção, características climáticas e de relevo das regiões, sistemas e instalações já existentes, entre outros (SILVA, I. 1999a).

2.3. Ventilação

Segundo Nääs (1989), a ventilação proporciona a renovação do ar dos ambientes, sendo de grande importância para a higiene das edificações, sendo-o também para o conforto térmico de verão em abrigos localizados em regiões de clima temperado e de clima quente e úmido. Os excessivos ganhos de calor, principalmente no verão, assim como o calor gerado no próprio animal, devido à presença de fontes como motores, equipamentos, sistemas de iluminação, etc., podem provocar o desconforto térmico.

Quando a temperatura ambiente for superior à ótima, é necessário aumentar a taxa de ventilação, a fim de eliminar o calor produzido pelos animais e para evitar uma temperatura excessiva dentro da instalação (SILVA, I. 1998). A ventilação destes ambientes pode promover melhorias nas condições termo-higrométricas, podendo representar um fator de conforto térmico no verão ao incrementar trocas de calor por convecção e evaporação (SILVA, I. 1998; NÄÄS e ARCARO JÚNIOR, 2001).

O ar movimenta-se de forma helicoidal, promovendo a circulação e, com a entrada de ar fresco, a renovação. O ar quente, aquecido pelas fontes de calor dentro das instalações, animais, equipamentos, calor de condução e outros, tende a se localizar na parte superior da cumeeira, formando um bolsão de ar quente. Esse ar, quando não consegue ser libertado, tende a retornar, retroalimentando negativamente o sistema (SILVA e MOURA, 2001).

A ventilação artificial oferece a vantagem de permitir o tratamento do ar, bem como a sua melhor distribuição no ambiente. É adotada sempre que os meios naturais não proporcionam adequada renovação do ar ou, ainda, por segurança, quando o funcionamento da circulação natural do ar é precário. O sistema de pressão positiva, que é ventilação geral diluidora, no qual os ventiladores forçam o ar externo para dentro da construção é muito utilizado para animais. Os tipos comuns de ventiladores são o centrífugo e o axial (tipo hélice) (BAËTA e SOUZA, 1997). Os centrífugos são capazes de proporcionar maiores vazões, porém os axiais são mais silenciosos e usuais (SILVA, I. 1998).

Os equipamentos de pressão positiva são instalados para “empurrar” o ar externo para o interior da instalação, forçando a saída do ar interno. A utilização de pressão negativa ocorre quando os equipamentos exaustores são instalados para “sugar” o ar interno, forçando sua saída pela formação de um vácuo parcial dentro da instalação. A ventilação forçada poderá ser

utilizada em galpões abertos ou fechados, principalmente, nos estábulos de animais confinados ou mesmo, nos sistemas a pasto, localizada no curral de espera ou na sala de ordenha (PEREIRA, 2005).

O controle do sistema de ventilação pode ser conseguido por meio de termostatos, que sentem a temperatura do ar em determinado ponto da área e ativam os ventiladores; os umidostatos, que fazem o controle pela umidade do ambiente; de cronômetros, que permitem a marcação do tempo de ação do sistema; e da conexão paralela termostato/cronômetro (FERREIRA, 2005).

Shultz e Williams (2002) compararam dois tipos de ventiladores em instalações para vacas leiteiras, pequeno e de alta velocidade (36 polegadas de diâmetro com 825 rpm), e grande com baixa velocidade (20 pés de diâmetro e 50 rpm). O primeiro foi colocado em fileiras direcional para a circulação do ar, a poucos metros acima das vacas, e o segundo suspenso e centralizado no topo da instalação. O de tamanho maior proporcionou semelhante resposta ao animal do que o menor tradicionalmente utilizado, mas com uma considerável redução no gasto de energia. Sob as condições ambientais deste experimento, observou-se que algum tipo de ventilador é necessário para amenizar o estresse térmico no verão. Os ventiladores melhoraram o conforto e o desempenho dos animais.

Utilizar o princípio de resfriamento evaporativo em uma construção pode ser um processo lento se o ar que será posto em contato com a superfície de água livre estiver parado, resultando em eficiência e desempenho baixos. Dessa forma, maior movimento do ar é normalmente atingido pela utilização de sopradores ou ventiladores (BAÊTA e SOUZA, 1997).

A ventilação do ambiente, mesmo não reduzindo a temperatura do ar, promove aumento do processo convectivo de troca e, se estiver dentro das recomendações, melhora a sensação térmica do animal, possibilitando, dentro de certos limites, controlarem a temperatura e a umidade do ambiente (FERREIRA, 2005).

2.4. Sistemas de resfriamento evaporativo

O resfriamento evaporativo é essencialmente um processo de saturação adiabática (não perde nem ganha calor), que tem seqüência, ao longo de uma linha de temperatura de bulbo úmido constante. O ar a ser resfriado é posto em contato com água em temperatura igual à temperatura de bulbo úmido do ar. O calor sensível do ar inicial evapora a água, abaixando a temperatura de bulbo seco do ar e sendo convertido em calor latente no vapor adicionado – é o processo adiabático (BAÊTA e SOUZA, 1997).

Os sistemas de resfriamento adiabático evaporativo (SRAE) consistem em mudar o ponto de estado psicrométrico do ar, para maior umidade e menor temperatura, mediante o contato do ar com uma superfície umedecida ou líquida, ou com água aspergida ou pulverizada. Como a pressão de vapor do ar insaturado a ser resfriado, é menor que a da água de contato, ocorre a vaporização da água; o calor necessário para esta mudança de estado vem do calor sensível contido no ar e na água, resultando em decréscimo da temperatura de ambos, e, conseqüentemente, do ambiente (SILVA, I. 1998).

Esse processo ocorre quando algum meio ou produto cede calor para que a água evapore. Neste, o próprio ar cede calor (energia). Ao passar do estado líquido para o gasoso a água retira do ambiente cerca de 580cal para cada grama de água evaporada, dependendo da temperatura do ambiente (LEE e SEARS, 1992). Quanto mais seco o ar (menor UR), maior a quantidade de vapor de água que pode ser absorvida. Para que haja esta absorção é necessário que a água utilizada passe da fase líquida para a fase vapor. Esta mudança de fase demanda uma quantidade de energia que é retirada do meio, no caso o ar, resfriando-o (BASENGE, 2007).

Basicamente existem dois tipos de resfriamento evaporativo: enclausurada e de aspersão no ambiente. Nos resfriadores de evaporação enclausurada o ar é admitido no equipamento ou central de climatização e todo o processo de evaporação (e conseqüentemente resfriamento) ocorre dentro deste, de forma que, ao sair, o ar não carrega qualquer parcela líquida, somente vapor de água totalmente absorvido (invisível). A umidade relativa está sempre abaixo do ponto de saturação (<100%), pois, neste caso, o ar passa pelo sistema captando a umidade, que pode ser absorvida e, com velocidade corretamente controlada, sem arrastar gotas, gotículas ou névoas. Sua eficiência de umidificação atinge, normalmente, até 90% (TINÔCO, 2000).

Os métodos de resfriamento através da pulverização de água podem ser agrupados em sistemas de névoa, neblina e aspersão ou gotejamento. Os dois primeiros são também conhecidos como nebulização. A diferença entre neblina e nevoa é o tamanho da gota. A gota da neblina é maior e desce lentamente até ao piso, evaporando-se no caminho. A gota da névoa mantém-se suspensa no ar e evapora antes de alcançar o piso. Este sistema é muito eficiente, mas é mais caro que o sistema de neblina e necessita de mais manutenção. Esses sistemas depositam no ar pequenas gotas de água de diferentes tamanhos que, a partir da evaporação, diminuem a temperatura do mesmo (BUCKLIN e BRAY, 1998; PEREIRA, 2005).

Sistemas de refrigeração são necessários para se alcançar produções máximas, e os métodos evaporativos são eficientes e econômicos. Os sistemas de aspersão e de ventilação são muito efetivos e de baixo custo, mas provocam gastos adicionais de água e energia (PERISSINOTO et al., 2006b).

Embora o sombreamento reduza o calor acumulado da radiação solar recebida pelo animal, este não possui efeito na temperatura do ar ou umidade relativa. Então, um resfriamento adicional se faz necessário para vacas em lactação em climas quentes e úmidos. Existe um

número de opções de resfriamento para vacas baseados em combinações dos princípios de convecção, radiação e evaporação. A movimentação do ar (ventiladores), aspersão, evaporação da água para resfriar o ar, e sombras para minimizar a transferência de radiação solar são utilizados como meios de dissipar calor (WEST, 2003).

Estudos realizados com vacas Holandesas no Arizona, durante o verão, comparando diferentes dietas (alta em proteína e baixa em proteína) e diferentes climatizações (resfriamento evaporativo com sombreamento e somente sombra), encontraram produções de leite 11% a mais para a dieta de alta qualidade e 9% a mais para os animais que receberam resfriamento evaporativo. As vacas climatizadas obtiveram valores menores para a temperatura retal (38.6°C vs. 39.1°C) e frequência respiratória (64 vs. 82 mov./min.) do que as vacas não climatizadas (CHEN et al., 1993).

A alta eficiência do resfriamento evaporativo pode ser alcançada pela evaporação de água da camada de revestimento mais próxima possível da pele, aspergindo água em períodos curtos, evitando o aumento da umidade do ambiente em torno dos animais e a drenagem desta água ao longo do úbere para as tetas (aumento da mastite), e mantendo a circulação do ar sobre a superfície animal através de ventilação forçada (FLAMENBAUM et al., 1986).

Diferentes sistemas de condicionamento de ambiente, sobre o desempenho animal, em condições de estresse térmico, vêm sendo comparados com base na influência destes sistemas na melhoria do conforto térmico (CARDOSO, 1997).

2.4.1 Aspersão

Os sistemas de aspersão não esfriam o ar, mas usam gotas grandes para esfriar a pele e o pêlo dos animais. Assim, quando umedecemos o corpo do animal utilizando aspersores, as gotas de água evaporam, e nesse processo retiram calor da superfície corporal aumentando o conforto do animal. A aspersão de água nos animais pode ser efetuada de diversas maneiras desde a utilização de mangueiras, aspersores de jardim (de forma invertida) e chuveirões, até aspersores mais elaborados (PEREIRA, 2005).

Para isso, são utilizados bicos (aspersores, pulverizadores ou micropulverizadores) que borrifam a água na forma de gotículas ou névoas no ambiente. São sistemas acionados por bombas de média pressão ou por ejetor a ar comprimido. A grande superfície exposta da água (somatória das superfícies das milhões de gotículas) em contato com o ar facilita sua rápida absorção pelo mesmo. Em tese, sua eficiência de umidificação poderia beirar os 100%, mas, na prática, para se evitar a saturação são instalados controles por temporizadores ou por

umidostatos que reduzem sua eficiência a valores bem mais baixos, da ordem de 50% (TINÔCO, 2000).

A aspersão direta de água sobre as vacas conduz o calor da superfície corporal para o ambiente e leva os animais a evaporarem mais umidade da pele permitindo que as vacas utilizem o resultante calor latente de vaporização para o resfriamento do corpo. Isto faz com que diminuam as compensações induzidas pelo calor como o decréscimo na ingestão de alimentos, alterações hormonais e outros fatores que resultam numa produção de leite diminuída, de modo que a energia utilizada para os processos de resfriamento do corpo possa ser poupada para as funções de produção (BACCARI JÚNIOR, 1989).

A água no sistema de aspersão direta sobre o corpo do animal (sprinkling), deve penetrar bem e umedecer completamente a pelagem e a pele e, assim, as vacas são resfriadas por condução, mas principalmente pela evaporação da água a partir dos pêlos e da pele. Em alguns sistemas de produção de leite usa-se a aspersão de água combinada à ventilação forçada mediante ventiladores (BACCARI JÚNIOR, 1998). A ventilação combinada torna o sistema mais efetivo (CARDOSO, 1997).

Pereira (2005) recomenda que os aspersores devam ser instalados abaixo dos ventiladores e estes devem ficar a uma altura de 2,5 a 3m. Ventiladores de 90cm de diâmetro posicionados com ângulo de inclinação de 30°, um a cada 10m, em linha, são os mais recomendados. Os aspersores devem ser acionados sempre que a temperatura atingir 25,6°C, durante 1,5 minuto a cada 15 minutos, já os ventiladores podem funcionar ininterruptamente. Enquanto que Hahn (1993) indica o uso de bicos aspersores com capacidade de 10 ou 20 litros/hora, controlados por um timer, de modo a proporcionar 5 a 10 min. de aspersão a intervalos de 20 a 30 min.

A eficiência da aspersão dos animais é inversamente relacionada à umidade relativa do local, ou seja, quanto menor a umidade, maior a eficiência do processo. Nesse sentido, a técnica é somente recomendada em temperatura ambiente superior a 27°C e no horário mais quente do dia (entre 11 e 17h), quando a umidade relativa do ar, normalmente, está mais baixa. O limite máximo de 70% de umidade relativa é um bom balizador para o emprego de água como mecanismo arrefecedor dos animais em ambientes quentes (FERREIRA, 2005).

Barbosa et al. (2004), indicam a aspersão de água para vacas leiteiras durante o verão, com base em resultados experimentais, que demonstraram benefícios com o aumento da produção de leite, na ordenha da manhã e da tarde.

No trabalho de Matarazzo et al. (2006), estudando diferentes tempos de intermitência do sistema de aspersão em instalação para vacas em lactação (12 min, 14 min e 16 min), concluíram que as intermitências 14 e 16 min mostraram-se eficientes reduzindo o estresse térmico dos animais, proporcionando diminuição nos valores de temperatura retal, frequência

respiratória e temperatura de pelame, porém, recomendaram o intervalo de 16 min, evitando desperdícios com água.

Perissinoto et al. (2006b) avaliando a eficiência energética de sistemas de climatização para bovinos leiteiros, concluíram que o sistema de resfriamento por aspersão apresentou um consumo de água 11 vezes maior do que o sistema por nebulização, além de consumir mais energia. Porém, o sistema de aspersão promoveu um aumento de 3% na produção de leite, totalizando 18,0 litros/animal/mês, quando comparado ao sistema de nebulização.

2.4.2 Nebulização

O sistema de nebulização, permite a formação de gotículas extremamente pequenas, que aumentam a superfície de contato de uma gota d'água exposta ao ar, assegurando uma evaporação rápida (SILVA, I. 1998). Esse sistema é constituído de bicos nebulizadores que fragmentam a água em minúsculas gotas, distribuindo-a no interior do galpão na forma de jato d'água (SILVA e MOURA, 2001). Pode ser operado em alta e baixa pressão. Quanto maior a pressão de trabalho do sistema maior será a quebra da gota d'água. Quando a quebra do diâmetro da gota d'água é grande forma-se uma névoa, sendo assim, considerado como nebulização (EMBRAPA, 2005).

A associação de sistemas de ventilação e de nebulização, vai potencializar a climatização de uma edificação, por permitir a circulação de ar frio no ambiente interno, aumentando a remoção de calor, que é função direta da diferença de temperatura entre o ambiente externo e interno e entre o ambiente interno e o animal alojado. Esse sistema é mais dispendioso inicialmente, e requer mais atenção do que o sistema ventilador e aspersor (SILVA e MOURA, 2001).

Os sistemas combinados nebulização – ventilações forçadas integram ventilação mecânica à micro aspersão, resfriando rapidamente ambientes com pouca circulação de ar. Pode ser utilizada empregando módulos de alta pressão (800 libras) com bicos de 0,3mm permitindo vazão de 5 l/h alcançando área de 8 a 10m². Desta maneira, a temperatura dentro da instalação pode baixar em até 10°C, resultando em maior conforto térmico dos animais. Além disto, reduz a quantidade de moscas, poeira e odor das instalações (PEREIRA, 2005).

Algumas empresas adotam a prática de não utilizar o sistema evaporativo quando a temperatura for inferior a 28°C ou a umidade relativa for superior a 70%. Na adoção do sistema evaporativo de ventiladores acoplados a nebulizadores, é importante salientar que todos os exaustores ou ventiladores estejam em funcionamento antes que os aspersores entrem em funcionamento, para evitar umedecimento do piso (FERREIRA, 2005).

A nebulização associada à movimentação do ar, ocasionada pelos ventiladores, acelera a evaporação, e evita que a pulverização ocorra em um só local, e venha molhar a cama (freestall). Um nebulizador bem calibrado com água limpa, é capaz de dividir uma gota d'água em 611 gotículas com diâmetro de 0,5mm, e área total cerca de 850 vezes maior (SILVA, I. 1998).

Na nebulização, as gotículas evaporam rapidamente, antes de caírem no chão, resfriando a camada de ar mais próxima. Esse sistema possui consideráveis gastos para sua manutenção e deve ser sempre supervisionado em função do seu desgaste, principalmente dos bicos, e também da maior possibilidade de entupimento, devendo-se, conseqüentemente, ter maior cuidado com a limpeza da água a ser utilizada. Atualmente, existem disponíveis no mercado, equipamentos de alta pressão muito eficientes, que, praticamente não molham o piso do galpão e apresentam menor gasto de água (FERREIRA, 2005).

2.4.3 Placas evaporativas

De acordo com Bucklin e Bray (1998), existem vários métodos de resfriamento evaporativo disponíveis. O método mais comum é constituído por ventilador em conjunto ao sistema de esponjas, usado em muitas estufas. Este é um sistema bastante caro, por isso deve ser aplicado em animais de alta produção e de boa genética. Faz-se necessário, além de ventiladores e placas porosas, a utilização de bombas para circular a água pelas placas. As desvantagens desse sistema são que os ventiladores e as esponjas devem ser usados em instalações fechadas e, o material utilizado na placa requer manutenção e possui um limite de vida útil.

As esponjas podem ser de fibras de madeira, de argila expandida e carvão. A madeira tem-se mostrado um dos melhores materiais, mas o papel tratado com preservativos contra podridão também tem tido bom resultado no processo de resfriamento. Essas esponjas devem ser planejadas para uma vida útil de pelo menos um ano. Embora sejam comparáveis quanto à eficiência, todas elas apresentam, depois de certo tempo de uso, algum acúmulo de sais e poeiras, principalmente em casos de aplicações agrícolas. Por isso, devem ser limpas periodicamente. Deve-se evitar a incidência direta da radiação solar sobre o material poroso, pois ele a absorverá e terá sua eficiência reduzida (BAÊTA e SOUZA, 1997).

Tinoco et al., (2004), trabalhando com placas porosas utilizadas em sistemas de resfriamento evaporativo, afirmam que os materiais porosos geralmente empregados neste sistema são placas de celulose (fibra vegetal), que apresentam algumas desvantagens, tais como: custo elevado, baixa durabilidade e dificuldade de aquisição, recomendando, segundo resultados obtidos, a confecção de placas porosas de cinasita (argila expandida) e carvão vegetal, em

substituição às placas de celulose, para serem utilizadas em resfriadores adiabáticos evaporativos.

Esse sistema utiliza superfícies de contato, isto é, utilizando materiais com elevada superfície exposta. A água é distribuída na parte superior de colméias ou mantas e desce por canais pré-formados ou aleatórios, molhando todo o meio. O ar atravessa transversalmente a colméia ou a manta, entrando em contato íntimo com o meio umedecido e absorvendo umidade até bem próximo da saturação (BASENGE, 2007).

A altura do material poroso é geralmente de 0,50 a 2,50 m, quando é mantido na vertical em relação à chegada d'água. No sistema de esponja e ventilador, os ventiladores são montados em um lado ou extremidade para puxar o ar através da esponja ou das esponjas locadas na divisória oposta (BAÊTA e SOUZA, 1997).

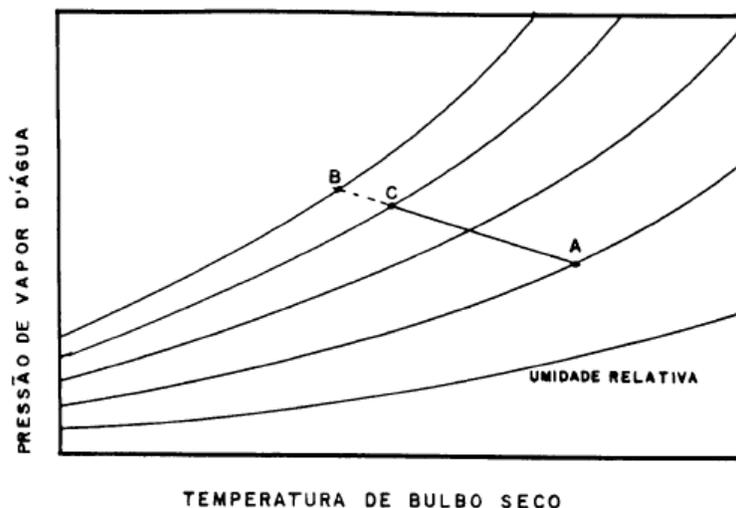
Resfriadores evaporativos projetados especialmente para reduzir a temperatura do ar em abrigos para animais podem ser bastante eficientes, podendo reduzir a temperatura de bulbo seco do ar que atravessa a placa porosa em 80% da diferença em relação à temperatura de bulbo úmido (HAHN, 1993).

2.5. Potencial de redução da temperatura do ar por meio de resfriamento evaporativo

A eficiência de aplicação do Sistema de Resfriamento Adiabático Evaporativo (SRAE) depende da diferença entre as temperaturas de bulbo seco e úmido (depressão psicrométrica) de cada região (WHITAKER, 1979). Silva, I. (1998) afirma que a eficiência do sistema de resfriamento evaporativo é maior em climas quentes e secos, devendo ser tomados os devidos cuidados com diferentes manejos, principalmente em regiões úmidas.

A redução de temperatura, num sistema de resfriamento evaporativo, será tanto maior quanto menor for a umidade relativa do ar captado. Assim sendo, para uma mesma temperatura na entrada do resfriador, podemos ter diferentes temperaturas na saída, conforme varie a umidade relativa do ar na entrada. Para equipamentos corretamente projetados e fabricados, duas regras práticas podem ser adotadas para se saber as temperaturas a serem atingidas em uma determinada região: 1- a temperatura do ar resfriado será aproximadamente 1°C acima da temperatura de bulbo úmido (TBU) do ar captado; 2- a temperatura do ar resfriado será aproximadamente 2°C abaixo da temperatura de saída da água de uma torre de resfriamento eventualmente existente no local (desde que esta esteja operando corretamente) (BASENGE, 2007).

Os processos que envolvem o ar úmido podem ser representados na carta psicrométrica (Figura 1). O resfriamento pode ser referido à taxa de transferência de calor que provoca variação da temperatura de bulbo seco, sendo então denominado de resfriamento sensível (BAÊTA e SOUZA, 1997).



Fonte: SILVA, I. (1998).

Figura 1 – Esquema do desempenho do SRAE, mostrado pelo gráfico psicrométrico

Na figura 1, o ponto de estado A representa o ar não saturado na fase inicial de acionamento de um dos sistemas. Caso houvesse saturação, o ponto de estado se deslocaria para o ponto B. Entretanto, isso não ocorre devido à eficiência dos sistemas, o ponto desloca-se somente até C. Nesse processo, a temperatura de bulbo úmido permanece constante, mas ocorre redução da temperatura de bulbo seco e aumento da umidade relativa. O deslocamento do ponto de estado depende da eficiência do Sistema de Resfriamento Adiabático Evaporativo (SRAE) adotado (SILVA, I. 1998).

2.6. Indicativo econômico

A avaliação da relação: custo x benefício deve balizar a escolha das técnicas a serem empregadas, uma vez que de acordo com as características climáticas do local, os benefícios observados, nos animais, do emprego de uma técnica poderão se sobrepor àqueles verificados com o emprego de outra técnica. Isso é muito variável de região para região e deve ser estudado com detalhes antes da adoção. O consenso é que o uso de água e de energia elétrica com tais objetivos deve ser controlado, evitando-se o desperdício (FERREIRA, 2005).

Segundo Perissinoto (2003b), um ponto que merece destaque atualmente se refere à eficiência econômica dos sistemas de resfriamento no consumo de energia e água. Essa problemática vem se tornando cada vez mais importante e já não pode ser deixada de lado, visto a situação crítica que o país começou a enfrentar quanto à disponibilidade de água e energia, situação esta que só tende a piorar, necessitando que todos os setores atentem para a adoção de métodos mais econômicos em água e energia.

Encontra-se disponível uma miríade de alternativas para instalações e manejo destinadas à redução dos impactos térmicos sobre os animais, mas nem todas são práticas ou aceitáveis. Os fatores influentes que os criadores e os projetistas devem considerar na escolha e alternativas apropriadas incluem as necessidades mutáveis dos animais, no decorrer das estações do ano; o impacto potencial das tecnologias escolhidas pela economia de materiais ou de mão-de-obra sobre as condições ambientais; e o nível gerencial e capital disponível (HAHN, 1993).

A necessidade de estabelecer critérios para a adoção de sistemas de resfriamento é crescente ao nível dos produtores. Depara-se com várias ofertas de pacotes milagrosos, porém, sem nenhuma eficiência técnica ou econômica (PERISSINOTO, 2003a).

Souza et al. (2004b) analisando o investimento em climatização para alojamento do tipo free-stall, afirmaram que a análise econômica é necessária para estimar a rentabilidade e o tempo de recuperação do capital investido, concluindo que o mesmo é satisfatório e lucrativo contribuindo com o conforto térmico de bovinos leiteiros.

2.7. Caracterização do ambiente

O ambiente é definido como uma coleção de fatores que, direta ou indiretamente, afetam o desenvolvimento animal. Com exceção da alimentação e dos agentes patogênicos, entre estes fatores os que têm maior efeito no habitat e, conseqüentemente, na produção animal são: temperatura e umidade relativa do ar, radiação e velocidade do vento. Eles constituem o ambiente térmico do animal (SARTOR et al., 1999).

O clima de uma região é determinado pelos modelos de variação de elementos, como radiação solar, radiação de ondas longas, temperatura e umidade do ar, ventos e precipitação e, ainda, pelas combinações entre elas (BAËTA e SOUZA, 1997). Verifica-se, todavia que a temperatura é, para os animais domésticos, o fator climático mais importante, vindo logo a seguir, a radiação solar, a umidade, a pressão atmosférica, as chuvas, os ventos dominantes, a luz (DOMINGUES, 1984).

No Brasil, um país com predominância de dias quentes, em algumas situações, a temperatura ambiente poderá facilmente ultrapassar os limites do conforto térmico para os

animais (FERREIRA, 2005). Este se insere na faixa do planeta considerada quente. A temperatura média do ar situa-se acima dos 20°C, sendo que a temperatura máxima se apresenta, nas horas mais quentes do dia, acima dos 30°C por grande parte do ano, atingindo muitas vezes, entre 35 e 38°C (BACCARI JÚNIOR, 2001).

Na criação dos animais domésticos, o clima está acima de qualquer outro fator ambiente. Como condição natural que é, chega a ser limitante na maioria das vezes. A influência do clima sobre os animais se faz sentir muito diversamente, e é muito difícil isolar, com o devido rigor, a ação de cada um dos elementos do clima (DOMINGUES, 1984). Durante o estresse térmico a vaca exhibe redução no consumo alimentar, diminuição das atividades, procura por sombra e vento, aumenta a taxa respiratória, o fluxo sanguíneo periférico e a sudorese. Essas respostas fisiológicas têm efeitos deletérios na produção da vaca (WEST, 2003).

O estresse caracteriza a soma dos mecanismos de defesa do organismo em resposta a um estímulo provocado por um agente agressor ou estressor, externo ou interno, para manter a homeostase. Há respostas comportamentais, fisiológicas e imunológicas à agressão do organismo em sua totalidade (BACCARI JÚNIOR, 1998). O estresse térmico é a força exercida pelos componentes do ambiente térmico sobre um organismo, causando nele uma reação fisiológica proporcional à intensidade da força aplicada e à capacidade do organismo em compensar os desvios causados pela força (SILVA, R. 2000).

Animais com aptidão leiteira em áreas onde o estresse térmico é alto, necessitam da utilização de modificações ambientais, como sombra e refrigeração, para manter a lucratividade. Esse benefício foi demonstrado em experimento com vacas leiteiras da raça Jersey, gerando aumento dos rendimentos. A frequência respiratória e a temperatura externa do úbere, as quais afetam a produção de leite e a reprodução, foram reduzidas com modificações ambientais como, sombra e resfriamento evaporativo (aspersão de água e ventiladores). O efeito combinado destas modificações resultou em maior produção no pico da lactação e aumento da persistência da lactação com custos mínimos. Portanto, qualquer alteração que reduza o estresse térmico potencialmente irá melhorar a produção de leite e a reprodução (KEISTER et al., 2002).

Laganá et al. (2005), observando o comportamento de vacas Holandesas submetidas à aspersão de água, nos horários mais quentes do dia, e sem nenhum tipo de climatização, verificaram que o microclima do free-stall afetou diretamente o bem-estar e a adaptabilidade, melhorando o comportamento dos animais climatizados.

Keown et al. (2005), sugerem que algumas modificações sejam tomadas no manejo do rebanho leiteiro, a fim de minimizar os efeitos do estresse térmico, como: modificar a dieta dos animais para manter o consumo alimentar; aumentar a quantidade de água disponível para o rebanho; providenciar sombreamento e prevêm uma boa troca de ar dentro das instalações utilizando os sistemas de aspersão em conjunto para ajudar a resfriar o gado.

Ryan et al. (1992), comparam dois diferentes tipos de sistemas de climatização em vacas Holandesas nas condições climáticas de verão na Arábia Saudita, um sistema de resfriamento evaporativo fabricado comercialmente composto de ventiladores potentes, palhetas de circulação do ar e bicos de nebulização de alta pressão e o outro constituído de ventiladores e linhas de aspersão e verificaram que os animais submetidos ao primeiro tratamento obtiveram eficiência reprodutiva e produção de leite superior às vacas do segundo.

Neste contexto, Fuquay et al. (1979) comparando diferentes modificações (ventilação, ar condicionado e aspersão de água no telhado) em instalações para vacas leiteiras com nenhum tipo de modificação, encontraram reduções na temperatura corporal e frequência respiratória, além de promover o conforto animal, melhorando o potencial para a produção de leite.

Müller (1982) relata que a temperatura ótima de produção de leite depende da espécie, raça e grau de tolerância ao calor e ao frio. O mesmo autor comenta que a raça Holandesa apresenta diminuição de produção a partir de 24°C, a Suíça e a Jersey a partir de 27°C e as Zebuínas acima de 32°C. Entretanto, Baêta e Souza (1997) consideram como zona de conforto para bovinos adultos de raças européias a faixa entre -1 e 16°C, enquanto que Huber (1990), afirmou ser a faixa de 4°C a 26°C como a ideal para proporcionar conforto térmico para vacas holandesas. Já Nääs (1989) cita ser a faixa de 13 a 18°C como confortável para maioria dos ruminantes e referiu-se à recomendação de temperaturas entre 4 a 24°C para vacas em lactação, podendo restringir esta faixa aos limites de 7°C a 21°C, em função da umidade relativa e da radiação solar.

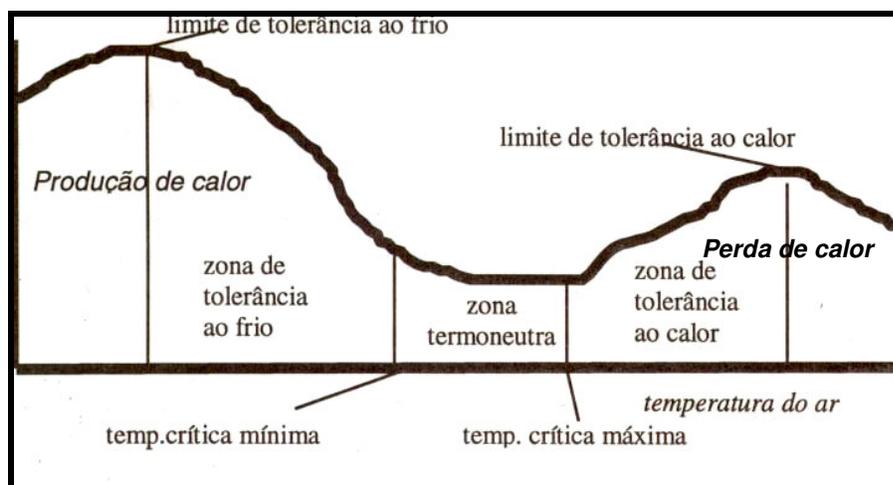
De acordo com Keown et al. (2005), a temperatura ideal para o gado leiteiro está na faixa entre -4°C e 18°C. Quando a temperatura alcança valores acima de 26,7°C, estes animais reduzem o consumo alimentar, ocasionando um impacto negativo na produção. Em 32°C ou acima, pode-se notar uma drástica diminuição na produção de leite que varia de 3 a 20%. A umidade também desempenha uma parte significativa no estresse térmico. Existem três faixas de temperatura e umidade consideradas preocupantes. A uma temperatura de 37,8°C e 20% de umidade, faixa em que se devem iniciar medidas sérias para aliviar a tensão sobre os animais, como arrefecimento das instalações; 37,8°C e 50% de umidade, considerada como perigosa, e por fim a faixa letal para os bovinos, 37,8°C e 80% de umidade.

Nos tempos atuais, não se pode admitir que a produção animal esteja alheia aos novos conceitos de bem-estar. Dessa forma, a ambiência, um dos pilares para se conseguir o bem-estar animal, agrega profissionais dos mais diferentes setores para que possam juntos, solucionar problemas de ocorrência diária na criação moderna (FERREIRA, 2005). Entretanto, os investimentos na ambiência para vacas devem levar em conta os dados de clima local, de maneira a justificar o acréscimo, ou a manutenção de níveis de produtividade (MARCHETO et al., 2002).

2.7.1. Zona de conforto térmico

Segundo Baêta e Souza (1997), a zona de conforto térmico (ZCT) ou de termoneutralidade (Figura 2), é quando o animal mantém constante a temperatura corporal, com um mínimo esforço dos mecanismos termorregulatórios, em que não há sensação de frio ou calor. O animal homeotermo praticamente não utiliza seu sistema termorregulador, seja para fazer termólise ou termogênese (TITTO, 1998). Dentro da ZCT o custo fisiológico é mínimo, a retenção de energia da dieta é máxima, a temperatura corporal e o apetite são normais e a produção ótima (BACCARI JÚNIOR, 1998). Essas “zonas de conforto” devem ser encaradas como uma indicação e analisadas acerca de sua aplicabilidade às condições específicas de projeto e de realidade ambiental (NÃÃS, 1989).

Termorregulação é o processo de controle da temperatura em um sistema físico qualquer (SILVA, R. 2000). Apesar de ser o meio natural do controle de perdas de calor pelo organismo, representa um esforço extra e, por conseguinte, uma queda de produtividade. Quando as condições ambientais proporcionam perdas de calor do corpo além das necessárias para a manutenção de sua temperatura interna constante, o organismo reage por meio de seus mecanismos automáticos (sistema nervoso simpático) buscando reduzir as perdas e aumentar as combustões internas (NÃÃS, 1989).



Fonte: TITTO, (1998).

Figura 2 – Zonas de tolerância e conforto térmicos

A temperatura fisiológica dos animais homeotérmicos é controlada pelo centro termorregulador, logo abaixo do cérebro, situado no hipotálamo que funciona como termostato fisiológico ao perceber sensações de frio ou de calor através do sistema nervoso central que, por sua vez, as recebe através de células especializadas situadas na superfície corporal dos animais,

conhecida como células termorreceptoras periféricas. Esse termostato controla tanto a produção (hipotálamo posterior) quanto a dissipação de calor (hipotálamo anterior) (FERREIRA, 2005).

A literatura que trata de limites de temperatura ideais para o conforto térmico animal apresenta valores bastantes variáveis. Pereira (2005) mencionou que A ZCT para bovinos leiteiros, possivelmente, está dentro do limite 0°C a 16°C. Já Nääs (1998) considerou como limites admissíveis de temperatura para gado leiteiro em lactação os valores entre 4-24°C. Johnson e Vanjonack (1976) reportaram-se à faixa de 1,7°C a 21°C como intervalo de temperatura confortável para vacas em lactação, em função da raça, grau de aclimação, produção de leite e consumo alimentar. Enquanto que Brody (1956) considerou para bovinos europeus a faixa entre -1°C e 16°C e para o gado indiano, entre 10°C e 27°C. Em 27°C, para raças européias, e 35°C para bovinos indianos, estes mecanismos começam a falhar, sendo demonstrado pelo aumento abrupto na temperatura retal, declínio no consumo alimentar, na produção de leite e no peso corporal. Pires e Campos (2007) relataram como zona termoneutra a amplitude de temperatura ambiente entre 10 e 20°C, para as raças leiteiras.

A temperatura corporal de um animal 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. Tanto a termogênese como a termólise envolvem três tipos de mecanismos:

Comportamentais: dizem respeito à alteração do comportamento do animal, que se desloca de modo a aumentar ou diminuir a exposição à energia térmica procedente do ambiente.

Autônomos: envolvem o controle de várias funções orgânicas, como o fluxo sanguíneo, a variação da posição dos pêlos e penas, o funcionamento das glândulas sudoríparas, o controle do sistema respiratório e a ingestão de água e alimento, entre outras.

Adaptativos: abrangem alterações a médio ou longo prazo em certas características, tais como tipo e coloração do pelame, pigmentação da epiderme, formação de depósitos gordurosos, alterações de níveis hormonais etc. (SILVA, R. 2000).

De acordo com Collier et al. (1982), vacas em lactação submetidas a ambientes com temperatura fora de sua zona de termoneutralidade realizam adaptações metabólicas na tentativa de manter a homeotermia. Sob temperaturas críticas, acima e abaixo da faixa de conforto, percebem-se efeitos negativos na produção de leite, embora as vacas sejam mais sensíveis ao calor e resistentes ao frio.

Dentro de certos limites, os animais podem se ajustar fisiológica, comportamental ou imunologicamente de modo a sustentar a homeostase orgânica e minimizar as conseqüências adversas. Neste processo de ajuste, entretanto, as funções menos vitais ao organismo, como desempenho (produção e reprodução) e o bem-estar, podem ser atingidas quando a intensidade e a duração dos estressores ambientais excedem a capacidade compensatória dos animais, geneticamente determinada (BERTIPAGLIA et al. 2007).

2.7.2 Mecanismos de troca de calor

O animal realiza trocas de energia com o ambiente em forma de calor através das formas sensíveis e latentes. Os fluxos de calor causados por gradientes de temperatura, são condução, convecção e radiação e são chamados de sensíveis, já os fluxos de calor causados por gradientes de pressão de vapor d'água, conhecidos como evaporação e condensação, são chamados de latentes (BAÊTA e SOUZA, 1997).

Se o aumento na temperatura corporal pode ser evitado, o excesso de calor no corpo deverá ser dissipado para o ambiente por dois caminhos: transferência de calor sensível e latente. As perdas de calor corporal sensível são governadas pelo gradiente de temperatura e pela velocidade do ar, enquanto que as perdas de calor evaporativas são controladas pelo gradiente de pressão de vapor (MAIA et al. 2005b).

O ambiente térmico influencia o desempenho de um animal primariamente através dos efeitos das trocas energéticas entre o animal e as superfícies dele circundantes. Abrigando o animal, este fica protegido das condições de tempo externas, mas não diminui o nível de complexidade. Os quatro modos de transferência de energia (radiação, convecção, evaporação e condução) são governados por leis físicas. A fim de que o animal mantenha a homeotermia, os ganhos de energia através dos quatro modos e dos processos metabólicos internos devem equalizar as perdas energéticas (HAHN, 1993).

A produção de calor é devida a fenômenos vitais de oxidação celular e outros fenômenos bioquímicos e de reações exotérmicas, mas, o organismo possui um sistema termorregulador. A termorregulação do organismo é ajudada em muitas espécies, pela eliminação do calor corporal pela ação sinérgica de dois fenômenos físicos: a evaporação e a irradiação (MILLAN, 1982).

Tanto o calor produzido como o dissipado dependem da atividade que o animal desenvolve. A energia térmica produzida pelo organismo animal advém de reações químicas internas, sendo a mais importante a combinação do carbono, produzido no organismo sob a forma de alimentos, com o oxigênio extraído do ar, pela respiração. Esse processo é denominado metabolismo (NÃÃS, 1989).

Vacas usam principalmente dois métodos para transferir calor corporal em ambientes quentes: evaporação através da superfície corporal e aumento da frequência respiratória (GEBREMEDHIN e WU, 2001). As alternativas para manter ou melhorar o desempenho e o bem-estar dos animais em climas quentes necessariamente envolvem o emprego de energia e de sua manipulação, através da modificação na produção ou na dissipação de calor do animal (HAHN, 1993).

Resultados do trabalho desenvolvido por Maia et al. (2005b), indicam que as perdas de calor por evaporação cutânea correspondem a 20 – 30% do total das perdas de calor quando a temperatura do ar permanece entre 10 a 20°C, sendo as restantes perdas por calor sensível. Sob temperatura ambiente alta, as perdas de calor sensível tornam-se um meio de ganhar calor quando essa temperatura está próxima ou maior do que a temperatura corporal, o que ocorre frequentemente em regiões tropicais. Dentro destas condições a evaporação é o caminho principal de perdas de calor, responsabilizando-se por aproximadamente 85% das perdas de calor total, enquanto que o restante são perdas por evaporação pela respiração.

Climas quentes deprimem o consumo alimentar, a produção de leite e o desempenho reprodutivo em gado leiteiro. A manutenção da produtividade em ambientes com altas temperaturas é determinada principalmente pelo equilíbrio entre a produção e a perda de calor metabólico. Produções de leite mais elevadas associadas à produção de calor mais a manutenção, contribuem para aumentar a carga térmica total. A tolerância ao calor pelo animal, pode ser conseguida pela redução da sua carga de calor interna (ou seja, redução da taxa metabólica) ou pelo aumento da dissipação de calor para o ambiente. Melhorando a tolerância ao calor em conjunto com a alta produtividade é mais provável de atingir o aumento da dissipação de calor (FLAMENBAUM et al., 1986).

RADIAÇÃO:

Radiação é o mecanismo de troca de calor entre dois corpos através da natureza eletromagnética que caracteriza a onda de calor, não sendo necessário um meio para propagação, acontecendo mesmo na ausência de meio ou vácuo (NÃÃS, 1989). É a transferência de energia térmica de um corpo a outro através de ondas eletromagnéticas, que constituem uma fração do espectro eletromagnético a qual se estende desde o final da faixa de luz visível até o início da faixa de microondas (SILVA, R. 2000).

A quantidade de radiação que incide sobre os animais é de grande influencia sobre a manutenção da sua homeotermia (manutenção da temperatura corporal). Nesse contexto, radiação solar apresenta grande participação na quantidade de calor recebida pelo animal, principalmente quando expostos a campo, como ocorre com bovinos em pastejo. Para os animais domésticos, o ganho de calor por radiação pode ser significativo, quando se considera a insolação direta e indireta e a energia proveniente dos telhados e da circunvizinhança do galpão (FERREIRA, 2005).

A temperatura radiante das vizinhanças do animal pode ser próxima ou maior que a temperatura da superfície corporal, visto que a quantidade de energia térmica recebida por radiação é maior que a eliminada. Nas regiões tropicais as trocas térmicas por radiação entre animais e ambiente assumem grande importância, pois determina em muitos casos a diferença entre um ambiente confortável e outro intolerável (SILVA, R. 1999).

CONDUÇÃO:

Condução térmica é a expressão aplicada ao mecanismo de transferência de energia térmica entre corpos, entre partes de um mesmo corpo, por meio da energia cinética da movimentação de elétrons livres, como no caso da condução nos metais, ou seja, de uma zona de alta temperatura para outra de temperatura mais baixa, com a necessidade de contato direto entre as moléculas dos corpos ou superfícies nela envolvidos (SILVA, R. 2000).

O fluxo de calor por condução exige contato entre as superfícies ou substâncias cujas temperaturas devam ser diferentes, isto é, deve haver um gradiente térmico entre as partes consideradas. Esse processo de transferência de energia é em razão de um movimento vibratório de moléculas, que, ao se chocarem com outras a uma temperatura inferior, transferem-lhes parte de sua energia cinética. Quanto mais elevada a temperatura, maior a velocidade das moléculas e mais acelerada a transferência (BAÊTA e SOUZA, 1997).

CONVECÇÃO:

A convecção é uma forma sensível de transferência de calor do animal para o ambiente, na qual o ar em contato com uma superfície aquecida é também aquecido, ocorrendo redução de sua densidade, o que causa pequenas correntes próximo da superfície. Nesse processo, em razão da movimentação do ar, há remoção de calor do corpo aquecido. Dessa forma, a convecção constitui um meio eficiente de remoção de calor corporal do animal (BAÊTA e SOUZA, 1997).

Uma corrente de fluido, líquido ou gasoso, que absorve energia térmica em um dado local e que então se desloca para outro local, onde se mistura com porções mais frias do fluido e para elas transfere a energia, é uma corrente de convecção. Se o deslocamento do fluido for causado por uma diferença na sua densidade, que é uma consequência da diferença de temperatura, então o fenômeno é denominado convecção natural ou passiva. Se o fluido for deslocado por forças ativas, como bombas, ventiladores, mecanismos geradores de vento ou turbulências, então teremos uma convecção forçada ou ativa (SILVA, R. 2000).

A troca por convecção através de um líquido ocorre quando o animal tem contato com uma corrente de líquido, o que ocorre, por exemplo, quando um bovino, para ingerir água, deve entrar às margens de um rio ou lagoa. As partes do seu corpo submersas estarão dissipando calor pelo processo convectivo através da água (FERREIRA, 2005).

EVAPORAÇÃO:

Evaporação é a troca térmica úmida proveniente da mudança do estado líquido para o estado gasoso. Para ser evaporada, passando para o estado de vapor, a água necessita de certo dispêndio de energia. A evaporação é um mecanismo de troca térmica que possibilita ao organismo perder calor latente, podendo representar um fator de conforto termo-higrométrico em climas úmidos, desde que as condições sejam propícias (NÃÃS, 1989).

Se o ambiente for muito quente, tanto o excesso como a carência de umidade será prejudicial. Em um ambiente quente e muito seco, a evaporação ocorre rapidamente, causando irritação cutânea e desidratação geral; em um ambiente quente e úmido, a evaporação se processa lentamente, reduzindo a termólise e aumentando o estresse de calor, principalmente porque a termólise por convecção é ineficaz quando diminui o diferencial de temperatura entre a superfície do corpo e a atmosfera (SILVA, R. 2000).

Além da troca evaporativa de calor através da pele, ocorre também evaporação a partir do trato respiratório do animal, e isso constitui um poderoso meio de controle homeotérmico, muito significativo para várias espécies (BAÊTA e SOUZA, 1997).

A evaporação pulmonar nas raças européias deprime-se com a umidade relativa de 30 a 90% e temperaturas ambientes de 24 a 38°C. Sob alta umidade, a evaporação cutânea torna-se ineficiente quando a temperatura ambiente ultrapassa 24°C. Áreas quentes e úmidas apresentam problemas para o desempenho animal, quando a temperatura do ar é da ordem de 21°C ou superior, associada à umidade relativa igual ou superior a 60% (PIRES e CAMPOS, 2007).

Para Gebremedhin e Wu (2001), as perdas de calor evaporativas diminuem com o aumento da umidade relativa, por causa do déficit de concentração do vapor d'água entre a superfície da pele e a temperatura ambiente. As perdas de calor por convecção, no entanto, aumentam com a elevação da temperatura corporal, resultando em aumentos na temperatura da pele.

2.7.3 Índices: THI e WBGT

Existem vários indicativos para caracterizar o ambiente em termos de conforto e bem-estar animal, entre os quais estão os índices de conforto térmico THI (Índice de temperatura e umidade) e WBGT (Índice de temperatura de globo e umidade), determinados com base nas variações dos valores das variáveis climáticas. A utilização de um índice de avaliação do conforto para determinada espécie animal, portanto, deve considerar, além das características inerentes ao animal, o tipo de ambiente (aberto ou fechado) e a importância relativa de cada elemento meteorológico envolvido (MARTELLO et al., 2004a).

Os valores de THI superiores a 80 indicam estresse moderado, enquanto que, acima de 90, estresse severo. O valor 72 pode ser alcançado com temperaturas tão baixas quanto 23°C, quando a umidade relativa for superior a 95%, ou, quando a temperatura for de 25°C, com umidade de 50% (MACHADO, 1998). Já Baêta e Souza (1997), indicam que índices de até 74 representam ambientes seguros; 74 a 78 exigem cuidado, alerta; de 79 a 84 são perigosos; e de 85 em diante, condição de emergência. Vacas iniciam o processo de estresse térmico quando o

índice de temperatura e umidade (THI) está acima de 72. Ocorrem aumentos na frequência respiratória, enquanto que a produção e reprodução diminuem (HARNER et al., 1999).

Algumas medidas podem ser utilizadas para aliviar, amenizar ou mesmo evitar os problemas decorrentes do estresse calórico, e podem ser sumarizadas dentro de cada classe do THI (Índice de temperatura e umidade): ALERTA (THI = 78); PERIGO (THI = 79-78); EMERGÊNCIA (THI > 82). As seguintes ações são recomendadas para gado confinado:

ALERTA:

- resfriar os animais, aumentando a ventilação natural ou ligando os ventiladores (quando aplicável);
- monitorar o comportamento animal para sinais de estresse tais como ofegação;
- assegurar disponibilidade de água abundante;
- alterar o padrão de alimentação, aumentando a frequência de fornecimento do alimento (de três a quatro vezes ao dia);
- programar o esquema de resfriamento (se possível);

PERIGO:

- aplicar resfriamento adicional com aspersores ou nebulizadores (assegurar movimentação adequada do ar);
- iniciar o resfriamento adiabático evaporativo (quando aplicável);
- assegurar a movimentação do ar sobre os animais de 1,27 a 1,52 m/seg;
- aspergir água em linha, periodicamente;
- monitorar, continuamente, o comportamento dos animais;

EMERGÊNCIA:

- além das medidas observadas na categoria “perigo”;
- evitar movimentação dos animais nas horas mais quentes do dia;
- não fornecer alimentos nas horas mais quentes do dia;

Para animais em sistemas de pastejo, a partir da categoria ALERTA (acima do nível crítico para a produção de leite):

- assegurar o sombreamento das pastagens, com sombra natural ou artificial;
- assegurar o sombreamento do curral de espera;
- aplicar resfriamento utilizando nebulizadores nas áreas de sombreamento artificial, principalmente no curral de espera;
- assegurar água abundante e de boa qualidade e, se possível, disponibilizar fonte de água adicional. (PEREIRA, 2005)

Klosowski et al., (2002) afirmam que o estudo sistemático do THI para as regiões produtoras de leite constitui importante instrumento indicativo de conforto/desconforto a que os animais podem estar submetidos, auxiliando produtores na escolha dos meios mais adequados

de condicionamento térmico. Resultados do trabalho desenvolvido por Turco et al., (2006), a partir de um zoneamento bioclimático para vacas leiteiras no Estado da Bahia, mostraram que, nenhuma das zonas bioclimáticas delimitadas, estiveram dentro das faixas de perigo ou extremo perigo, respectivamente, de 79 a 83, e maior ou igual a 84.

Estudos realizados com vacas Holandesas em lactação, na sala de espera, no município de Nova Odessa – SP, apontaram que a ventilação forçada apenas reduziu os valores de umidade relativa em 7%, enquanto que, a ventilação forçada associada à aspersão, mostrou-se eficiente reduzindo a temperatura de bulbo seco (6,4°C), a temperatura de globo negro (6,5°C), THI e WBGT e, como esperado, obteve aumento na umidade relativa do ar (ARCARO JÚNIOR et al., 2005).

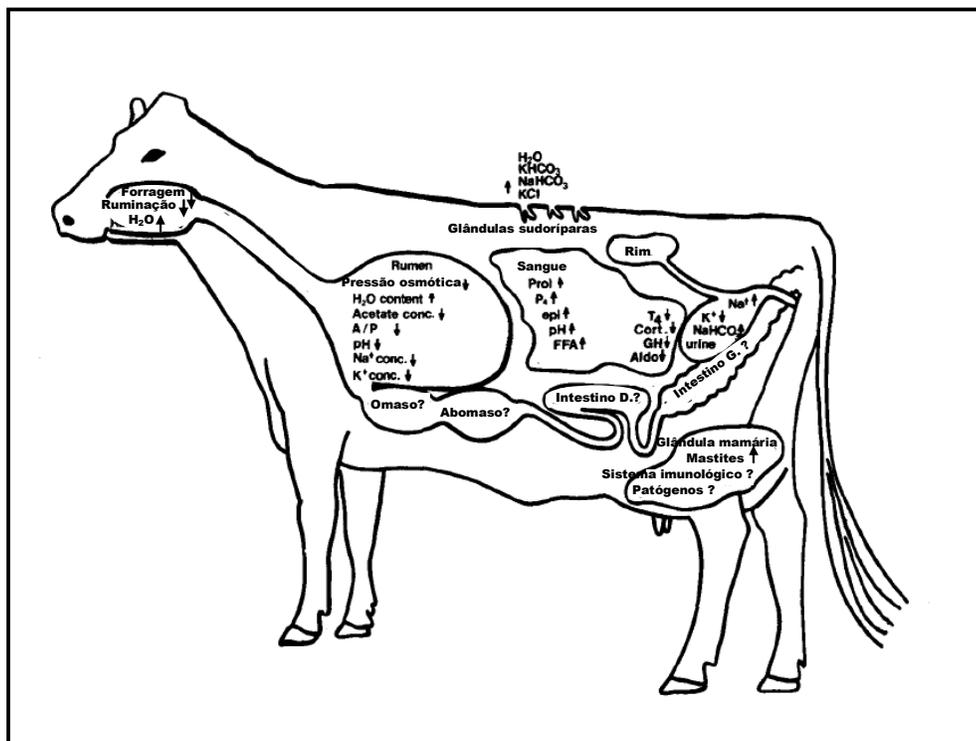
Azevedo et al., (2005), estimaram valores críticos superiores de THI, para os grupos genéticos $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$ e $\frac{7}{8}$ Holandês-Zebu em lactação, e encontraram níveis iguais a 79 para os três grupos, com base na temperatura corporal, 79, 77, 76 considerando a frequência respiratória e 80, 77, e 75 com base na temperatura retal, respectivamente.

2.8. Respostas fisiológicas dos animais ao ambiente

Em caso de desconforto do ambiente, o organismo animal lança mão de seus recursos fisiológicos de maneira a compensar os efeitos do meio. Para temperaturas ambientes extremas, por exemplo, o sistema neuro-endócrino provoca alterações fisiológicas tentando manter a temperatura corporal. Assim sendo, em caso de calor demasiado, ocorrem aumentos do ritmo cardíaco e respiratório, transpiração, redução do apetite e produção de calor, vasodilatação e maior consumo de água (ENCARNAÇÃO, 1989).

Uma das reações fisiológicas mais imediatas é a redução da ingestão de alimentos (efeito anorético), estratégia de que se vale o animal para diminuir o seu metabolismo basal e manter sua temperatura constante (homeotermia). Outras reações fisiológicas prontamente disponibilizadas, e mais evidentes, envolvem o aumento da temperatura corporal, comumente avaliada pela temperatura retal, aumentos do ritmo respiratório e da frequência cardíaca e intensificação da taxa de sudorese (PEREIRA, 2005).

Os efeitos do estresse térmico crônico em vacas em lactação são ilustrados na Figura 3. Em condições naturais esses animais ficam expostos a um diário ciclo de temperaturas ambientais, e devem ser estudadas ao longo deste ciclo para definir mais claramente as respostas às condições naturais. Diminuições na ingestão de volumosos, por exemplo, contribuem para a diminuição da produção de ácidos graxos voláteis e pode contribuir para a alteração na taxa de acetato / propionato (COLLIER et al., 1982).



Adaptado de COLLIER et al., (1982).

Figura 3 – Esquema das respostas fisiológicas em vacas leiteiras sob hipertermia crônica

Quando o bovino é submetido a um ambiente térmico estressante, várias de suas funções são alteradas, tais como: a frequência respiratória, temperatura retal, ingestão de alimentos, desvio de nutrientes, produção ou crescimento e redução na resistência a doenças. A magnitude das variações depende de cada animal, pois as respostas ao estresse são diferentes quando comparados animais distintos (TURCO et al., 1999).

A expressão do efeito ambiental sobre as características fisiológicas e produtivas de vacas leiteiras depende de sua variação em dado intervalo de tempo. Ou seja, quanto maior a variação dos valores de temperatura e umidade do ar, radiação solar, velocidade do vento, precipitação e horas de brilho de sol, dentro de um mesmo dia e entre dias, maiores serão as possibilidades de se encontrar efeitos destas variáveis sobre as respostas do animal (DAMASCENO e TARGA, 1998).

O elevado calor de vaporização da água é utilizado pelos animais para a regulação térmica do seu organismo. No organismo a evaporação se dá na superfície da pele, na superfície dos alvéolos e nos trajetos pulmonares, pois o ar expelido, vem para o exterior saturado de vapor d'água, retirado do organismo e a uma temperatura mais elevada do que quando entrou (DOMINGUES, 1984).

Como consequência do aumento da transpiração e polipnéia, o animal perde quantidade expressiva de água. Juntamente com a água perdida, o animal perde eletrólitos, particularmente potássio (K) através da pele e, com o objetivo de preservar o K sanguíneo, reduz sua excreção através da urina, porém aumenta a perda de sódio (Na) através desta rota (MACHADO, 1998).

Silva, I. et al., (2002), avaliaram os efeitos da climatização de ambientes em condições de pré-ordenha na produção de leite, em animais submetidos à nebulização e ventilação forçada no curral de espera e animais sem adoção de climatização. Concluíram que o efeito do resfriamento do ambiente é mais significativo no horário da segunda ordenha (15 h), quando comparado ao da primeira (7 h), melhorando as condições de conforto térmico, refletindo em um aumento de 7,28% na produção de leite, além de promover redução na frequência respiratória e cardíaca.

O animal que pode manter quase constante e relativamente baixa a temperatura corporal em temperaturas altas, é desejável como um tipo tolerante ao calor. A temperatura corporal é uma excelente medida para estudar os efeitos do ambiente sobre a capacidade termorregulatória do gado leiteiro. A frequência respiratória é dependente, no entanto, de acordo com os resultados, da radiação solar e temperatura atmosférica. Portanto, diretamente ou indiretamente, um pouco antes e após o limiar dos níveis de calor o estresse pode ser superado, a radiação solar é apenas ligeiramente menos importante do que a temperatura do ar. Como a frequência respiratória inicialmente aumenta com a temperatura corporal, a atividade muscular promovida pelos movimentos respiratórios, contribuem com calor corporal adicional. Quando expostos às condições climáticas extremas, este relacionamento torna-se acentuado e inicia-se a angústia provocada pelo calor (WILLIAMS et al., 1960).

2.8.1 Temperatura retal

A temperatura retal é usada frequentemente como índice de adaptabilidade fisiológica em ambientes quentes. Berman et al., (1985), verificaram os efeitos da ventilação forçada em clima subtropical, em vacas em lactação expostas às temperaturas do ar variando entre 10 a 36°C, e encontraram que, com a temperatura média de 10 a 24°C a temperatura retal não foi afetada pela temperatura do ar ou pela ventilação forçada, enquanto que, sob temperatura entre 26 e 36°C a temperatura retal aumentou com a temperatura do ar independente do fluxo de ventilação. Sugerindo, de acordo com os resultados encontrados, que 25 a 26°C é o limite superior de temperatura ambiente a qual as vacas Holandesas conseguem manter a temperatura corporal estável.

Faça frio ou faça calor, se um bovino adulto estiver com saúde, sua temperatura corporal estará em torno de 38,5°C. Quando se estudam os reflexos do ambiente sobre os animais, o melhor indicador da temperatura corporal profunda é a temperatura retal, verificada através da inserção de um termômetro no reto. Embora ela não represente sempre uma média da temperatura corporal profunda, é melhor medir nesse local do que medir a temperatura em vários locais e chamar a média de temperatura corporal, além disso, a temperatura retal é um bom indicador de um verdadeiro estado estacionário (FERREIRA, 2005).

Exposição a temperaturas iguais ou superiores a 27°C, por várias horas, resulta, freqüentemente, em estoque excedente de calor endógeno, que é suficiente para aumentar a temperatura corporal acima dos limites de 38,0 a 39,0°C, considerados normais para os bovinos (PIRES e CAMPOS, 2007).

2.8.2 Temperatura do pelame

As trocas por convecção e radiação infravermelhas de ondas longas são afetadas pela existência de uma capa protetora sobre a superfície cutânea e por um gradiente de temperatura entre a superfície do animal e o ambiente. Em ambientes tropicais o diferencial de temperatura entre o ambiente e a superfície do corpo dos animais tende a ser pequeno e às vezes negativo (temperatura ambiente maior que a da superfície). Assim para dissipar a energia térmica produzida pelo metabolismo e a recebida do meio externo, um animal pode recorrer à evaporação ou estocar a energia térmica, permitindo certo aumento na temperatura corporal (SILVA, R. 2000).

A temperatura do ar se faz sentir sobre os animais, por condução. A pele mais quente do animal tende a perder calor em contato com o ar mais frio. Se a temperatura do ar aumenta, diminui essa perda de calor, até dar-se uma operação em sentido inverso: o animal recebe calor do ambiente, quando a temperatura do ar é elevada e ele está sob a ação direta da radiação solar (DOMINGUES, 1984).

Nos bovinos submetidos ao estresse térmico, vários dispositivos anátomo-fisiológicos são importantes para a dissipação e proteção do excesso de calor advindo de altas temperaturas e radiação solar. Ferreira (2005) relata que a segunda forma de dissipação de calor pela evaporação da água envolve aquela presente na superfície cutânea pela atividade das glândulas sudoríparas ou através da perspiração invisível. A perspiração invisível se refere à difusão da água através da epiderme, não estando relacionada à sudorese. Nesse processo, a água se difunde entre as células e caminha para a superfície corporal para ser evaporada, utilizando o calor presente na camada limite.

Perissinoto et al., (2006a), informam que a pele contribui para a manutenção da temperatura corporal mediante trocas de calor com o ambiente, sendo que, em temperaturas mais amenas, o calor é dissipado para o ambiente na forma sensível e, sob estresse pelo calor, o principal processo de perda de calor é o da evaporação.

Silva, R. (1999) comenta que é geralmente aceito que os animais com pelame escuro – e, portanto, com maior absorção da radiação térmica – são mais sujeitos ao estresse de calor que os de pelame claro. Entretanto, tem sido demonstrado que pelames claros apresentam maior penetração da radiação solar que os escuros, e a transmissão dessa radiação ocorrem através da capa dependente das propriedades estruturais e físicas da mesma.

Silva, R. et al., (2001), relatam que um pelame negro constitui uma superfície de grande absorvidade da radiação térmica, de modo que a temperatura da superfície cutânea nestes animais é mais elevada que naqueles com pelame branco. Os mesmos autores, observando 20 vacas Holandesas expostas à radiação solar por três horas, durante 10 dias no verão, encontraram os valores de 44,10 e 37,73°C para as malhas negras e brancas, respectivamente, concluído que, embora um animal totalmente negro possa apresentar uma proteção mais adequada contra a radiação UV do que um animal branco, ele absorve, no entanto um excesso de energia térmica na capa de pelame, o que limita a sua capacidade de eliminar calor corporal e contribui para o estresse térmico.

2.8.3 Frequência respiratória

O primeiro sinal visível de animais sob estresse térmico é o aumento da frequência respiratória, embora seja o terceiro na seqüência dos mecanismos de termorregulação. O primeiro mecanismo é a vasodilatação e o segundo, a sudação. O aumento ou a diminuição da frequência respiratória está na dependência da intensidade e da duração do estresse a que estão submetidos os animais (MARTELLO, 2002).

O sistema respiratório, na tentativa de manter a homeotermia, é diretamente afetado produzindo um número maior de movimentos respiratórios. De acordo com Müller (1982), a frequência respiratória normal dos bovinos é de 23 movimentos por minuto. Assim, para cada aumento de 10°C, o ritmo respiratório dobra, chegando a atingir 200 movimentos respiratórios por minuto, quando a temperatura do meio ambiente é maior do que a do corpo.

Silva, R. (2000), afirmou que nos bovinos, sob estresse de calor, a evaporação respiratória responde por 30% do total, correspondendo os restantes 70% à evaporação cutânea. Nesse processo, os mecanismos geralmente aumentam a quantidade de ar puxado pelas vias respiratórias. Há condicionamento do ar inspirado, isto é, ele é aquecido até a temperatura

corporal e torna-se saturado com vapor d'água durante o trajeto para alcançar os alvéolos. Na expiração, o ar passa pela mucosa já resfriada pela inspiração, quando, então, ocorre condensação com liberação de calor latente. A diferença entre o calor carregado na inspiração e na expiração constitui a perda respiratória (BAËTA e SOUZA, 1997).

O aumento da frequência respiratória causa uma perda de CO₂ através da respiração reduzindo a produção de ácido carbônico no sangue. Isto eleva o pH do plasma, levando a uma alcalose metabólica. Observa-se, portanto, que o animal, durante o estresse térmico, está em um constante desequilíbrio fisiológico, ora em alcalose, ora em acidose (MACHADO, 1998). A alcalose é resultante da rápida eliminação de gás carbônico, que é compensado pelo aumento da excreção urinária de bicarbonato e o tamponamento do rúmex é afetado pela redução do bicarbonato da saliva (PEREIRA, 2005).

A evaporação da água através do trato respiratório do animal se dá em ambiente de alta temperatura. Os animais aumentam a frequência respiratória e, com a ofegação, expelem água para o ambiente. Quando um grama dessa água evapora, ocorre o consumo de 585 calorias, tratando-se de um processo muito eficiente de dissipação de calor utilizado pelos animais (FERREIRA, 2005).

Quando a temperatura do ar ultrapassa o limite crítico superior, o centro termorregulador, sediado no hipotálamo, dá início a termólise, especialmente por via evaporativa, através do aumento da frequência respiratória, que em geral apresenta-se superior a 40 movimentos respiratórios por minuto, podendo atingir níveis alarmantes de ofego, da ordem de mais de 100 movimentos por minuto (TITTO, 1998). Em ambientes termoneutros oscila entre 24-36 movimentos/minuto, e acima da temperatura crítica superior (25-27°C) esses valores podem estar várias vezes aumentados (PIRES e CAMPOS, 2007).

Maia et al. (2005a), trabalhando com 15 vacas Holandesas sob condições de campo em ambiente tropical, encontraram através do uso de máscaras respiratórias, que em temperaturas entre 10 e 35°C as perdas de calor sensível por convecção diminuíram, enquanto que as perdas de calor latente por evaporação aumentaram, ou seja, a evaporação pela respiração foi um mecanismo eficaz de termorregulação para os animais em ambiente quente. Acima de 35°C, as perdas de calor por convecção tornaram-se ineficientes, e pode ser que, ao invés de um mecanismo de perda de calor, seja um mecanismo de ganho de calor.

Trabalhando com vacas Holandês-Zebu, em lactação, Azevedo et al., (2005) relataram que, a temperatura retal, de superfície corporal e a frequência respiratória se correlacionaram positivamente com o THI, ou seja, há uma associação das elevações desses parâmetros fisiológicos com o aumento do índice de conforto térmico. Verificaram também que, a frequência respiratória é um melhor indicador de estresse térmico do que a temperatura retal.

2.8.4 Freqüência cardíaca

Quando o organismo está em estresse de calor ocorre uma vasodilatação periférica, resultando numa queda na pressão sanguínea; para compensar essa baixa de pressão, há um incremento no trabalho cardíaco. Por esse motivo, animais em ambientes quentes tendem a apresentar sensível aumento na freqüência de batimentos cardíacos (SILVA, R. 2000).

Os critérios de tolerância e adaptação dos animais são determinados pelas medidas fisiológicas da respiração, batimento cardíaco e temperatura corporal. A adaptação fisiológica, dada principalmente por meio das alterações do equilíbrio térmico, quando o animal é submetido a altas temperaturas, é uma maneira de avaliar a adequação para a produção animal em ambientes quentes.

Em virtude da ação conjunta dos efeitos ambientais, o animal ativa mecanismos de controle para restabelecer o equilíbrio de suas funções vitais. Quando isso ocorre percebe-se que as respostas fisiológicas como: batimentos cardíacos e freqüência respiratória são influenciados, e os seus valores aumentam consideravelmente.

Ao se defrontar com o agente estressor, o organismo animal desenvolve processos fisiológicos que consistem no somatório de todas as reações sistêmicas. Dentre as reações envolvidas na fase de alerta, que envolve ações rápidas e imediatas, ocorrendo várias mudanças fisiológicas que visam reestruturar os sistemas de controle corporais, está o aumento da freqüência cardíaca (taquicardia) e elevação da pressão arterial e esta assegura melhor e mais rápida circulação do oxigênio que, por sua vez, favorece a atividade muscular esquelética, possibilitando a ação e reação (PEREIRA, 2005).

2.9 Produção e composição do leite

A síntese do leite depende do recebimento, pelas glândulas mamárias, de um abastecimento contínuo de diversos metabólicos e de hormônios através do sangue. A temperatura ótima de produção de leite depende da espécie, raça e tolerância ao calor e ao frio. A raça Holandesa apresenta diminuição de produção a partir de 24°C, a Suíça e a Jersey a partir de 27°C e as Zebuínas acima de 32°C (MÜLLER, 1982).

A explicação para o efeito do estresse na lactação está, primeiramente, no fato de as reações por ele provocadas alterarem todo o complexo endócrino responsável pela lactação. Tanto o início da secreção de leite quanto sua manutenção, e até mesmo o desenvolvimento da

glândula mamária, são governados pelo sinergismo de um complexo de hormônios da adeno-hipófise e de outros órgãos estimulados por aqueles hormônios (ENCARNAÇÃO, 1989).

A recuperação da produção de leite após o estresse calórico ocorre lentamente e em graus que variam com a intensidade e duração do estresse, além da fase de lactação, dentro dos limites da fisiologia da glândula mamária, podendo tanto recuperar totalmente a produção normal, como comprometer toda a lactação. Também a composição do leite é alterada pelo estresse calórico, com redução nos teores de gordura, proteína e vários minerais Ca, P, K e Na (TITTO, 1998).

No que se refere à composição do leite, o gado leiteiro, submetido a altas temperaturas, aumenta alguns constituintes do leite, como nitrogênio não protéico, ácido palmítico e esteárico, e outros diminuem, como a graxa, sólidos totais, nitrogênio total, lactose, ácidos graxos de cadeia curta e ácido oléico. O que são informações importantes na industrialização do leite (MÜLLER, 1982).

Uma explicação razoável para as reduções na produção e composição do leite é dada pela queda de consumo de alimentos, na absorção de nutrientes e no redirecionamento do fluxo sanguíneo dos órgãos internos para os tecidos periféricos. Esse deslocamento causa redução do aporte sanguíneo da veia porta (14%) e da glândula mamária (12%), com reflexos na produção e composição do leite. Outra explicação para essa redução é dada pela diminuição da secreção de hormônios, especialmente daqueles termogênicos (insulina, tiroxina e cortisol) (PEREIRA, 2005).

Para Damasceno e Targa (1998), existem evidências de que a redução no consumo de matéria seca (MS) em situações de estresse térmico ocorre devido à ação do calor no centro da saciedade, ao aumento da frequência respiratória, à redução da atividade do trato gastrointestinal, resultando em redução da taxa de passagem e rápido enchimento do rúmen, à redução na apreensão, mastigação e ruminação do alimento. Esta redução no consumo de forragem diminui a produção de ácidos graxos voláteis e altera a composição no rúmen, podendo ocasionar uma acidose, redução do teor de gordura do leite e conseqüentemente em diminuição da produção. (KEOWN, et al., 2005).

O estresse térmico em vacas resulta em reduções dramáticas no consumo de forragem e ruminação, minimizando a produção de ácidos graxos voláteis com alterações na proporção de acetato/propionato. O pH ruminal e as concentrações eletrolíticas (sódio e potássio) diminuem sob estas condições (COLLIER et al., 1982).

Klosowski et al., (2002) em trabalho realizado na região de Maringá-PR, encontraram diferenças no declínio da produção de leite para diferentes níveis de produção, de 4,2kg.dia⁻¹ para a produção de 35kg.dia⁻¹ e de 0,5kg.dia⁻¹ para a produção normal de 10kg.dia⁻¹, no mês de dezembro.

O clima assume importância em função das mudanças de temperatura e umidade que afetam a susceptibilidade à mastite, uma doença que afeta um grande número de animais no mundo. Prejuízos causados especialmente por 70% de perda devido à redução na produção dos quartos com mastite subclínica; 8% pela perda de leite descartado por alteração e/ou pela presença de resíduos após tratamento; 8% pelos gastos com tratamento; 14% por morte ou descarte do animal ou desvalorização comercial dos animais por apresentar quartos atrofiados (ARCARO, 2005).

Entretanto, Arcaro Júnior et al., (2003a), trabalhando com climatização (aspersão de água e ventilação forçada) na sala de espera, não encontraram diferenças, entre os tratamentos aplicados, na produção de leite e nos teores de gordura, densidade e extrato seco total, sugerindo que o tempo em que os animais permaneceram (20 minutos) sob ambiente climatizado, tenha sido insuficiente.

Por outro lado, a climatização em áreas de alimentação em sistema freestall, em trabalho realizado por Igono et al., (1987), apresentou diferenças significativas na produção de leite (2kg/vaca/dia) em vacas Holandesas sob abrigos com sombra, aspersão e ventilação forçada, comparadas a animais apenas sombreados, durante o verão. Os autores também relataram menores valores nas temperaturas retais nos animais climatizados e, concluíram que o uso de aspersão e ventiladores é um meio rentável para maximizar o conforto da vaca e diminuir o estresse e o declínio da produção de leite.

Outro trabalho, como o de Her et al., (1988), também demonstrou a superioridade da produção de leite de vacas Holandesas expostas a um curto prazo de arrefecimento térmico no verão (nove vezes durante o dia com duração de 30 minutos em ciclos repetidos de aspersão de 30 segundos e ventilação forçada por 4,5 minutos), comparada a vacas sem nenhum tipo de climatização. Como resultado, o grupo sob climatização produziu cerca de 3kg por dia de leite a mais do que o grupo controle no final do período experimental. Os autores consideraram que o sistema de arrefecimento utilizado tem potencial para aliviar o estresse térmico em vacas leiteiras, melhorando o equilíbrio térmico, produção e desempenho reprodutivo.

Souza (2003) analisando o ambiente físico para bovinos de leite, em função do uso de equipamentos de climatização (ventilação e nebulização), verificou aumento na produção de aproximadamente 4,2 kg/leite/dia/vaca e conversão alimentar média maior em relação aos animais controle.

Sharma et al., (1983) estudando os efeitos climáticos e genéticos na produção e composição do leite em duas raças (Holandesa e Jersey), concluíram que os resultados encontrados confirmam a maioria dos outros estudos sobre o leite. Todas as respostas foram afetadas pelo clima, algum mais do que outras. As produções das vacas da raça Jersey foram menos sensíveis ao clima do que as da raça Holandesa, porém em relação à composição do leite as vacas Jersey foram mais sensíveis. A contagem de células somáticas, uma medida da mastite,

foi afetada pelo clima, mas, menos do que todas as outras variáveis, exceto a gordura e a proteína.

Taylor et al., (1991), compararam dois tipos de concentrações de proteínas degradáveis (alta, 61 a 64%; baixa, 47 a 55%) com dois tipos de ambiente (sombreamento; resfriamento evaporativo com sombra) em vacas Holandesas. Os autores relataram aumento na produção de leite de 3,5%, melhor eficiência de conversão alimentar e ingestão de matéria seca, nos animais que receberam o resfriamento evaporativo. A dieta com maior teor de proteína degradável também aumentou a produção de leite, porém não houve diferenças significativas na composição do leite. Já a dieta com menor teor de proteína apresentou maior valor para a lactose e menor valor para a gordura e o conteúdo protéico no leite. Durante o experimento, a climatização diminuiu a frequência respiratória e a temperatura retal.

Sharma et al., (1988), estudaram sobre os fatores climáticos e suas interações na produção e composição de leite em duas raças leiteiras (Holandês e Jersey), encontrando efeitos do clima sob as variáveis, mas pequeno na maioria dos casos, observando que a temperatura máxima teve maior influência sobre cada resposta. A produção de leite (kg), gordura (%) e proteína (%) foram: 18,19 e 11,51; 3,35 e 5,01; 3,32 e 3,80, para as vacas holandesas e jérseis respectivamente.

Thatcher (1974) enfatizou que as condições ambientais associadas às áreas subtropicais contribuem para diminuir a reprodução e a produção de leite. Vacas leiteiras sob ar condicionado durante 24 horas por dia obtiveram aumento na produção diária de 9,6% de leite corrigido para 4% de gordura.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 EXPERIMENTO 1 - CONSTRUÇÃO E AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE SISTEMAS DE RESFRIAMENTO EVAPORATIVO

3.1.1 Construção do sistema

a) SISTEMA I

Foi construído um protótipo (Figura 4) para resfriamento evaporativo constituído por ventilador da marca CASP® Tufão M3, de 0,97m de diâmetro e hélice de 3 pás de 40cm, com potência de 0,5 CV e vazão máxima de $300\text{m}^3.\text{min}^{-1}$, 1.130 RPM, acionamento direto, peso aproximado de 18Kg, acoplado a uma câmara confeccionada com chapas metálicas galvanizadas nº18, medindo 1,0m de altura, 1,0m de largura e 0,5m de profundidade, sendo um dos lados composto de tela de arame galvanizado com malha de 15mm X 15mm (placa evaporativa). Este sistema era acomodado sob um suporte de madeira a 1,6m de altura em relação ao solo.

A placa evaporativa foi preenchida com argila expandida (cinasita) do tipo 3222, a qual atuou como capilar poroso. A aplicação de água nesse sistema era realizada através de um reservatório e uma bomba, conduzindo-a a uma calha de material PVC perfurada em toda a sua extensão, permitindo o umedecimento constante da argila expandida. Utilizou-se água tratada de uso doméstico.

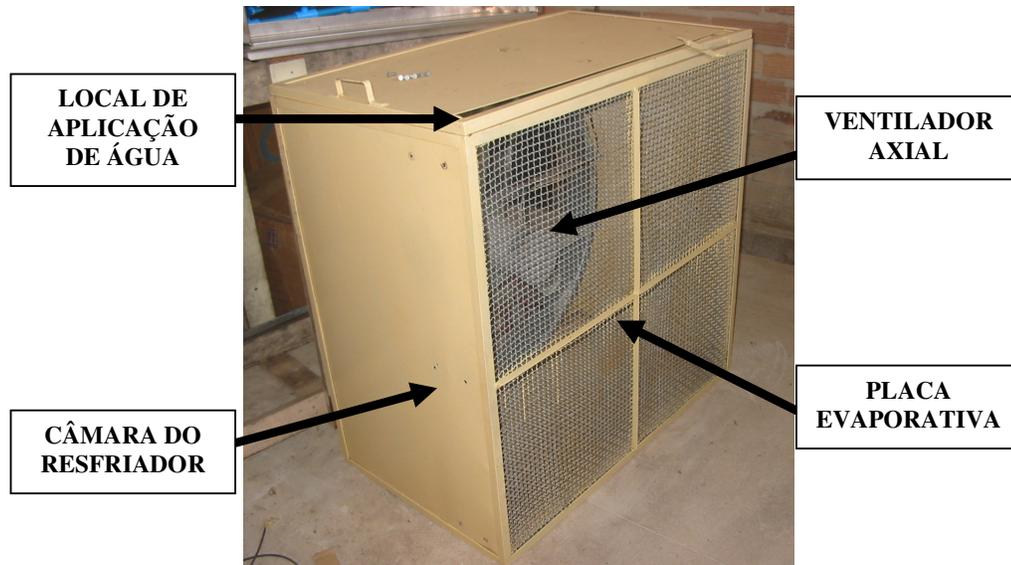
Abaixo da placa evaporativa, foi posicionada uma canaleta conectada a um tubo PVC que coletava a água excedente que passava pela argila e a conduzia novamente para o reservatório após passar por uma tela filtrante.

O protótipo construído permitia a modificação da espessura da camada de material poroso, sendo testadas as espessuras de 30 e 50mm da placa evaporativa.

b) SISTEMA II

No equipamento de ventilação forçada associada à nebulização, o sistema de ventilação era constituído por ventilador da marca CASP® Tufão M3 (supracitado), posicionados a uma altura de 2,5 metros, com inclinação de 20%.

Para a nebulização foram utilizados bicos do tipo rosca com anti-gotas, com vazão de 6,3L/hora cada, sendo acoplados quatro por ventilador. A alimentação de água para esse sistema, foi constituída por bombas centrífugas da marca DANCOR®, modelo PRATIKA CP-4C monofásica, com potência de $\frac{3}{4}$ e vazão de $7,8\text{m}^3/\text{h}$, caixa d'água com capacidade para 310L, filtro de disco, micro tubo de 6 milímetros, mangueira preta de $\frac{1}{2}$ " e canos de PVC.



(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 4 – Protótipo de resfriamento evaporativo em fase de construção. (a) Partes do protótipo; (b) Argila expandida (cinasita); (c) Placa evaporativa de tela de arame; (d) Vista frontal do equipamento.

Os dois sistemas eram acionados e desligados por um termostato a uma temperatura de 22°C, sem intermitência.

3.1.2. Sistema de coleta de dados

Os testes foram conduzidos em uma sala do Centro de Bioclimatologia - CEBIO na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), *Campus* Juvino Oliveira, localizado no município de Itapetinga-BA, no mês de dezembro de 2007. O município de Itapetinga encontra-se na longitude de 40°15'32"W e latitude 15°18'00"S a uma altitude de 268m e temperatura média anual de 27°C. Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo *Aw* (quente e úmido com estação seca de inverno).

Dentro da sala foram instalados, perpendicularmente ao eixo central do ventilador, distanciados de 1 em 1 metro, 20 termopares, sendo 10 como sensores de temperatura de bulbo seco e 10 de bulbo úmido, conectados a uma multiplexadora (AM16/32B, Campbell Scientific Instruments Inc.) e a uma datalogger (CR23X - Campbell Scientific Instruments Inc.) que fez a coleta de dados a cada minuto e armazenou a média de cinco minutos, das 8:00 às 12:00h e das 14:00 às 18:00h, permitindo o monitoramento instantâneo dos dados.

Para medição da temperatura de bulbo úmido, os termopares foram envoltos em tecido, mantido constantemente umedecido. Para tal, uma das extremidades do tecido ficava mergulhada em recipiente de vidro contendo água destilada.

A temperatura ambiente e a umidade relativa do ar dentro e fora da sala, foram monitoradas com o auxílio do Termo-higro-anemômetro-luxímetro digital portátil, modelo THAL-300 da marca INSTRUTHERM®, para conferência com os dados da Datalogger.

3.1.3 Análise dos resultados

Para determinar a eficiência do sistema I (protótipo de resfriamento evaporativo) utilizou-se a fórmula de ASHRAE (1983), citado por Vigoderis (2002). Onde:

$$\xi(\%) = \frac{T_1 - T_2}{T_1 - T_{bu}} * 100 \quad (1)$$

Sendo:

T1 = temperatura de bulbo seco do ar antes (°C);

T2 = temperatura de bulbo seco do ar depois (°C);

Tbu = temperatura de bulbo úmido do ar antes (°C).

Para determinar a eficiência do sistema de resfriamento evaporativo composto de ventilação forçada e nebulização (sistema II), utilizou-se a equação descrita por Campos et al. (2002):

$$T_d = \frac{186,4905 - 237,3 \times \log_{10} e}{\log_{10} e - 8,2859} \quad (2)$$

Sendo:

e = Pressão atual de vapor (hPa)

A pressão de vapor, por sua vez, pode ser determinada a partir da equação:

$$e = e_{su} - A \times P(T_{bs} - T_{bu}) \quad (3)$$

Sendo:

e_{su} = Pressão de saturação à temperatura de bulbo úmido (hPa);

A = Constante psicrométrica (0,00067 °C);

P = Pressão atmosférica (hPa);

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

T_{bu} = Temperatura de bulbo úmido (°C).

Para cálculo da pressão de saturação, utiliza-se a expressão:

$$e_{su} = 6,1078 * 10^{\frac{7,5 \times T_{bu}}{237,3 + T_{bu}}} \quad (4)$$

De acordo com Campos et al. (2002), em tese, a menor temperatura a que se poderia chegar, por meio de umedecimento do ar, seria aquela relativa à temperatura do ponto de orvalho, obtida a partir da equação (2). Considerando-se uma eficiência de 100%, o valor do potencial de redução da temperatura do ar ambiente, por meio de sistemas de resfriamento evaporativo adiabático, seria equivalente à diferença entre a temperatura do ar seco e a temperatura do ponto de orvalho.

3.2. EXPERIMENTO 2 - INFLUÊNCIA DA CLIMATIZAÇÃO DAS SALAS DE ORDENHA E DE ESPERA NO DESEMPENHO PRODUTIVO E NA FISIOLOGIA DE VACAS MISTIÇAS HOLANDÊS-ZEBU

3.2.1 Local e duração do experimento

O trabalho foi conduzido na Fazenda Barra da Alegria, localizada próximo à cidade de Encruzilhada – Ba, a uma altitude de 865m e coordenadas 15°69' de latitude Sul e 40°74' de longitude Oeste, com temperatura média anual de 22°C e pluviosidade média anual de 1.200mm. O clima da região é caracterizado com *Aw*, segundo a classificação de Köppen, ou seja, tropical com inverno seco e verão úmido.

O período experimental teve a duração de 45 dias nos meses de janeiro a fevereiro de 2008, sendo 15 dias destinados à adaptação dos animais.

3.2.2 Descrição das instalações e do sistema de climatização

A sala de espera, local onde foi instalado o sistema de resfriamento por aspersão, possuía as seguintes características: 13,5m de comprimento e 8,7m de largura, sem nenhum tipo de cobertura e com um bebedouro de 2,6 x 1,0m. Na sala de ordenha foi montado o sistema de resfriamento com ventilação forçada e nebulização e à estrutura construtiva, a saber: 12m de comprimento, 6m de largura, pé direito igual a 2,5m, laterais abertas, orientação leste-oeste, telhado de duas águas com cobertura de telha eternite e piso de concreto.

O sistema de aspersão na sala de espera foi montado em linha a uma altura de 2,5m do piso, constituído por mangueira preta de ¾", com um espaçamento entre bicos de 1m e uma vazão de água por bico de 25L/hora (Figura 5). Para a nebulização foram utilizados bicos do tipo rosca com anti-gotas, com vazão de 6,3L/hora cada, sendo acoplados quatro por ventilador. A alimentação de água para esse sistema, foi constituída por bombas centrífugas da marca DANCOR®, modelo PRATIKA CP-4C monofásica, com potência de ¾ e vazão de 7,8m³/h, caixas d'água com capacidade para 310L, filtros de disco, micro tubo de 6mm, mangueira preta de ½" e canos de PVC (Figura 6).

O sistema de ventilação era constituído por dois ventiladores da marca CASP® Tufão M3, de 0,97m de diâmetro e hélice de 3 pás de 40cm, com potência de 0,5 CV e vazão máxima

de $300\text{m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$, 1.130 RPM, acionamento direto, peso aproximado de 18kg, posicionados a uma altura de 2,0 metros, com inclinação de 20%.

Os sistemas mencionados acima, eram acionados de acordo com os tratamentos e sempre que a temperatura ambiente fosse superior a 25°C , sem intermitência.

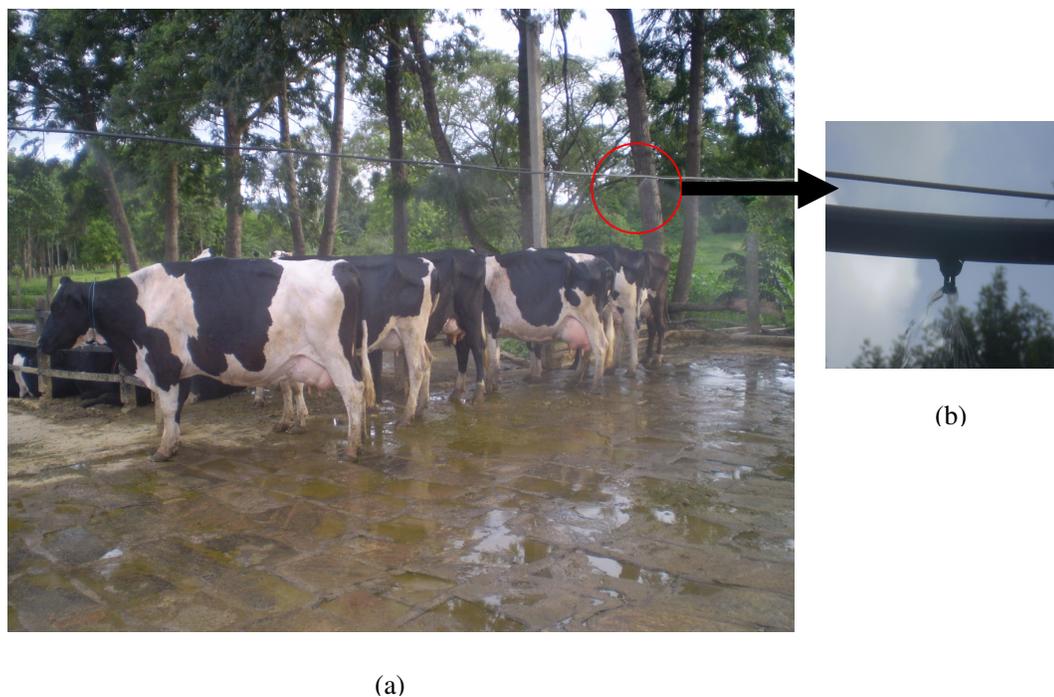


Figura 5 – Vacas na sala de espera sob aspersão de água (a); Detalhe do bico aspersor (b).

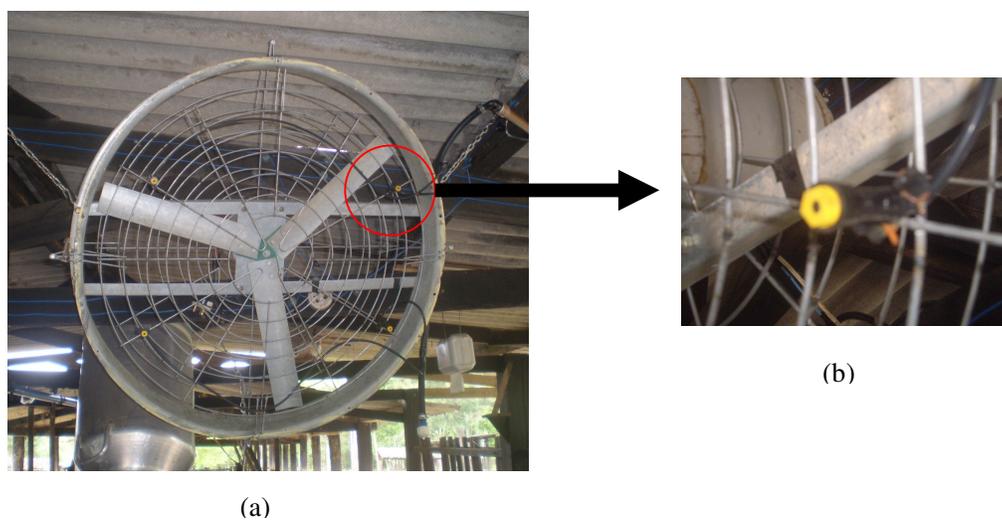


Figura 6 – Sistema de ventilação forçada associada à nebulização (a); Detalhe do bico nebulizador (b).

3.2.3 Animais e manejo

Foram utilizadas 32 vacas multíparas em lactação, mestiças Holandês-Zebu, com grau de sangue variando de 7/8 a 31/32, com média de produção de 17 kg/dia e peso corporal médio de 550kg,.

Os animais foram ordenhados duas vezes ao dia, a primeira ordenha com início às 6:00h, e a segunda, às 16:30h, em ordenhadeira mecânica. Após a entrada das vacas na sala de ordenha era realizado o teste da caneca fundo preto, para a identificação da mastite (presença de grumos) e posterior imersão do teto em solução de iodo 2,5% (pré-dipping). Após a ordenha os tetos eram emersos em solução com 5% de iodo (pós-dipping).

As vacas receberam a mesma alimentação de acordo com o manejo da fazenda, adotando-se pastejo rotacionado em módulos de Capim Elefante à noite e de Tanzânia durante o dia. Era fornecido o concentrado (Tabela 1) no cocho antes da ordenha (2kg) e durante a ordenha na canga (2kg), totalizando 8kg/vaca/dia. A dieta foi formulada de maneira a atender as exigências nutricionais para a manutenção e produção de leite, de acordo com o NRC (2001).

Tabela 1 – Proporção dos ingredientes no concentrado (%), na base da matéria seca.

Ingredientes	% da matéria seca
Milho grão moído	75,39
Farelo de soja solvente	18,58
Fosfato Bicálcico	0,50
Sal mineral ²	2,79
Uréia	2,74
Total	100,00

² Incluídos 233 g de Ca/kg, 80 g de P/kg, 5 g de Mg/kg, 48 g de Na/kg, 25 mg de Co/kg, 380 mg de Cu/kg, 25 mg de I/kg, 1080 mg de Mn/kg, 3,75 mg de Se/kg, 1722 mg de Zn/kg, 300.000 UI de vitamina A/kg, 55.000 UI de vitamina D/kg, 200 mg de vitamina E/kg.

3.2.4 Tratamentos

Os animais foram distribuídos ao acaso em quatro tratamentos totalizando 8 vacas por grupo, identificados com coleiras de diferentes cores facilitando o manejo, de acordo com:

T1 = ASP (ESP)/V+N (ORD): Aspersão na sala de espera e ventilação forçada + nebulização na sala de ordenha;

T2 = ASP (ESP): Aspersão na sala de espera;

T3 = V+N (ORD): Ventilação forçada + nebulização na sala de ordenha;

T4 = CONTROLE: Sem climatização.

3.2.5 Variáveis avaliadas

Durante todo o período experimental foram avaliadas variáveis climáticas, fisiológicas e produtivas.

3.2.5.1 Climáticas

As variáveis climáticas avaliadas foram: as temperaturas máxima e mínima, umidade relativa, temperatura de globo negro, temperatura de bulbo seco e de bulbo úmido, velocidade do vento, pluviosidade, índice de temperatura e umidade (THI) e o índice de temperatura de globo e umidade (WBGT).

Utilizou-se 20 termopares, sendo, 8 sensores de bulbo seco, 9 sensores de bulbo úmido e 3 de globo negro, um sensor de temperatura do ar, conectados a uma multiplexadora (AM16/32B, Campbell Scientific Instruments Inc.) e a uma datalogger (CR23X - Campbell Scientific Instruments Inc.) que fez a coleta de dados a cada minuto e armazenou a média de cinco minutos, em todo o período experimental, permitindo o monitoramento instantâneo do ambiente. Na sala de espera ficou um termômetro de globo negro, um sensor de bulbo úmido e um sensor de temperatura do ar, fixados em local construído para os mesmos. Dentro da sala de ordenha, foi estrategicamente instalado, acima de cada animal do experimento, um sensor de bulbo úmido e um sensor de bulbo seco. Dois globos negros (a 1,5m de altura, em relação ao solo) mediram a radiação recebida pelos animais. Na área externa da sala foi instalada uma mini estação meteorológica (LA-CROSSE TECHNOLOGY 433MHZ), com painel de leitura fixado na parte interna, visualizando as temperaturas e umidades relativas dentro e fora da sala de ordenha, além de posição e velocidade do vento e pluviosidade (Figura 7).



(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 7 – Mini estação meteorológica (a); Pannel de leitura da estação (b); Sensor de bulbo úmido e bulbo seco (c); Caixa com multiplexadora e datalogger (d).

Para a determinação do THI, utilizou-se a fórmula segundo Thom (1958) e para o WBGT a de Bond & Kelly (1955).

Índice de temperatura e umidade:

$$\text{THI} = T_{\text{bs}} + 0,36T_{\text{bu}} + 41,5$$

Índice de temperatura de globo negro e umidade:

$$\text{WBGT} = 0,7 T_{\text{bu}} + 0,2T_{\text{g}} + 0,1T_{\text{bs}}$$

Sendo:

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

T_{bu} = temperatura de bulbo úmido (°C);

T_{g} = temperatura do termômetro de globo negro (°C).

3.2.5.2 Fisiológicas

As variáveis fisiológicas mensuradas (Figura 8) foram: a temperatura retal (TR) medida através da introdução de um termômetro clínico digital, com escala de até 42°C da marca INCOTERM[®], diretamente no reto do animal, com dispositivo de alerta de estabilização da temperatura, permanecendo por aproximadamente um minuto, sendo retirado e feita a leitura expressa em graus centígrados.

A temperatura do pelame (TP), nas malhas brancas (TPB) e pretas (TPP), tomadas na região do dorso dos animais e a temperatura do úbere (TU), registradas com a utilização de um termômetro de infravermelho da marca MINIPA[®], modelo MT-350, média de -30°C para 550°C e emissividade fixa de (ϵ): 0.95, a uma distância aproximada de 1,5m do animal.

Para a medida da frequência respiratória (FR) foi tomada a contagem dos movimentos respiratórios na região do flanco do animal durante 15s com o auxílio de um cronômetro, sendo a contagem observada multiplicada por 4 obtendo o valor em mov.min⁻¹. A frequência cardíaca (FC) foi obtida com estetoscópio, através da contagem dos batimentos cardíacos durante 15s, e a contagem observada foi multiplicada por 4 obtendo o valor em bat.min⁻¹.

Todas as variáveis fisiológicas supracitadas foram tomadas em todos os animais, pela manhã e pela tarde, durante todos os dias do experimento.



Figura 8 – Medidas fisiológicas na sala de ordenha. Temperatura retal (a); Frequência cardíaca (b); Temperatura de pelame, TPB, TPP e TU (c).

3.2.5.3 Produção e composição do leite

A produção de leite foi medida diariamente, duas vezes ao dia, em todos os 32 animais durante todo o período experimental. Foram coletadas duas amostras do leite de cada animal, no início e no final do experimento para a realização de análises. As amostras para análise da densidade, crioscopia e acidez, foram enviadas para a Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB, devidamente refrigeradas. Para a contagem de células somáticas (CCS) e composição química (gordura, proteína, lactose, extrato seco total e extrato seco desengordurado), o leite coletado foi armazenado em frascos plásticos com capacidade para

50mL, contendo duas pastilhas de conservante (bronopol), e enviados para a Clínica do Leite, ESALQ – USP, de acordo com as normas do laboratório. A metodologia utilizada para a realização das análises de CCS foi a Citometria de fluxo e, para a composição foi Infravermelho. As análises de densidade, crioscopia e acidez, foram feitas de acordo com a normatização do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2003).



Figura 9 – Coleta de amostras do leite.
(a) Amostras para Clínica do leite; (b) Amostras para a UESB.

3.2.6 Delineamento experimental e análise estatística

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado com os animais sendo utilizados como repetições.

A análise de variância foi conduzida, para as variáveis ambientais, da mesma forma que para as variáveis de produção e fisiológicas. Os dados foram analisados em arranjo fatorial. O modelo incluiu como causas de variação, os tratamentos (T1, T2, T3 e T4), os turnos (manhã e tarde) e a interação entre os tratamentos e os turnos. Quando a interação foi significativa, ela foi desdobrada com a intenção de comparar os efeitos dos tratamentos em cada turno. As médias dos tratamentos foram comparadas utilizando o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Também foi realizada a análise das correlações entre as variáveis ambientais e fisiológicas, além da análise de regressão linear múltipla entre as variáveis ambientais e a produção de leite.

As análises dos dados foram realizadas usando-se os softwares Excel com o pacote Analise-it e o SPSS vrs. 13.0 e o software R.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Experimento 1

4.1.1 Eficiência dos protótipos de resfriamento evaporativo e nebulizador

As Figuras 10 e 11 mostram, para as espessuras da placa evaporativa de 50 e 30mm, respectivamente, a variação da eficiência do sistema I (protótipo de resfriamento evaporativo), estimada pela fórmula de ASHRAE (1983), citado por Vigoderis (2002) com os valores de temperatura de bulbo seco e úmido do ar antes de passar pela placa evaporativa e a temperatura de bulbo seco do ar após passagem pelo protótipo.

Este equipamento obteve eficiência máxima de 74,51%, média de 42,97% e mínima de 21,33%, durante o dia (9:30 às 18:00h), para a espessura de 50mm. Quando a espessura do material poroso foi reduzida para 30mm, o valor máximo de eficiência alcançada pelo protótipo foi de 98,1%, média de 64,0% e mínima de 39,4%, no período entre 10:30 às 16:30h. Em razão da porosidade da argila expandida, foi percebido que certa quantidade de água era jogada dentro do protótipo, principalmente quando a menor espessura era avaliada.

A melhor eficiência da espessura de 30mm, deveu-se provavelmente à obstrução à passagem do ar, provocada pelo aumento da espessura, intensificando-se a perda de sucção do ar, pelo ventilador, através do material poroso.

Foi verificado ainda que, o protótipo em questão possuía boa eficiência na redução da temperatura de saída, porém o seu alcance se limitava a uma área de apenas 1,5m². Esse desempenho pode ser explicado pelo tipo de ventilador utilizado na construção do equipamento, o qual não tinha força para vencer a pressão estática causada pela massa de argila expandida. Outro fator que limitou ampliar as pesquisas foi o fato de que, não possuíamos um ventilador de maior potência e conseqüentemente maior capacidade de sucção do ar.

Concluiu-se que, o sistema necessitará de mais pesquisas e análises, pois foi testado apenas com duas espessuras (30 e 50mm) de camada de material poroso (argila expandida).

A argila expandida mostrou ser um material eficiente e apropriado para ser utilizado na climatização de instalações para animais, porém recomenda-se que estes equipamentos sejam utilizados em ambientes fechados, podendo assim alcançar maiores valores de eficiência na redução da temperatura do ar e na minimização do estresse térmico.

Assim, poderão ser procedidos testes de eficiência de resfriamento do equipamento com diferentes espessuras da camada porosa e vazões de água, no futuro.

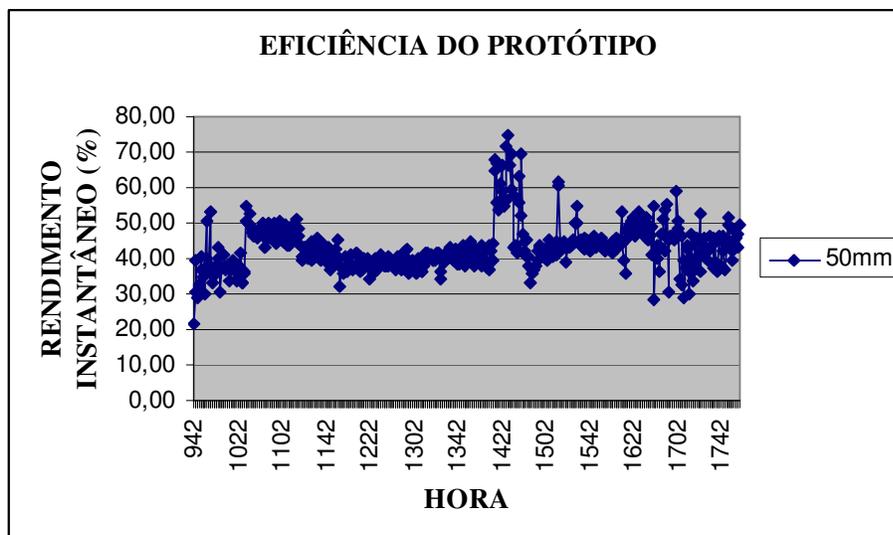


Figura 10 – Eficiência do protótipo de resfriamento evaporativo, com uso da espessura de 50mm do painel evaporativo.

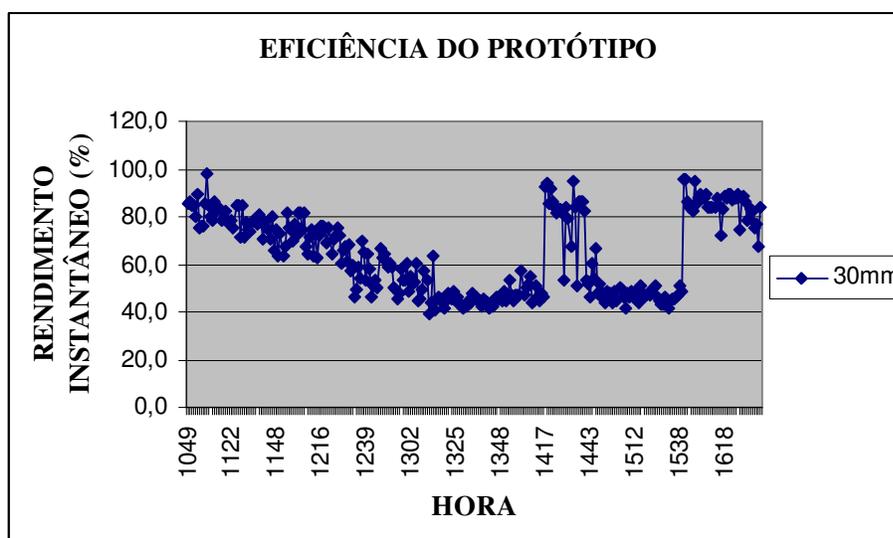


Figura 11 – Eficiência do protótipo de resfriamento evaporativo, com uso da espessura de 30mm do painel evaporativo.

As figuras 12 e 13, apresentadas abaixo, mostram o potencial de redução da temperatura ambiente, por meio do sistema de nebulização e ventilação forçada (sistema II), obtido pela diferença entre a temperatura do ar seco e a temperatura do ponto de orvalho, considerando-se uma eficiência de 100% e 80%, verificado em diferentes posições dos sensores em relação ao equipamento.

Para o sistema II (ventilação forçada associada à nebulização), o potencial de redução máximo foi de 14,35°C, médio de 7,82°C e mínimo de 1,44°C, considerando uma eficiência de redução da temperatura de 100%. Quando a eficiência considerada foi de 80%, recomendado

por alguns autores, o valor máximo alcançado pelo sistema foi de 11,48°C, médio de 6,25°C e mínimo de 1,15°C.

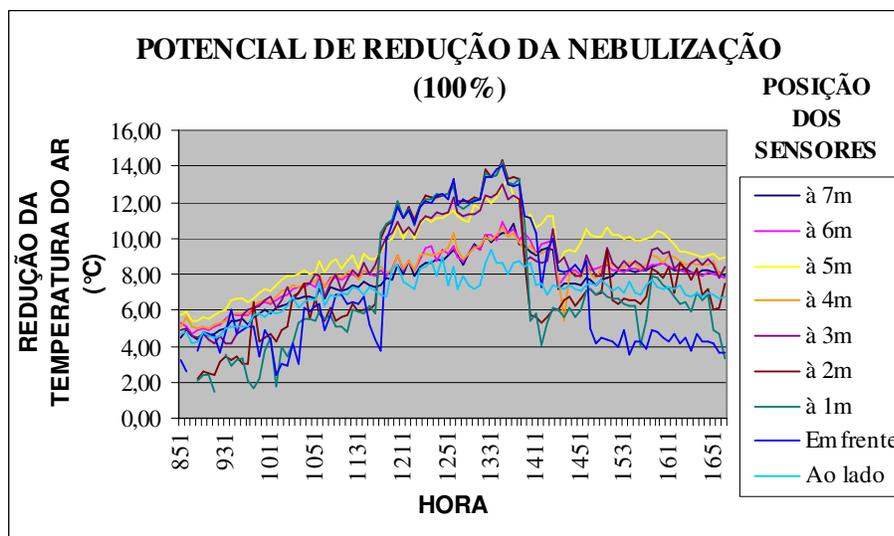


Figura 12 – Potencial de redução da temperatura ambiente, considerando-se uma eficiência de 100%, por meio do sistema de nebulização associado à ventilação forçada, em diferentes posições dos sensores em relação ao equipamento.

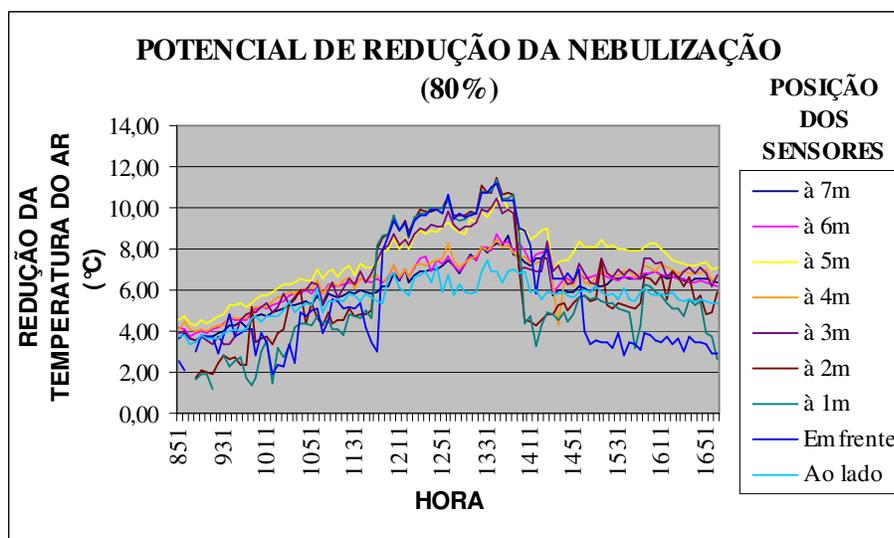


Figura 13 – Potencial de redução da temperatura ambiente, considerando-se uma eficiência de 80%, por meio do sistema de nebulização associado à ventilação forçada, em diferentes posições dos sensores em relação ao equipamento.

Observou-se que o sistema II atingiu todas as posições onde estavam localizados os sensores, apresentando nos gráficos comportamentos visuais semelhantes. Os valores médios do potencial de redução da temperatura para as diferentes distâncias (à 7m; à 6m; à 5m; à 4m; à

3m; à 2m ;à 1m; em frente; ao lado) em relação ao equipamento foram: 7,64°C; 7,97°C; 9,31°C; 8,06°C; 8,53°C; 7,13°C; 7,10 °C; 6,96°C, considerando 100% de eficiência, e de 6,11°C; 6,38°C; 7,45°C; 6,45°C; 6,82°C; 6,12°C; 5,71°C; 5,68°C; 5,56°C, considerando 80% de eficiência, respectivamente.

Nos horários entre 12:00 e 14:00h, os quais apresentam maiores temperaturas do ar, durante o dia, o potencial de redução da temperatura ambiente apresentou valores maiores. Conforme comentam Campos et al., (2002), quanto maior o valor de Umidade Relativa, mais próximo da saturação se encontra o ar ambiente e, por conseguinte, menores volumes de água poderão ser inseridos, visando à redução adiabática da temperatura. Por outro lado, quanto maior a temperatura ambiente, maior é o potencial de redução de temperatura por meios evaporativos.

Tinoco (2000) afirma que o sistema de resfriamento evaporativo possibilita uma redução da temperatura do ar em até 11°C, em algumas regiões, sendo que, no Brasil, a média desta redução é de 6°C. O valor médio de redução da temperatura do ar encontrado pelo sistema II, considerando todos os sensores, independente das suas posições em relação à posição do sistema de nebulização associado à ventilação forçada, foi de 6,25°C.

A eficiência verificada através do rendimento considerando 100% de rendimento (Figura 14), foi de 70,47 média, 74,62% máxima e 67,48 mínima. Já para uma eficiência de 80% (figura 15) os valores foram 56,37% médio, 59,69% máximo e 53,98% mínimo.

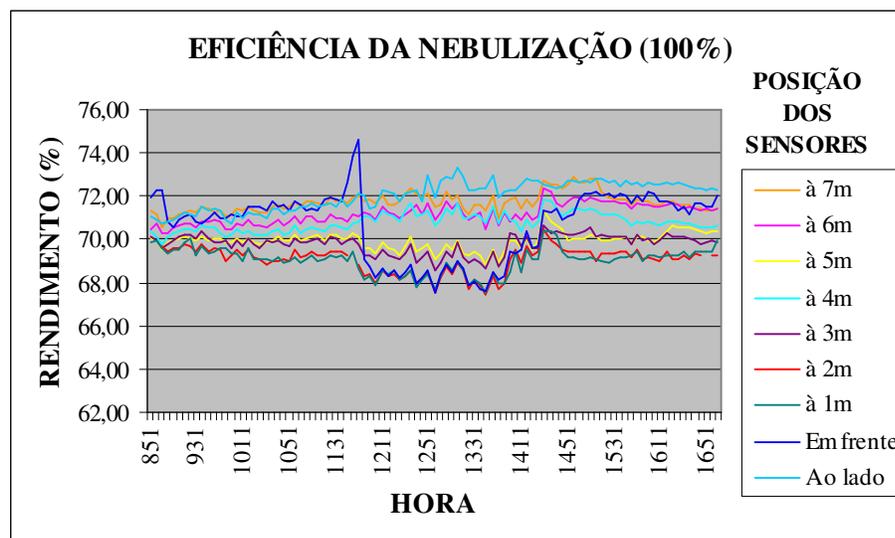


Figura 14 – Eficiência do sistema de nebulização associado à ventilação forçada, considerando-se 100%, em diferentes posições dos sensores em relação ao equipamento.

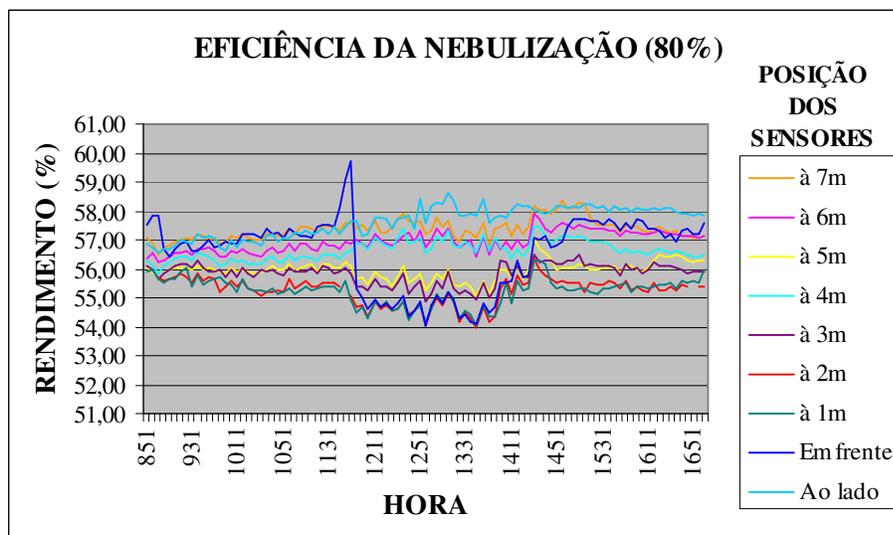


Figura 15 – Eficiência do sistema de nebulização associado à ventilação forçada, considerando-se 80%, em diferentes posições dos sensores em relação ao equipamento.

Em função dos resultados encontrados na realização dos testes com os sistemas I e II, demonstrando que o sistema II atingiu um maior alcance (7m), em relação ao I (1,5m), aliado a facilidade de operação e construção do sistema de nebulização, além de seu baixo custo, o sistema II foi escolhido para ser utilizado na segunda fase experimental.

4.2. Experimento 2

A Tabela 2 apresenta os registros climáticos médios e amplitudes, coletados pela estação meteorológica no período experimental, durante a aplicação dos tratamentos na sala de ordenha no período da manhã e da tarde.

Tabela 2 – Médias e amplitudes diárias das variáveis meteorológicas registradas pela mini estação meteorológica na sala de ordenha, durante o período experimental

Variáveis	Período de 30 dias (28/01 à 26/02/2008)	Manhã (1ª ordenha)	Tarde (2ª ordenha)	Amplitude
Temperatura máxima (°C)	24,20	24,39	23,96	17,2 a 34,9
Temperatura mínima (°C)	18,37	19,04	17,55	13,9 a 22,3
Umidade relativa (%)				
Dentro da sala	64,16	71,84	54,81	34 a 85
Fora da sala	71,21	73,48	68,44	33 a 95
Temperatura (°C)				
Dentro da sala	24,85	23,23	26,77	19,3 a 38
Fora da sala	24,26	24,48	23,99	17,2 a 34,9
Velocidade do vento (m/s)	0,55	0,71	0,36	0,0 a 4,3
Chuvas (mm)	6,23	–	–	0,0 a 57,0

A partir destes valores nota-se que as condições climáticas coletadas na fase experimental, em relação à temperatura máxima média foram de 24,20°C, porém, observando a amplitude, verificou-se que houve momentos em que a temperatura ultrapassou este valor alcançando 34,9°C, ou seja, potencialmente estressante para vacas leiteiras. Os valores médios para esta variável foram maiores na 1ª ordenha (6:00 às 9:30h) do que na 2ª ordenha (4:30 às 19:30). Isto pode ser justificado pelo fato da segunda ordenha iniciar no final da tarde (16:30h), quando a temperatura começa cair.

O período experimental foi caracterizado também pela ocorrência de chuvas. A precipitação média diária foi de 6,23mm, totalizando 187mm de precipitação acumulada no período de 30 dias, o que corresponde a 15,02% do total de precipitação anual do ano anterior (2007) que foi de 1245mm. Em função da pluviosidade, ocorreram algumas limitações do uso do sistema de resfriamento evaporativo, de modo que o mesmo não foi acionado em alguns momentos do dia.

4.2.1 Parâmetros climáticos

Numa análise expedita, no que se refere à sala de ordenha, os tratamentos T1=ASP(ESP)/V+N(ORD) e T3=V+N(ORD) e os tratamentos T2=ASP(ESP) e T4=CONTROLE deveriam se equivaler e, de forma análoga, na sala de espera, os tratamentos T1=ASP(ESP)/V+N(ORD) e T2=ASP(ESP), bem como T3=V+N(ORD) e T4=CONTROLE. Contudo, a influência da radiação solar tanto na sala de espera quando na cobertura da sala de ordenha, bem como a emissão de energia térmica pelos animais, na sala de ordenha (os quais podem ter sua superfície seca ou molhada) pode levar a diferenças, ainda que pequenas, nos ambientes. Portanto, a análise de variância foi conduzida, para estas variáveis, da mesma forma que para as variáveis de produção e fisiológicas.

4.2.1.1 Temperatura de bulbo seco

Para a temperatura de bulbo seco (TBS), a análise de variância (Tabela 3) mostrou efeito de tratamento, do turno e da interação tratamento x turno na sala de ordenha. Para a sala de espera, esta análise mostrou o efeito apenas de turno e da interação tratamento x turno.

Tabela 3 – Análise de variância para a temperatura de bulbo seco na sala de ordenha e na sala de espera

Local	CV	G.L.	SQ	QM	F	Prob
Sala de ordenha	Tratamento	3	38,65	12,88	10,01*	7,677X10 ⁻⁰⁷
	Turno	1	441,40	441,40	359,779*	<2,2x10 ⁻¹⁶
	Tratamento X Turno	3	612,49	204,16	166,412*	<2,2x10 ⁻¹⁶
	Resíduo	1625	1993,64	1,23		
Sala de espera	Tratamento	3	24,1	8,0	1,4881	0,2159
	Turno	1	525,2	525,2	97,4738*	<2x10 ⁻¹⁶
	Tratamento X Turno	3	2034,0	678,0	125,8405*	<2x10 ⁻¹⁶
	Resíduo	1625	8755,3	5,4		

* significativo a menos de 5% de probabilidade.

A comparação das médias (Tabela 4) mostrou que, na sala de ordenha, a temperatura de bulbo seco, no turno da tarde, foi maior que no turno da manhã com exceção do tratamento T4=CONTROLE. No turno da manhã, todos os tratamentos diferiram entre si, sendo que T1=ASP (ESP)/V+N (ORD) apresentou o menor valor e T4=CONTROLE a maior. No turno da tarde, não houve diferença entre T3=V+N(ORD) e T4=CONTROLE e entre T1=ASP (ESP)/V+N (ORD) e T2=ASP (ESP) sendo que estes dois últimos tratamentos apresentaram maiores valores de TBS.

Na sala de espera (Tabela 4), houve efeito de turno em todos os tratamentos, com os tratamentos T3=V+N(ORD) e T4=CONTROLE apresentando temperaturas à tarde menores que pela manhã e com T1=ASP (ESP)/V+N (ORD) e T2=ASP (ESP) apresentando temperaturas maiores no período da tarde. No período da manhã, todos os tratamentos diferiram entre si, sendo que T1=ASP (ESP)/V+N (ORD) apresentou o menor valor e T4=CONTROLE a maior. No turno da tarde, também todos os tratamentos diferiram entre si. Contudo, T1=ASP (ESP)/V+N (ORD) apresentou o maior valor e T4=CONTROLE o menor.

Tabela 4 – Médias da temperatura de bulbo seco (°C) nas salas de espera e de ordenha, nos turnos da manhã e da tarde, ao longo do período experimental

LOCAL	TURNO*	TRATAMENTO**			
		T1	T2	T3	T4
Espera	Manhã	23,3aA	23,5aB	25,1aC	25,9aD
	Tarde	25,2bA	24,2bB	23,0bC	22,1bD
	Geral	24,2	23,9	24,1	24,1
Ordenha	Manhã	21,3aA	21,8aB	22,6aC	23,2aD
	Tarde	24,0bA	24,0bA	23,1bB	22,8bB
	Geral	22,6	22,9	22,8	23,1

* médias seguidas de mesma letra minúscula, na coluna, não diferem ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

** médias seguidas de mesma letra maiúscula, na linha, não diferem ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Os valores para a temperatura de bulbo seco mostraram-se acima do ideal para vacas em lactação, em todos os tratamentos, os quais, segundo Müller (1982), estão entre 0 a 21°C, para o

gado leiteiro. Ainda segundo esse autor, nas temperaturas de 21 a 27°C o rendimento diminuiu ligeiramente; entretanto, quando passa de 27°C a diminuição é bem marcada.

Martello et al., (2004a) observaram que os equipamentos de climatização propiciaram nos horários de 11 às 13h, reduções na TBS de 2,9 e 3,9°C, em relação ao tratamento controle. Arcaro Júnior et al., (2003b), encontraram diminuição na temperatura de bulbo seco de 29,34°C para 22,94°C, antes e depois da aplicação de ventilação e aspersão em sala de espera. Perissinoto et al. (2006a) avaliando o efeito da utilização de sistemas de climatização, nebulização e aspersão, conjugados à ventilação forçada, verificaram diferenças entre os tratamentos, sendo que a nebulização foi mais eficiente na redução da temperatura ambiente.

4.2.1.2 Temperatura de bulbo úmido

Para a temperatura de bulbo úmido (TBU), a análise de variância (Tabela 5), mostrou efeito de tratamento e turno e da interação tratamento X turno, na sala de ordenha. Na sala de espera, houve efeito de turno e da interação tratamento turno, mas não houve efeito de tratamento.

Tabela 5 – Análise de variância para a temperatura de bulbo úmido na sala de ordenha e na sala de espera

Local	CV	G.L.	SQ	QM	F	Prob
Sala de ordenha	Tratamento	3	36,50	12,17	11,402	$2,120 \times 10^{-07}$
	Turno	1	323,31	323,31	302,996	$< 2,2 \times 10^{-16}$
	Tratamento X Turno	3	71,05	23,68	22,195	$4,377 \times 10^{-14}$
	Resíduo	1625	1733,95	1,07		
Sala de espera	Tratamento	3	5,1	1,7	0,8039	0,4917
	Turno	1	90,1	90,1	42,8069	$8,074 \times 10^{-11}$
	Tratamento X Turno	3	389,5	129,8	61,6634	$< 2,2 \times 10^{-16}$
	Resíduo	1625	3421,0	2,1		

* significativo a menos de 5% de probabilidade.

Na comparação das médias (Tabela 6), na sala de ordenha, encontrou-se efeito de turno em todos os tratamentos, com as temperaturas de bulbo úmido sendo maior no turno da tarde. No turno da manhã, T1=ASP (ESP)/V+N (ORD) e T2=ASP (ESP) apresentaram as menores temperaturas de bulbo úmido e não diferiram entre si, bem como T3=V+N(ORD) e T4=CONTROLE, sendo que estes apresentaram as maiores temperaturas. Na sala de espera, apenas não houve diferença entre o turno da manhã e o da tarde, no tratamento T2=ASP (ESP). No turno da manhã, T1=ASP (ESP)/V+N (ORD) e T2=ASP (ESP) não diferiram entre si e apresentaram as menores temperaturas de bulbo úmido. Ainda no turno da manhã, T3=V+N(ORD) e T4=CONTROLE não diferiram entre si e apresentaram os maiores valores de

temperatura de bulbo úmido. No turno da tarde, T4=CONTROLE apresentou os menores valores da temperatura de bulbo úmido e T1=ASP (ESP)/V+N (ORD) e T2=ASP (ESP) os maiores, sendo que estes não diferiram entre si.

Tabela 6 – Médias da temperatura de bulbo úmido (°C) nas salas de espera e de ordenha, nos turnos da manhã e da tarde, ao longo do período experimental

LOCAL	TURNO*	TRATAMENTO**			
		T1	T2	T3	T4
Espera	Manhã	21,3aA	21,4aA	22,2aB	22,5aB
	Tarde	22,1bA	21,8aA	21,3bB	20,8bC
	Geral	21,7	21,6	21,8	21,7
Ordenha	Manhã	20,4aA	20,6aA	20,9aB	21,1aB
	Tarde	21,6bA	22,1bB	21,5bA	21,6bA
	Geral	21,0	21,4	21,2	21,3

* médias seguidas de mesma letra minúscula, na coluna, não diferem ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

** médias seguidas de mesma letra maiúscula, na linha, não diferem ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

4.2.1.3 Temperatura de globo negro

Para a temperatura de globo negro (TGN), a análise de variância (Tabela 7), mostrou efeito de tratamento, de turno, e da interação tratamento X turno, tanto na sala de ordenha como na de espera.

Tabela 7. – Análise de variância para a temperatura de globo negro na sala de ordenha e na sala de espera

Local	CV	G.L.	SQ	QM	F	Prob
Sala de ordenha	Tratamento	3	44,84	14,95	9,0203	$6,34 \times 10^{-06}$
	Turno	1	1268,56	1268,56	765,5406	$<2,2 \times 10^{-16}$
	Tratamento X Turno	3	1194,91	398,30	240,3666	$<2,2 \times 10^{-16}$
	Resíduo	1625	2692,74	1,66		
Sala de espera	Tratamento	3	182,2	60,7	4,4826	0,003853
	Turno	1	3054,8	3054,8	225,4641	$<2,2 \times 10^{-16}$
	Tratamento X Turno	3	3397,4	1132,5	83,5831	$<2,2 \times 10^{-16}$
	Resíduo	1625	22017,1	13,5		

* significativo a menos de 5% de probabilidade.

Na comparação das médias (Tabela 8), na sala de ordenha, houve diferença entre o turno da manhã e o da tarde para os tratamentos, com exceção apenas do tratamento T4=CONTROLE. Todos os demais apresentaram maiores valores de temperatura de globo negro no período da tarde. Na sala de espera, também houve diferença entre os turnos. No período da manhã, todos os tratamentos diferiram entre si sendo que T1=ASP (ESP)/V+N

(ORD) apresentou os menores valores da temperatura de globo negro e T4=CONTROLE os maiores. Também no período da tarde, todos os tratamentos diferiram entre si, com T1=ASP (ESP)/V+N (ORD) apresentando os maiores valores e T4=CONTROLE os menores, para a temperatura de globo negro.

Tabelas 8 – Médias da temperatura de globo negro nas salas de espera e de ordenha, nos turnos da manhã e da tarde, ao longo do período experimental

LOCAL	TURNO*	TRATAMENTO**			
		T1	T2	T3	T4
Espera	Manhã	24,5aA	25,1aB	27,5aC	28,5aD
	Tarde	25,7bA	24,7bB	23,4bC	22,4bD
	Geral	25,1	24,9	25,6	25,7
Ordenha	Manhã	21,6aA	22,3aB	23,3aC	24,3aD
	Tarde	25,8bA	25,3bB	24,5bC	24,0aD
	Geral	23,7	23,8	23,9	24,1

* médias seguidas de mesma letra minúscula, na coluna, não diferem ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

** médias seguidas de mesma letra maiúscula, na linha, não diferem ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Damasceno et al., (1999) observaram menores valores de TGN em abrigos providos de sombra constante ou limitados, durante o dia, refletindo em menor TGN médio no local de 29,4 contra 28,7. Neste contexto, Fuquay et al., (1979), também observaram reduções nos valores de TGN para os tratamentos aplicados (ventilação, ar condicionado e aspersão de água no telhado) em instalações para vacas leiteiras, em relação ao tratamento controle.

Da mesma maneira, Souza et al., (2004a) encontraram temperatura de globo máxima menor para o grupo de animais que estavam sob climatização (37,77°C), significando que esses animais estavam sob melhores condições térmicas dentro do ambiente climatizado que o grupo sem nenhum tipo de climatização (39,79°C). Assim como Arcaro Júnior et al., (2003b) encontraram diferença significativa entre os valores obtidos antes e após a aplicação do tratamento ventilação e aspersão de 29,01°C para 22,49°C. Perissinoto et al. (2006a) também encontraram temperatura de globo negro significativamente menor para o tratamento nebulização e ventilação forçada comparado com o tratamento aspersão e ventilação forçada.

Martello et al. (2004b) observando as respostas fisiológicas e produtivas de vacas Holandesas em lactação submetidas a diferentes ambientes (controle; climatizado; tela de sombreamento) verificaram que o local com climatização apresentou menor valor para a temperatura de globo negro (26,3°C) em relação ao controle (27,3°C) e ao de tela (27,5°C).

4.2.1.4 Índice de temperatura e umidade (THI)

A Tabela 9 apresenta os resultados da análise de variância para o THI. Na sala de ordenha houve efeito de tratamento, de turno e da interação tratamento X turno. Na sala de espera, não houve efeito de tratamento, mas houve efeito de turno e da interação tratamento X turno.

Tabela 9 – Análise de variância para o Índice de temperatura e umidade (THI) na sala de ordenha e na sala de espera

Local	CV	G.L.	SQ	QM	F	Prob
Sala de ordenha	Tratamento	3	68,3	22,8	11,559	$1,693 \times 10^{-07}$
	Turno	1	757,0	757,0	384,303	$< 2,2 \times 10^{-16}$
	Tratamento X Turno	3	759,6	253,2	128,553	$< 2,2 \times 10^{-16}$
	Resíduo	1625	3200,7	2,0		
Sala de espera	Tratamento	3	29,6	9,9	1,2799	0,2797
	Turno	1	688,9	688,9	89,2688	$< 2 \times 10^{-16}$
	Tratamento X Turno	3	2728,1	909,4	117,8435	$< 2 \times 10^{-16}$
	Resíduo	1625	12539,7	7,7		

* significativo a menos de 5% de probabilidade.

A comparação das médias (Tabela 10) mostrou, para a sala de ordenha, que não houve efeito de turno apenas no tratamento T4=CONTROLE com os demais apresentando THI maior, no turno da tarde. Na comparação dos tratamentos, no período da manhã, T1=ASP (ESP)/V+N (ORD) e T2=ASP (ESP) não diferiram entre si, bem como T3=V+N(ORD) e T4=CONTROLE. Os dois primeiros tratamentos apresentaram os menores THI e os dois últimos, os maiores. No período da tarde, também ocorreu que T1=ASP (ESP)/V+N (ORD) e T2=ASP (ESP) não diferiram entre si, bem como T4=CONTROLE e T3=V+N(ORD). Contudo, neste turno, os dois primeiros tratamentos apresentaram os maiores valores, e os dois últimos os menores.

Tabela 10 – Médias do Índice de temperatura e umidade (THI) nas salas de espera e de ordenha, nos turnos da manhã e da tarde, ao longo do período experimental

LOCAL	TURNO*	TRATAMENTO**			
		T1	T2	T3	T4
Espera	Manhã	72,4aA	72,8aA	74,6aB	75,5aC
	Tarde	74,6bA	73,6aA	72,2bB	71,1bC
	Geral	73,5	73,2	73,4	73,5
Ordenha	Manhã	70,2aA	70,8aA	71,6aB	72,4aB
	Tarde	73,2bA	73,4bA	72,3bB	72,1aB
	Geral	71,7	72,1	71,9	72,2

* médias seguidas de mesma letra minúscula, na coluna, não diferem ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

** médias seguidas de mesma letra maiúscula, na linha, não diferem ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Na sala de espera, apenas para o tratamento T2=ASP (ESP), não houve efeito de turno. Para os tratamentos T3=V+N(ORD) e T4=CONTROLE o THI diminuiu no período da tarde e para T1=ASP (ESP)/V+N (ORD) e T2=ASP (ESP) o THI aumentou. Na comparação entre tratamentos, no período da manhã, os tratamentos T1=ASP (ESP)/V+N (ORD) e T2=ASP (ESP) não diferiram entre si, e apresentaram os menores valores de THI. Os tratamentos T3=V+N(ORD) e T4=CONTROLE difeririam entre si e dos demais. No período da tarde, ocorreu o mesmo, porém, os tratamentos T1=ASP (ESP)/V+N (ORD) e T2=ASP (ESP) passaram a exibir os maiores valores de THI.

Keister et al., (2002) observaram que as modificações ambientais, demonstraram melhorias na temperatura do ar sob a sombra, mas aumentaram consideravelmente a umidade. O THI apresentado foi de 78 e 80, para animais resfriados e não resfriados, respectivamente. Essa pequena diferença no THI foi correlacionada com os aumentos da frequência respiratória e temperatura externa do úbere, nos tratamentos sem resfriamento.

Wise et al., (1988), em estudo com vacas em lactação, observando a influência do estresse térmico sob a secreção de hormônios e alguns parâmetros fisiológicos, encontraram valores médios de THI de 74,2 e 86,2, para vacas climatizadas e não climatizadas, respectivamente.

Neste contexto, Martello et al., (2004a) trabalhando com três instalações, (controle, com aspersão associada à ventilação e com tela de sombreamento) observaram que os índices, THI, apresentaram valores menores na instalação climatizada em relação às demais, nos horários mais quentes do dia.

Assim como Souza et al., (2004a) que analisando as condições ambientais em “freestall” para bovinos de leite, verificaram que o índice THI (72 e 76) médio, para o grupo com climatização (ventilação e nebulização), foram menores quando comparados ao grupo sem climatização, respectivamente.

Perissinoto et al. (2006a) comparando dois tratamentos (nebulização e aspersão) conjugados com a ventilação forçada, encontraram que o THI não diferiu estatisticamente entre os tratamentos. O mesmo ocorreu no trabalho de Martello et al. (2004b), onde os valores de THI foram 76,0; 75,0; 75,5, para os tratamentos controle, climatização e tela de sombreamento, respectivamente.

Estudos realizados com vacas Holandesas em lactação, na sala de espera, no município de Nova Odessa – SP apontaram que, a ventilação forçada associada à aspersão, mostrou-se eficiente reduzindo a temperatura do índice de conforto térmico THI de 74,9 para 70,2, e como esperado, obteve aumento na umidade relativa do ar (ARCARO JÚNIOR et al., 2005).

4.2.1.5 Índice de temperatura de globo e umidade (WBGT)

A Tabela 11 mostra os resultados da análise de variância, para o WBGT, na sala de ordenha e na sala de espera. Não se encontrou efeito significativo apenas para tratamento, na sala de espera. Para todas as demais causas de variação, houve efeito significativo.

Tabela 11 – Análise de variância para o Índice de temperatura de globo e umidade (WBGT) na sala de ordenha e na sala de espera

Local	CV	G.L.	SQ	QM	F	Prob
Sala de ordenha	Tratamento	3	33,84	11,28	11,879	$1,073 \times 10^{-07}$
	Turno	1	478,38	478,38	503,724	$< 2,2 \times 10^{-16}$
	Tratamento X Turno	3	223,56	74,52	78,468	$< 2,2 \times 10^{-16}$
	Resíduo	1625	1543,25	0,95		
Sala de espera	Tratamento	3	19,9	6,6	1,8867	0,1298
	Turno	1	400,4	400,4	113,7623	$< 2 \times 10^{-16}$
	Tratamento X Turno	3	896,7	298,9	84,9309	$< 2 \times 10^{-16}$
	Resíduo	1625	5718,8	3,5		

* significativo a menos de 5% de probabilidade.

Na comparação entre as médias (Tabela 12) encontrou-se, para a sala de ordenha, efeito de turno para todos os tratamentos, com exceção apenas do tratamento T4=CONTROLE. Os demais apresentaram maiores valores de WBGT, no turno da tarde. No período da manhã, todos os tratamentos diferiram entre si, com T1=ASP (ESP)/V+N (ORD) apresentando os menores valores de WBGT e T4=CONTROLE os maiores. No período da tarde, T1=ASP (ESP)/V+N (ORD) e T2=ASP (ESP) não diferiram entre si, bem como T3=V+N(ORD) e T4=CONTROLE, sendo que os dois primeiros apresentaram os maiores valores e os dois últimos os menores.

Tabela 12 – Médias do Índice de temperatura de globo e umidade (WBGT) nas salas de espera e de ordenha, nos turnos da manhã e da tarde, ao longo do período experimental

LOCAL	TURNO*	TRATAMENTO**			
		T1	T2	T3	T4
Espera	Manhã	22,1aA	22,4aA	23,5aB	24,1aC
	Tarde	23,1bA	22,6aA	21,9bB	21,3bB
	Geral	22,6	22,5	22,8	22,8
Ordenha	Manhã	20,7aA	21,1aB	21,5aC	22,0aD
	Tarde	22,6bA	22,9bA	22,3bB	22,2aB
	Geral	21,7	22,0	21,9	22,1

* médias seguidas de mesma letra minúscula, na coluna, não diferem ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

** médias seguidas de mesma letra maiúscula, na linha, não diferem ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Para a sala de espera, não se encontrou efeito de turno apenas para o tratamento T2=ASP (ESP). Para os demais, T1=ASP (ESP)/V+N (ORD) apresentou maiores valores á

tarde e os demais, menores. No turno da manhã, apenas T1=ASP (ESP)/V+N (ORD) não diferiu de T2=ASP (ESP). Neste turno, T1=ASP (ESP)/V+N (ORD) e T2=ASP (ESP) apresentaram os menores valores de WBGT e T4=CONTROLE os maiores. No turno da tarde, ocorreu o mesmo, porém, com T3=V+N(ORD) e T4=CONTROLE apresentando os menores valores.

A variação dos valores de WBGT ocorre, principalmente, em virtude do comportamento diário da radiação solar, temperatura de globo negro, temperatura do ponto de orvalho e da temperatura ambiente. (ARAÚJO, 2001). O mesmo autor verificou reduções nos valores do WBGT em instalações Tie-stall e Free-stall (20,87; 19,56), providas de ventilação e nebulização, comparadas ao estábulo e ao campo (23,67; 25,05), comprovando a eficiência de se controlar o meio ambiente através de auxílios que diminuem a temperatura e a umidade ambiente, proporcionando melhorias das condições térmicas.

4.2.2 Parâmetros fisiológicos

4.2.2.1 Temperatura retal (TR)

Para a temperatura retal, a análise de variância não identificou a presença de efeito de tratamento e nem da interação entre tratamento e turno ($P < 0,05$). Porém, houve efeito de turno. Esse efeito foi verificado em todos os tratamentos, que apresentaram valores maiores no turno da tarde. Na Tabela 13 são apresentados os valores médios e desvios verificados para a temperatura retal (TR) durante o período experimental.

Tabela 13 – Temperatura retal média diária ($^{\circ}\text{C}$) para cada tratamento em cada turno

Turno	Tratamento**							
	T1		T2		T3		T4	
	Média	Desvio	Média	Desvio	Média	Desvio	Média	Desvio
Manhã	38,3A	0,5	38,4A	0,5	38,5A	0,5	38,3A	0,6
Tarde	39,1B	0,8	39,1B	0,7	39,2B	0,7	39,1B	0,7
Dia	38,7	0,8	38,8	0,7	38,8	0,7	38,7	0,7

**Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas colunas, não diferem entre si a 5% de prob. pelo teste de Tukey.

De maneira semelhante, Arcaro Júnior et al. (2003a), avaliando a climatização da sala de espera e seus reflexos na fisiologia e produção de vacas em lactação, utilizando os seguintes tratamentos: sala de espera sem ventilação ou aspersão; com ventilação; e com ventilação mais aspersão, não observaram diferença significativa entre os tratamentos com o acionamento dos sistemas para a TR.

Os valores médios de temperaturas retais, encontrados no presente experimento, em todos os tratamentos e turnos, situaram-se dentro da faixa (37,5 a 39,3°C) considerada como normal por Silva (2000), para a variável em questão, o que indica condições favoráveis de conforto térmico. No entanto, observaram-se valores numéricos de TR acima desta faixa durante o período experimental, principalmente no turno da tarde. Neste os valores encontrados foram superiores aos do turno da manhã em todos os tratamentos.

A Figura 16 mostra a evolução diária da temperatura retal média, ao longo do período experimental. Verificou-se um aumento médio de 0,75°C no turno da tarde em relação ao turno da manhã nas medidas de temperatura retal em todos os tratamentos.

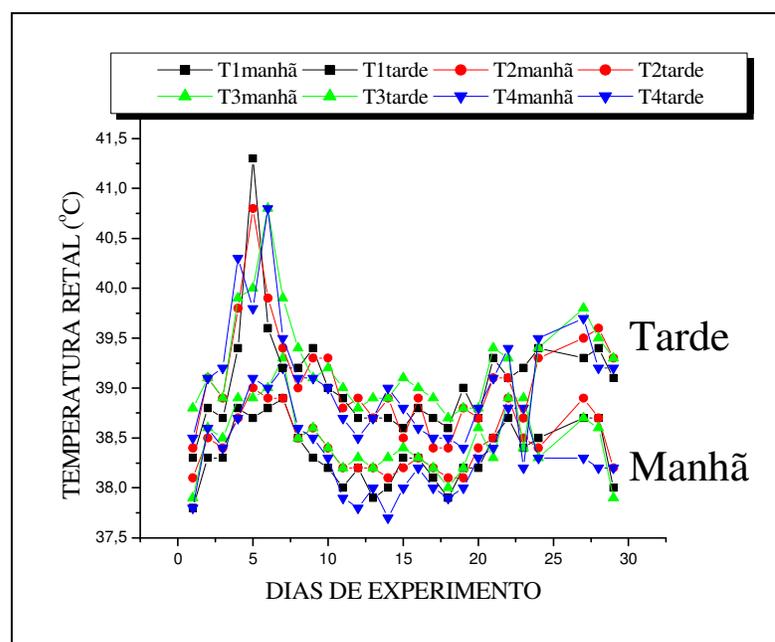


Figura 16 – Temperatura retal média diária de cada tratamento, em cada um dos turnos.

Os estudos realizados por Damasceno et al. (1998), Martello (2002), Perissinoto et al. (2006a) também observaram uma tendência da elevação da TR ao longo do dia, apresentando temperaturas retais médias maiores no período da tarde. Da mesma forma, Nääs e Arcaro Júnior (2001) registraram TR mais elevada à tarde (38,52°C; 39,01°C; 38,59°C) do que pela manhã (38,07°C; 38,72°C; 37,09°C), porém os três tratamentos aplicados nos animais (sombra; sombra e ventilação; sombra, ventilação e aspersão, respectivamente) não apresentaram diferenças significativas.

Por outro lado, Arcaro Júnior (2000) observou diferença na temperatura retal de vacas em lactação mantidas em ambiente com sombra (S), sombra e ventilação (SV), sombra ventilação e aspersão (SVA). Sendo que o tratamento SV apresentou a menor média (38,13°C),

seguido do tratamento S (38,18°C) e do SVA (38,33°C). Flamenbaum et al. (1986), também encontraram diferenças entre os valores de temperaturas retais em vacas sob resfriamento evaporativo e sombra, e vacas apenas com sombra. Observaram que as temperaturas retais aumentavam durante o dia para os dois tratamentos, mas os valores apresentados foram menores para os animais que receberam resfriamento evaporativo.

Berman et al. (1985) verificaram que no intervalo entre 10 a 24°C, a temperatura retal não foi afetada pela temperatura do ar, mas entre 26 e 36°C, a temperatura retal aumentou com a temperatura do ar, concluído ainda que pequenos acréscimos na temperatura retal (a partir de 39°C) são negativamente correlacionados à produção de leite.

4.2.2.2 Temperatura do pelame branco (TPB) e preto (TPP)

Na análise da temperatura da pelagem em locais de cor preta e branca, obteve-se, pela análise da variância que, para a pelagem preta, houve efeito de tratamento, de turno e da interação tratamento X turno. Para a pelagem branca, não se obteve efeito de tratamento, havendo efeito de turno e a interação tratamento X turno.

Na comparação das médias (Tabela 14), encontrou-se, para a pelagem branca, que a temperatura no turno da manhã, foi maior que a do turno da tarde, em todos os tratamentos. No turno da manhã, T1=ASP (ESP)/V+N (ORD) apresentou os menores valores de temperatura da pelagem branca e T4=CONTROLE os maiores. No turno da tarde, ocorreu o inverso.

Para a pelagem preta encontrou-se, diferença na temperatura, entre o turno da manhã e o da tarde, para os tratamentos T2=ASP (ESP), T3=V+N(ORD) e T4=CONTROLE. No turno da manhã, T1=ASP (ESP)/V+N (ORD) apresentou as menores temperaturas e T4=CONTROLE, as maiores. No turno da tarde, T2=ASP (ESP) não diferiu de T1=ASP (ESP)/V+N (ORD) bem como T3=V+N(ORD) de T4=CONTROLE, apresentando estes dois últimos tratamentos as menores temperaturas.

Tabela 14 – Temperatura da pelagem branca (TPB) e temperatura da pelagem preta (TPP) média diária (°C) para cada tratamento em cada turno

PELAGEM	TURNO	T1	T2	T3	T4
Branca**	Manhã*	31,9aA	32,1aA	32,5abA	32,9bA
	Tarde	31,7aB	31,1abB	30,6bB	30,9abB
Preta	Manhã	32,5aA	33,0abA	33,1abA	33,5aB
	Tarde	32,5aA	31,9bA	31,2bB	31,4bB

* médias seguidas de mesma letra minúscula, na coluna, não diferem ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

** médias seguidas de mesma letra maiúscula, na linha, não diferem ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Silva, R. et al., (2001), relata que um pelame negro constitui uma superfície de grande absorvidade da radiação térmica, de modo que a temperatura da superfície cutânea nestes animais é mais elevada que naqueles com pelame branco. Os mesmos autores, observando 20 vacas Holandesas expostas à radiação solar por três horas, durante 10 dias no verão, encontraram os valores de 44,10 e 37,73°C para as malhas negras e brancas, respectivamente, concluindo que, embora um animal totalmente negro possa apresentar uma proteção mais adequada contra a radiação UV do que um animal branco, ele absorve, no entanto um excesso de energia térmica na capa de pelame, o que limita a sua capacidade de eliminar calor corporal e contribui para o estresse térmico.

Perissinoto et al. (2006a) comenta que o pelame preto, tendo maior absorção e menor transmissão, acaba trocando menos calor com o ambiente que o pelame branco, mantendo menor temperatura quando em contato com o resfriamento e apresentando menor variação ao longo do dia. Os mesmos autores observaram que a TPB média foi significativamente menor no tratamento com aspersão que no tratamento com nebulização, enquanto que a TPP não apresentou diferenças entre os tratamentos submetidos.

Aguiar e Targa (1999) observaram uma ligeira tendência de estas variáveis (TPP e TPB) apresentarem valores mais elevados à tarde do que pela manhã, em vacas Holandesas mantidas ao sol e com acesso a sombra natural. Porém os valores médios (manhã mais tarde) foram equivalentes no grupo da sombra natural comparado ao da radiação global (31,14 vs 31,33°C; 30,10 vs 30,68°C).

Matarazzo et al. (2007), não encontraram diferenças entre os tratamentos (sem ventilação; ventilação; ventilação e nebulização) para a temperatura do pelame branco (35,4°C; 33,4°C e 35,2°C) e pelame negro (31,9°C; 31,5°C e 31,8°C), respectivamente. Neste experimento a TPP foi inferior à TPB em todos os tratamentos, discordando dos resultados encontrados nesse trabalho.

4.2.2.3 Temperatura do úbere (TU)

O aumento da temperatura do úbere é um dos principais sintomas na identificação da mastite clínica, que é a inflamação da glândula mamária, resultante de sua infecção por microorganismos, como bactérias (principalmente) e fungos. Porém, neste trabalho a mensuração da mesma foi relacionada ao aumento da temperatura corporal, já que a glândula participa da superfície externa da vaca. A mensuração da temperatura do úbere foi utilizada por outros pesquisadores como Souza (2004b), Pinheiro et al. (2000) e Arcaro Júnior et al. (2005),

em conjunto com as temperaturas de outras regiões do corpo do animal, em fórmulas, para determinação da temperatura da pele.

Para a temperatura do úbere a análise dos dados mostrou que houve efeito da interação tratamento e o turno ($P < 0,05$). Portanto, os tratamentos apresentaram efeitos diferentes sobre a TU, em função dos turnos em que foram avaliados. O desdobramento da interação mostrou o efeito de período em todos os tratamentos e o efeito de tratamento apenas no período da tarde. A Tabela 15 mostra o resultado da comparação de tratamentos dentro do turno da tarde e do turno da manhã dentro dos tratamentos.

Tabela 15 – Temperatura do úbere média diária ($^{\circ}\text{C}$) para cada tratamento em cada turno

Turno*	Tratamento**							
	T1		T2		T3		T4	
	Média	Desvio	Média	Desvio	Média	Desvio	Média	Desvio
Manhã	33,1a	1,1	33,3a	1,1	33,5a	1,3	33,4a	1,4
Tarde	32,1bA	2,5	33,9bC	1,5	32,5bB	2,2	34,0bD	1,2
Dia	32,6	2,0	33,6	1,4	33,0	1,9	33,7	1,3

* Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas, não diferem entre si a 5% de prob. pelo teste de Tukey.

** Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas linhas, não diferem entre si a 5% de prob. pelo teste de Tukey.

Observou-se que no turno da manhã os valores médios em todos os tratamentos não diferiram estatisticamente entre si. O mesmo não ocorreu para o turno da tarde, onde todos os tratamentos foram significativamente diferentes. O T1=ASP (ESP)/V+N (ORD), aspersão na sala de espera e ventilação forçada mais nebulização na sala de ordenha ($32,1^{\circ}\text{C}$) juntamente com o T3=V+N(ORD), ventilação forçada mais nebulização na sala de ordenha ($32,5^{\circ}\text{C}$), apresentaram valores menores quando comparados com a aplicação do T2=ASP (ESP), aspersão na sala de espera ($33,9^{\circ}\text{C}$) e T4=CONTROLE, controle ($34,0^{\circ}\text{C}$).

Estes resultados revelam que os tratamentos T1=ASP (ESP)/V+N (ORD) e T3=V+N(ORD) foram os mais eficientes na redução da temperatura do úbere, no presente estudo (FIGURA 17). Arcaro Júnior et al. (2005), também encontraram diferenças nos valores médios da temperatura da glândula mamária, em trabalho com vacas em lactação submetidas ao tratamento: ventilação forçada e aspersão na sala de espera ($34,3^{\circ}\text{C}$ e $33,3^{\circ}\text{C}$), antes e depois da aplicação, respectivamente.

A Figura 17 mostra as temperaturas do úbere, médias diárias, no turno da tarde, ao longo do período experimental.

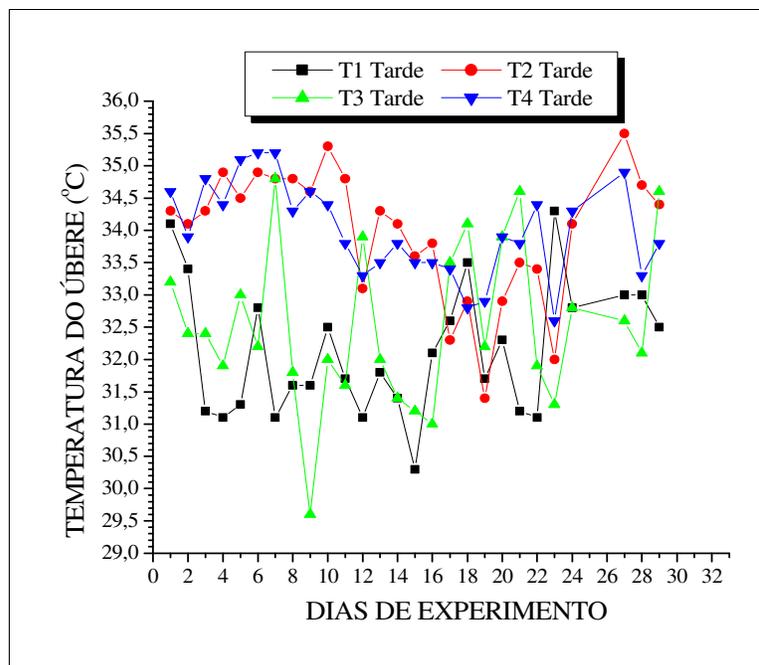


Figura 17 – Temperatura do úbere média diária de cada tratamento, no turno da tarde.

Keister et al. (2002), afirmaram que o impacto sobre o aumento da temperatura externa do úbere, sem dúvida, afeta tanto a saúde da glândula mamária, como a síntese de leite. Os mesmos autores, trabalhando com vacas da raça Jersey, em ambientes sem resfriamento e com resfriamento evaporativo, encontraram diferenças significativas para a temperatura do úbere de 37,5°C e 34°C, respectivamente.

4.2.2.4 Frequência respiratória (FR)

O aumento da frequência respiratória é um dos primeiros sintomas do animal em estresse por calor. É um mecanismo de proteção dos animais facilmente detectado pela observação do comportamento dos mesmos através da contagem do número de movimentos da região do flanco. Apesar da sensibilidade ao calor apresentar algumas variações individuais, pode-se notar que, quando a temperatura ambiente ultrapassa os 26°C, a frequência respiratória começa a se alterar (FERREIRA, 2005).

A análise de variância para a frequência respiratória (FR) mostrou o efeito de turno em todos os tratamentos e o efeito de tratamentos somente no turno da manhã. A Tabela 16 mostra as médias de cada tratamento em cada turno, ao longo do período experimental.

Tabela 16 – Frequência respiratória média diária, em movimentos por minuto, para cada tratamento em cada turno

Turno*	Tratamento**							
	T1		T2		T3		T4	
	Média	Desvio	Média	Desvio	Média	Desvio	Média	Desvio
Manhã	32aB	7	33aB	9	31aA	6	33aB	7
Tarde	39bA	12	38bA	11	37bA	10	37bA	8
Dia	35	10	36	10	34	8	35	8

*Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas, não diferem entre si a 5% de prob. Pelo teste de Tukey.

**Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas linhas, não diferem entre si a 5% de prob. Pelo teste de Tukey.

A frequência respiratória diferiu entre os tratamentos avaliados em relação ao período da manhã e da tarde. Observou-se que os valores médios obtidos pela tarde foram maiores, quando comparados aos valores obtidos pela manhã, uma média de 5,5 mov. min⁻¹, a mais no período da tarde, em todos os tratamentos. Apresentando uma tendência semelhante à TR, ou seja, de elevação dos valores mensurados, durante o decorrer do dia.

Esses resultados estão de acordo com os valores encontrados para a FR no trabalho de Nääs e Arcaro Júnior (2001), onde os tratamentos sombra, sombra mais ventilação e sombra com ventilação e aspersão, apresentaram valores de 34,48; 32,56 e 34,76 mov. min⁻¹ pela manhã, e 47,61; 40,38 e 42,78 mov. min⁻¹, à tarde, respectivamente.

A FR dos animais, quando submetidos ao T3=V+N(ORD) no turno da manhã, foi significativamente menor (31 mov. min⁻¹) em relação aos demais tratamentos, que foram estatisticamente iguais. No tratamento com aspersão e nebulização (T1=ASP (ESP)/V+N (ORD)), a FR atingiu valores menores aos encontrados nos tratamentos T2=ASP (ESP) e T4=CONTROLE, porém essa diferença não foi significativa. Já no turno da tarde o T3=V+N(ORD) juntamente com o T4=CONTROLE, apresentaram valores menores em relação aos T1=ASP (ESP)/V+N (ORD) e T2=ASP (ESP), mas essas diferenças também não foram estatisticamente significativas.

Os resultados encontrados para FR, em todos os tratamentos e turnos, indicaram que tal variável permaneceu próxima à FR normal dos bovinos (23 mov. min⁻¹) considerada por Müller (1982), e dentro da faixa de normalidade, ou seja, em condições termoneutras, para a vaca leiteira, que varia de 24 a 36 movimentos por minuto, de acordo com Stober (1993). A Figura 18 mostra a variação de frequência respiratória, no turno da manhã, ao longo do período experimental.

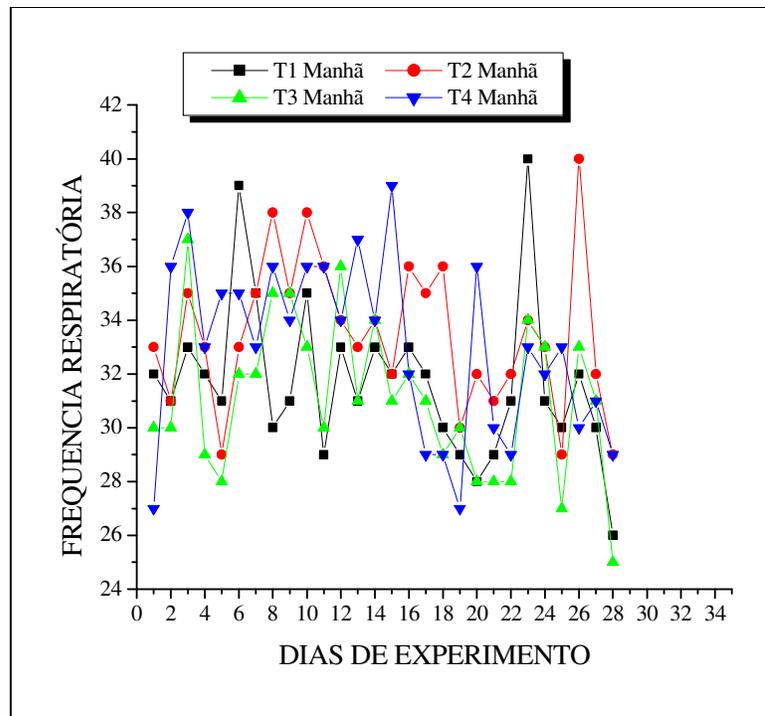


Figura 18 – Frequência respiratória média diária, no turno da manhã, ao longo do período experimental.

Pesquisas conduzidas por Silva, I. et al. (2002), com vacas em lactação em curral de espera climatizado e sem climatização, mostraram diferenças significativas para a FR, tanto no período da manhã como à tarde, concluindo que a frequência respiratória foi 18,24% inferior para o grupo submetido à climatização em relação àquela do grupo de controle.

Verifica-se na Figura 14 que nos tratamentos que utilizaram nebulização e ventilação (T1=ASP (ESP)/V+N (ORD) e T3=V+N(ORD)), alterações visíveis de redução ocorrem na frequência respiratória. Diversos autores (ARCARO JÚNIOR et al., (2005); NÄÄS e ARCARO JÚNIOR, (2001); SILVA I. et al., (2005); BARBOSA et al., (2004); WISE et al., (1988); AGUIAR e TARGA, (1999); ARCARO JÚNIOR, (2000), FUQUAY et al., (1979), dentre outros), também relataram eficiência dos tratamentos empregados em seus trabalhos na redução da FR, já que as condições climáticas desfavoráveis em um ambiente são responsáveis por alterações fisiológicas nos animais.

4.2.2.5 Freqüência cardíaca (FC)

A análise de variância para a freqüência cardíaca identificou a presença de efeitos de turno e de tratamento ($P < 0,05$), porém não houve interação entre os mesmos. A Tabela 17 mostra as médias de cada tratamento em cada turno, ao longo do período experimental.

Tabela 17 – Freqüência cardíaca média diária, para cada tratamento em cada turno

	Tratamento**							
	T1		T2		T3		T4	
Turno*	Média	Desvio	Média	Desvio	Média	Desvio	Média	Desvio
Manhã	73aA	7	71aB	6	71aB	7	73aA	7
Tarde	75bB	7	74bB	7	72baA	7	74bB	7
Dia	74A	7	72B	11	72B	6	72B	7

*Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas, não diferem entre si a 5% de prob. pelo teste de Tukey.

**Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas linhas, não diferem entre si a 5% de prob. pelo teste de Tukey.

Os resultados, com relação à freqüência cardíaca, mostram que o tratamento T1=ASP (ESP)/V+N (ORD) apresentou os maiores valores em relação aos demais tratamentos, no turno da manhã. Esta situação também se apresentou no período da tarde e supõe-se que se deve ao fato dos equipamentos apresentarem ruídos, quando ligados. Quanto ao período da manhã, não houve diferença entre o T1=ASP (ESP)/V+N (ORD) e T4=CONTROLE, e nem entre T2=ASP (ESP) e T3=V+N(ORD). No período da tarde, apenas o tratamento T3=V+N(ORD) diferiu dos demais, apresentando os menores valores de freqüência cardíaca neste período.

Estes resultados divergem dos encontrados por Silva I. et al., (2002), no período da manhã para a FC, em animais submetidos aos tratamentos de climatização e controle, os quais não se observaram diferenças significativas entre as médias. Porém, no turno da tarde as médias para o tratamento com climatização apresentaram um decréscimo de aproximadamente 13,38% (73,42 batimentos por minuto) em relação às médias do grupo controle (83,25 batimentos por minuto).

De acordo com os princípios de ambiência, pode-se inferir que, quando o animal está fora da sua zona termoneutra, qualquer mudança nas condições ambientais, por meio da climatização, poderá influenciar as suas características fisiológicas, e também de produção (SILVA I. et al., 2002). Dessa maneira, Nääs e Arcaro Júnior (2001) observaram a influência da ventilação e aspersão em ambientes sombreados, e verificaram que o tratamento composto somente por sombra foi o que obteve os menores valores de FC, tanto no período da tarde como no da manhã. Os mesmos autores explicam que os equipamentos utilizados apresentavam alto nível de ruídos e poderia ter influenciado os resultados.

Segundo Swenson e Reece (1996) a frequência cardíaca normal de uma vaca leiteira está na faixa de 48 a 84 bat. min^{-1} . Observou-se no presente trabalho que nenhuma das médias dos tratamentos apresentadas, dentro dos dois turnos, foram superiores a esses valores.

A Figura 19 mostra a variação de frequência cardíaca ao longo do período experimental.

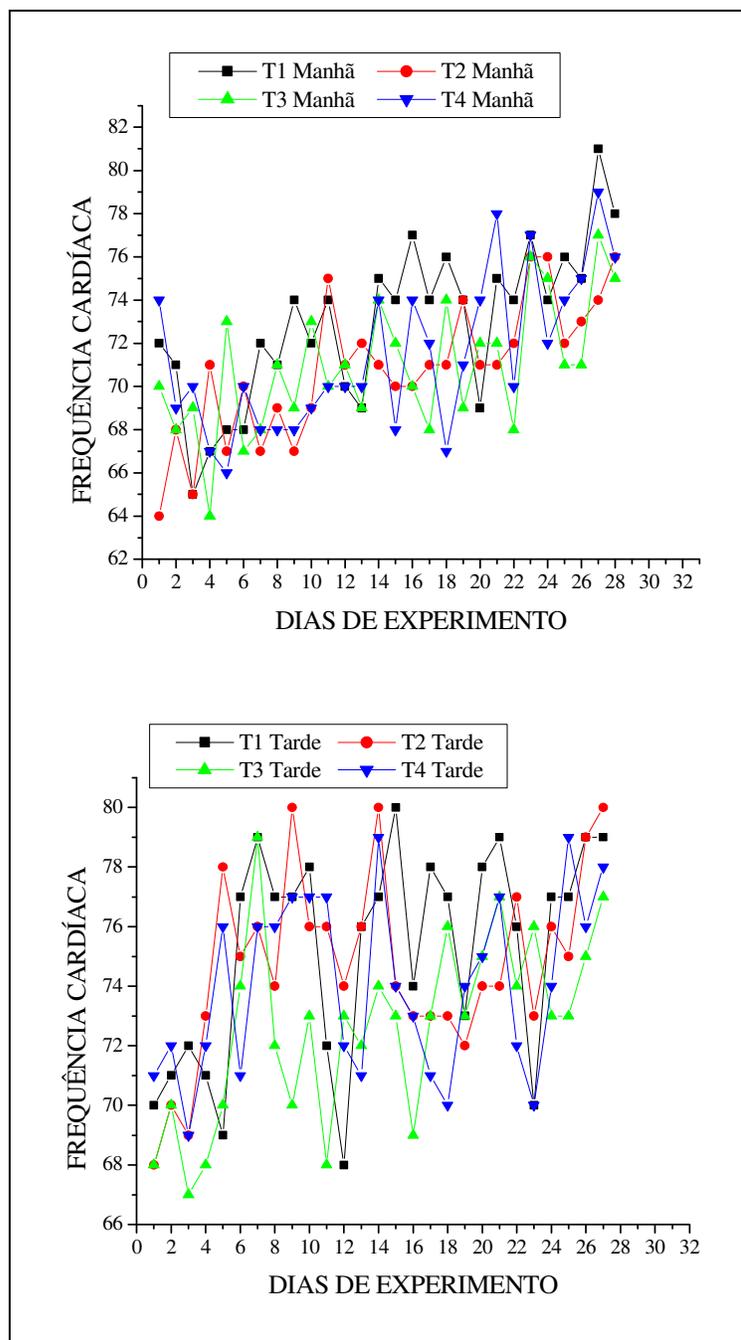


Figura 19 – Frequência cardíaca média diária ao longo do período experimental.

4.2.3 Produção, composição e propriedades físico-químicas do leite

Para a produção de leite média diária a análise de variância mostrou tanto o efeito de tratamento, como do turno, bem como da interação entre estas. A comparação de turnos dentro de cada tratamento mostrou que a produção de leite média diária, ao longo do período experimental foi maior no turno da manhã, em todos os tratamentos (Tabela 18).

Tabela 18 – Produção de leite média diária, em quilogramas, para cada tratamento em cada turno

	Tratamento**							
	T1		T2		T3		T4	
Turno*	Média	Desvio	Média	Desvio	Média	Desvio	Média	Desvio
Manhã	9,2bA	2,1	9,6abA	2,3	9,5abA	2,3	10,0aA	2,2
Tarde	6,8bB	1,7	7,2abB	2,0	7,5aB	1,5	6,7bB	1,9
Dia	16,0	3,6	16,7	4,0	17,0	3,1	16,6	3,6

*Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas colunas, não diferem entre si a 5% de prob. Pelo teste de Tukey.

**Médias seguidas da mesma letra minúscula nas linhas, não diferem entre si a 5% de prob. Pelo teste de Tukey.

No período da manhã, observou-se que o tratamento T4=CONTROLE diferiu do tratamento T1=ASP (ESP)/V+N (ORD) não havendo diferença entre este tratamento e os demais, bem como entre T1=ASP (ESP)/V+N (ORD) e os outros. No período da tarde o T3=V+N(ORD) diferiu de T1=ASP (ESP)/V+N (ORD) e de T4=CONTROLE, não havendo diferença entre estes e os demais.

Ao analisar a produção de leite total do dia, os dados relativos ao tratamento T3=V+N(ORD) (nebulização e ventilação forçada na sala de ordenha), apresentaram uma maior média. Em números absolutos, os animais submetidos ao T3=V+N(ORD) obtiveram uma média de produção de leite diária superior ao T2=ASP (ESP) de 1,8%, ao T4=CONTROLE de 2,4% e ao T1=ASP (ESP)/V+N (ORD) de 5,9%.

As altas temperaturas deprimem a produção de leite. Igono et al., (1985), encontraram benefícios na utilização de equipamentos de aspersão em vacas produtoras de leite, com aumentos de 0,70 kg em média a mais na produção individual e diária de leite em relação aos animais controle, concluindo que, o sistema de resfriamento adotado melhorou o conforto das vacas e diminuiu o declínio da produção de leite no verão.

Em estudo realizado com vacas em lactação, Arcaro Júnior et al., (2003b), não encontraram diferenças na produção de leite para os animais submetidos aos tratamentos controle, ventilação artificial e ventilação artificial mais aspersão. Porém, o grupo que permaneceu sob ventilação artificial, obteve um maior teor de gordura no leite. E, apesar do tempo de permanência dos animais na sala de ordenha climatizada (30 min) não ter

proporcionado aumento da produção de leite, o tratamento ventilação artificial mais aspersão proporcionou melhores condições de conforto aos animais.

Por outro lado, Barbosa et al., (2004), encontraram efeito positivo na produção de leite corrigido para 4% de gordura. Os animais que receberam aspersão de água tiveram produções superiores tanto no período da manhã quanto no período da tarde, em relação aos sem aspersão de água.

Animais de alta produtividade são mais influenciados pelas modificações ambientais, respondendo mais eficientemente aos tratamentos em relação aos aumentos na produtividade. Vários trabalhos relatam aumentos na produção de leite com a utilização de recursos de climatização (CHEN et al., (1993); THATCHER (1974); PERISSINOTO et al. (2006b); RYAN et al. (1992); BUCKLIN et al. (1998); IGONO et al.(1985); dentre outros). Isto justifica as pesquisas realizadas nesta área, já que as condições ambientais se modificam intensamente de uma região para outra.

A Figura 20 mostra a produção de leite média diária de cada tratamento, em cada um dos turnos.

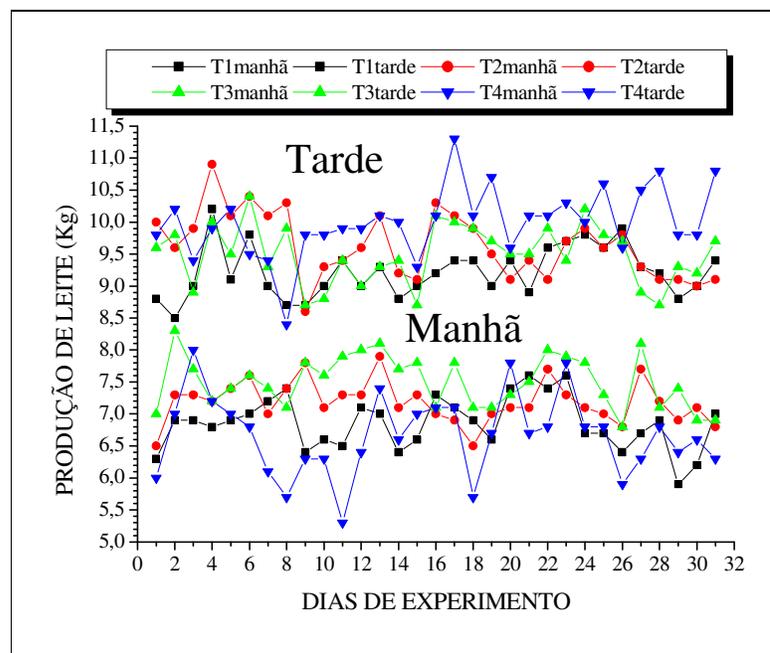


Figura 20 – Produção de leite média diária de cada tratamento, em cada um dos turnos.

A composição do leite é determinante para o estabelecimento da sua qualidade nutricional e adequação para processamento e consumo humano (SILVA, 1997). Para as variáveis relacionadas à qualidade do leite (Tabela19), não se encontrou diferença entre os

tratamentos para Proteína, Extrato Seco Desengordurado, Contagem de Células Somáticas e Acidez.

Isto está de acordo com os estudos realizados por Chen et al. (1993), com vacas Holandesas no Arizona, durante o verão, comparando diferentes dietas (alta em proteína e baixa em proteína) e diferente climatizações (resfriamento evaporativo com sombreamento e somente sombra), concluindo que a melhoria na qualidade da proteína e resfriamento evaporativo, aumentou a produção de leite, porém a composição do leite não foi modificada.

Tabela 19 - Médias das variáveis relativas à qualidade do leite, no início e no final do experimento e diferença entre elas

VARIÁVEL	PERÍODO	TRATAMENTOS			
		T1	T2	T3	T4
Gordura (% m/m)	Inicial	3,69a	4,32a	3,56a	3,94a
	Final	3,17a	3,21a	3,85a	3,38a
	Diferença	-0,52AB	-1,11A	0,29B	-0,56AB
Proteína (% m/m)	Inicial	3,03a	2,96a	3,03a	3,13a
	Final	2,99a	3,04a	3,06a	3,27a
	Diferença	-0,04A	0,08A	0,03A	0,14A
Lactose (% m/m)	Inicial	4,54b	4,29a	4,48ab	4,38ab
	Final	4,38a	4,07a	4,29a	4,27a
	Diferença	-0,16A	-0,22A	-0,19A	-0,11A
Sólidos Totais (% m/m)	Inicial	12,00a	12,32a	11,62a	12,34a
	Final	11,56a	11,14a	12,01a	11,85a
	Diferença	-0,44AB	-1,18A	0,39B	-0,49AB
Extrato seco desengordurado (% m/m)	Inicial	8,48a	8,16a	8,31a	8,41a
	Final	8,51a	8,04a	8,15a	8,41a
	Diferença	0,03A	-0,12A	-0,16A	0A
Células somáticas (x mil/mL)	Inicial	88a	139a	123a	212a
	Final	77a	262a	189a	304a
	Diferença	-11A	123A	66A	92A
Crioscopia (°H)	Inicial	-0,541a	-0,540a	-0,541a	-0,538a
	Final	-0,532a	-0,543a	-0,543a	-0,543a
	Diferença	0,009B	-0,003AB	-0,002AB	-0,005A
Acidez (°D)	Inicial	16,8a	18,1a	18,4a	16,9a
	Final	16,5a	15,3a	15,6a	17,0a
	Diferença	-0,3A	-2,9A	-2,8A	0,1A
Densidade (g/mL)	Inicial	1,030b	1,026a	1,027a	1,026a
	Final	1,028a	1,027a	1,027a	1,028a
	Diferença	-0,002A	0,001AB	0,001AB	0,002B

*Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas, não diferem entre si a 5% de prob. Pelo teste de Tukey.

**Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas linhas, não diferem entre si a 5% de prob. Pelo teste de Tukey.

Wegner et al., (1976) verificaram que o estresse térmico prolongado foi associado ao aumento da ocorrência de mastite, CCS no leite e o escore do Califórnia Mastite Teste.

Igono et al., (1987), comenta que, embora a diferença na contagem de células somáticas (CCS) pareça estar relacionada às diferenças na temperatura retal quando influenciados pelo

calor, o estresse por calor, por si não influencia a CCS de um úbere não-infectado. Isto é confirmada pela produção de leite que declina quando a CCS aumenta, e para cada duas vezes na CCS a produção de leite cai em aproximadamente 0,7kg/dia.

Em relação à acidez, segundo Santos e Fonseca (2004), o leite normal apresenta uma faixa de variação de pH entre 6,6 e 6,8 e acidez titulável em °D de 16-18. E, apesar desta variável não apresentar diferença significativa neste trabalho, os valores encontrados para a acidez se mantiveram dentro da faixa considerada como normal, com exceção do T3=V+N(ORD) (18,4°D) no início da experimentação, porém este valor é oriundo de fatores externos ao procedimento experimental.

Ainda segundo esses autores, podemos citar como principais fatores que afetam a acidez real do leite: a genética das vacas, a produção de leite, o momento da ordenha, o intervalo ordenha-análise, a nutrição, a sanidade da glândula mamária, o estresse calórico e a diluição do leite. Na medida em que os componentes que determinam a acidez do leite são bastante variáveis, é importante que sejam definidos critérios e padrões específicos para cada região e raças de animais.

Fatores como o clima (ambiente), doenças do úbere, estágio de lactação, parto, raça e nutrição podem alterar a distribuição do nitrogênio entre as frações nitrogenadas do leite. Assim como a gordura, sob estresse térmico a proteína também tem uma tendência a reduzir o seu teor no leite, embora não de forma tão drástica.

A gordura é o constituinte que mais sofre variações em razão de alimentação, raça, estação do ano, estresse térmico e período de lactação e de acordo com a Instrução Normativa de número 51 (IN51), o valor mínimo admitido para esta variável é de 3,0%. Para o Teor de Gordura, não se encontrou diferença significativa entre os tratamentos, no início e no final do experimento. Contudo, na diferença entre as médias do início e final do experimento, observou-se no tratamento T3=V+N(ORD) um aumento no teor de gordura, sendo este tratamento significativamente diferente de T2=ASP (ESP) ($p < 0,05$, pelo teste de Tukey) que apresentou diminuição no teor de gordura.

Brody (1956), observando vacas em lactação alimentadas à vontade, em diferentes temperaturas ambientes, constatou que houve uma tendência ao aumento do teor de gordura do leite.

Por outro lado, Nääs e Arcaro Júnior (2001) não encontraram diferenças significativas nos valores médios de percentagem de gordura no leite para os tratamentos: sombra; sombra e ventilação; sombra, ventilação e aspersão, para vacas em lactação em condições de calor. Porém o último tratamento apresentou melhor resultado absoluto nos níveis de gordura.

São vários os fatores que influenciam o teor de gordura no leite. Sabe-se que o mesmo diminui na medida em que o teor de concentrados se eleva na dieta. Sob estresse térmico, os animais reduzem o consumo de fibras aumentando a proporção de concentrados na dieta, o que

leva ao aumento também da proporção de ácido propiônico em relação ao ácido acético, importante precursor da gordura do leite, conseqüentemente diminuindo o teor de gordura.

Da mesma maneira, Arcaro Júnior et al., (2003b), não encontraram diferenças significativas entre os tratamentos (controle; ventilação; ventilação e aspersão) para os valores de lactose, proteína e sólidos totais. Porém o leite dos animais que receberam apenas ventilação apresentou maior teor de gordura em relação aos demais.

Para a Lactose, o tratamento T1=ASP (ESP)/V+N (ORD) diferiu de T2=ASP (ESP) ($p<0,05$), no início do experimento. Sendo esta variação oriunda, portanto, de fatores externos ao procedimento experimental. Da mesma forma, a Densidade apresentou valores maiores em T1=ASP (ESP)/V+N (ORD) do que em todos os demais tratamentos ($p<0,05$). A densidade é uma constante física importante na verificação da qualidade do leite. Ela está relacionada à riqueza do leite em sólidos totais e depende de dois fatores principais: o teor em matéria seca e de matéria graxa.

Os tratamentos T1=ASP (ESP)/V+N (ORD) e T4=CONTROLE apresentaram valores diferentes ($p<0,05$) de variação entre o início e o final do experimento para as variáveis Crioscopia e Densidade. Para a primeira T1=ASP (ESP)/V+N (ORD) apresentou valores de diferença maiores que T4=CONTROLE, ocorrendo o contrário com a segunda.

De acordo com Silva (1997) a densidade do leite varia entre 1,023g/mL e 1,040g/mL a 15°C; o valor médio é 1,032g/mL. Todos os valores encontrados no início e no final do experimento para a variável densidade estavam entre essa faixa de variação. Silva (1997) acrescenta que, leite com alto teor de gordura apresenta maior densidade em relação a leite com baixo teor de gordura, em razão do aumento do extrato seco desengordurado que acompanha o aumento no teor de gordura. Já na IN51 a densidade relativa a 15°C do leite cru tipo C, pode sofrer uma variação entre 1,028g/mL e 1,034g/mL. Sendo assim, os tratamentos T2=ASP (ESP) e T3=V+N(ORD), apresentaram valores um pouco abaixo da normativa.

O ponto crioscópico do leite é determinado, principalmente, pelos elementos solúveis do leite, em especial a lactose. Ainda que seja uma característica muito usada para indicar a adulteração do leite pela adição de água, alguns estudos indicam que a crioscopia do leite pode sofrer influência da fase de lactação, estação do ano, clima, latitude, alimentação e raça. É considerado normal o leite que apresenta ponto crioscópico entre -0,530 e -0,560°H (SANTOS e FONSECA, 2004). De maneira semelhante à densidade do leite, os valores encontrados neste trabalho para a variável crioscopia, também se mantiveram dentro da faixa considerada como ideal para leite normal, segundo os autores supracitados. O índice crioscópico máximo, considerado pela IN51 é de -0,530°H, portanto todos os tratamentos no início e no final da experimentação apresentaram índices crioscópico acima do valor considerado por lei.

A variação do Teor de Sólidos Totais, entre o início e o fim do experimento foi diferente entre T2=ASP (ESP) e T3=V+N(ORD) ($p<0,05$), havendo decréscimo no teor de sólidos totais em T2=ASP (ESP) e aumento em T3=V+N(ORD).

Os resultados encontrados no presente experimento divergem dos encontrados por Arcaro Júnior et al., (2003a), que não verificaram diferenças nos dados relativos aos constituintes do leite, para os teores de gordura (4,2; 4,2 e 4,0%), densidade (31,7; 31,2 e 31,5%) e sólidos totais (13,4; 13,2 e 12,9%) respectivamente para os tratamentos controle, ventilação, ventilação e aspersão.

No entanto, Barbosa et al., (2004), encontraram que animais expostos ao sol, quando receberam água sob aspersão, apresentaram valores maiores do teor de gordura e de proteína do leite, enquanto que o inverso ocorreu com os animais à sombra, em que o aumento no teor de gordura e de proteína foi observado quando a aspersão não ocorreu. Os mesmos autores observaram que os animais que receberam aspersão de água foram os que apresentaram maiores valores para a contagem de células somáticas.

Rodriguez et al., (1985) afirmaram que altas temperaturas provocam quedas na produção de gordura e componentes do leite. Os mesmos verificaram que com a elevação da temperatura os teores de gordura e proteína diminuíram de 3,85% vs 3,31% e de 3,42% vs 2,98%, respectivamente para os animais mantidos a altas temperaturas ambiente.

O leite é constituído de uma grande variedade de compostos, sendo que cada um apresenta função específica, proporcionando nutrientes ou proteção imunológica, constituindo um dos alimentos mais completos que se conhece. A mudança na composição do leite pode alterar significativamente seu valor como matéria-prima para a fabricação de derivados (SANTOS e FONSECA, 2004).

4.3 Correlações entre as variáveis:

A análise das correlações entre as variáveis está sintetizada na Tabela 20.

Todas as variáveis ambientais mostraram alta correlação positiva entre si, sendo que a maior delas foi entre a temperatura do ar e o THI (0,992) e a menor, entre TBU e TGN (0,650).

As variáveis fisiológicas mostraram baixos valores de correlação entre si, com exceção daquela entre a frequência respiratória e a temperatura retal (0,660) sendo esta, contudo, mais de três vezes maior que a segunda maior, que foi entre a temperatura do úbere e a frequência cardíaca (0,209).

A produção de leite também apresentou baixa correlação com as demais variáveis sendo a maior delas com o THI (0,145). Indicando que a produção de leite não pode ser expressa, de forma linear, por nenhuma destas variáveis, de forma isolada.

As variáveis fisiológicas apresentaram baixas correlações com as variáveis ambientais sendo que a frequência respiratória e a temperatura retal deferiram das demais apresentando coeficientes de correlação um pouco maiores, indicando a maior sensibilidade da frequência respiratória, na resposta a variações ambientais drásticas. Mesmo a temperatura da pele dos animais, apresentou uma baixa correlação, entre a parte preta e a branca, embora esta tenha sido significativa.

Tabela 20 - Coeficientes de correlação entre as variáveis WBGT, Temperatura de globo negro (TGN), THI, Temperatura de bulbo úmido (TBU), Temperatura do ar (TAR), Frequência cardíaca (FC), Frequência respiratória (FR); Temperatura do úbere (UB); Temperatura retal (R); Produção de leite (P); Temperatura de malha Branca (B) e Temperatura da malha preta (PR)

	WBGT	TGN	THI	TBU	TAR	FC	FR	UB	R	P	B	PR
WBGT	1,00*	0,90*	0,98*	0,93*	0,95*	-0,08	0,32*	0,11	0,32*	0,06	-0,01	-0,01
TGN	0,90*	1,00	0,94*	0,66*	0,97*	-0,09	0,33*	0,10	0,21*	0,05	0,05	0,05
THI	0,98*	0,94*	1,00	0,85*	0,99*	-0,10	0,32*	0,07	0,29*	0,07	-0,03	-0,03
TBU	0,93*	0,66*	0,85*	1,00	0,78*	-0,04	0,26*	0,11	0,36*	0,05	-0,05	-0,04
TAR	0,95*	0,97*	0,99*	0,78*	1,00	-0,11	0,32*	0,07	0,26*	0,07	-0,03	-0,02
FC	-0,08	-0,09	-0,10	-0,04	-0,11	1,00	0,25*	-0,03	0,28*	-0,41*	0,12	0,09
FR	0,32*	0,33*	0,32*	0,26*	0,32*	0,25*	1,00	0,02	0,61*	-0,45*	0,32*	0,29*
UB	0,11	0,10	0,07	0,11	0,07	-0,03	0,02	1,00	0,07	0,07	0,06	0,07
R	0,32*	0,21*	0,29*	0,36*	0,26*	0,28*	0,61*	0,07	1,00	-0,54*	0,29*	0,29*
P	0,06	0,05	0,07	0,05	0,07	-0,41*	-0,45*	0,07	-0,54*	1,00	-0,48*	-0,49*
B	-0,01	0,05	-0,03	-0,05	-0,03	0,12	0,32*	0,06	0,29*	-0,48*	1,00	0,93*
PR	-0,01	0,05	-0,03	-0,04	-0,02	0,09	0,29*	0,07	0,29*	-0,49*	0,93*	1,00

* Correlações significativas a 1% de probabilidade.

Procurou-se, por meio da análise de regressão linear múltipla, verificar se era possível encontrar uma combinação de variáveis ambientais que descrevesse a produção de leite. Todavia, utilizando-se as variáveis ambientais linearmente independentes (WBGT, TGN, THI) obteve-se um coeficiente de determinação de 0,85 sendo que, usando apenas tratamento e turno, obteve-se 0,84. Além disso, nenhuma das variáveis foi estatisticamente significativa, pelo teste de t (Tabela 21).

Pode-se atribuir esta baixa correlação entre as variáveis analisadas, ao fato dos animais não terem sentido as modificações ambientais, promovidas pelo sistema de climatização da sala de espera e de ordenha, durante o período experimental, pois o tempo em que os animais permaneceram sob ambiente climatizado pode ter sido insuficiente, além de outros fatores como: a elevada incidência de chuvas, a presença de temperaturas mais amenas para os meses de janeiro e fevereiro, e um nível produtivo não muito elevado dos animais utilizados.

Tabela 21 - Resultados da análise de regressão linear múltipla, entre as variáveis ambientais e a produção de leite

Variáveis: THI, TGN, WBGT, Tratamento, Turno - $R^2 = 0,85$; R^2 ajustado = 0,84; Erro padrão = 0,54							
Termo	Coeficiente	Intervalo de confiança a 95% de prob.		Erro Padrão	Estatística t	G.L.	p
Intercepto	1,288	-9,540	a 12,116	5,4919	0,23	206	0,8148
Tratamento	0,06851	0,00142	a 0,13561	0,034031	2,01	206	0,0454
Turno	-2,501	-2,649	a -2,354	0,0747	-33,47	206	<0.0001
WBGT	-0,1234	-0,4196	a 0,1728	0,15026	-0,82	206	0,4124
TGN	-0,0701	-0,1667	a 0,0265	0,04899	-1,43	206	0,1540
THI	0,2079	-0,0455	a 0,4612	0,12850	1,62	206	0,1073
Variáveis: Tratamento, Turno - $R^2 = 0,84$; R^2 ajustado = 0,84; Erro padrão = 0,55							
Termo	Coeficiente	Intervalo de confiança a 95% de prob.		Erro Padrão	Estatística t	G.L.	p
Intercepto	11,89	11,60	a 12,18	0,146	81,44	209	<0.0001
Tratamento	0,08347	0,01676	a 0,15019	0,033843	2,47	209	0,0144
Turno	-2,507	-2,656	a -2,358	0,0757	-33,12	209	<0.0001

5 CONCLUSÕES

Nas condições de realização deste trabalho e com base nos resultados obtidos, pode-se concluir que:

- O protótipo de resfriamento evaporativo desenvolvido mostrou-se eficiente na redução da temperatura de saída com as duas espessuras do painel evaporativo testadas, 30 e 50mm, porém seu alcance se limitou a uma área de apenas 1,5m²;
- A espessura de 30mm de argila expandida no painel evaporativo obteve maior eficiência do que a espessura de 50mm;
- A argila expandida (cinasita) atuou como um material eficiente e apropriado para ser utilizado, como material alternativo em placas porosas, na climatização de instalações para animais;
- O sistema II, ventilação forçada associada à nebulização apresentou um bom potencial de redução de temperatura do ar, principalmente nos horários (12:00 às 14:00h) com maior temperatura do ar;
- A climatização da sala de espera e ordenha não proporcionou diferenças significativas para a temperatura retal das vacas entre os tratamentos avaliados, porém os valores encontrados no turno da tarde foram significativamente superiores aos encontrados no turno da manhã;
- As variáveis relacionadas ao leite: proteína, extrato seco desengordurado, contagem de células somáticas e acidez não foram alteradas com a aplicação dos tratamentos;
- O tratamento nebulização e ventilação forçada na sala de ordenha (T3=V+N(ORD)) proporcionou diminuição nos valores para as variáveis fisiológicas, temperatura do úbere (TU), frequência cardíaca (FC), frequência respiratória (FR), temperatura de pelame branco e preto (TPB e TPP), e aumentos nos valores para as variáveis, produção de leite (PL) e teor de gordura do leite (G);
- A utilização de equipamentos de climatização (aspersão na sala de espera, ventilação e nebulização na sala de ordenha) trouxeram modificações positivas no ambiente físico estudado, realçando a importância do uso do resfriamento evaporativo em instalações para vacas em lactação.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, I. S. e TARGA, L. A. Respostas termorreguladoras, armazenamento de calor corporal e produção de leite de vacas Holandesas mantidas ao sol e com acesso a sombra natural. **Energia na Agricultura**, v. 14, n. 4, p. 9-21, 1999.

ARAÚJO, Alexandre Porto. **Estudo comparativo de diferentes sistemas de instalações para produção de leite tipo B, com ênfase nos índices de conforto térmico e na caracterização econômica**. 2001. 69 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos — USP, Pirassununga, 2001.

ARCARO JÚNIOR, Irineu. **Avaliação da influência de ventilação e aspersão em coberturas de sombrite para vacas em lactação**. 2000. 110 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Faculdade de Engenharia Agrícola — Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000.

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

ARCARO JÚNIOR, I.; ARCARO, J. R. P.; POZZI, C. R.; MATARAZZO, S. V.; FAGUNDES, H. Efeitos da climatização em sala de espera sobre as variáveis fisiológicas e produtivas de vacas em lactação. **B. Industr. Anim**, v. 60, n. 2, p. 173-177, 2003a.

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

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

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

AZEVEDO, M.; PIRES, M. F. A.; SATURNINO, H. M.; et al. Estimativas de níveis críticos superiores do índice de temperatura e umidade para vacas leiteiras $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$ e $\frac{7}{8}$ Holandês-Zebu em lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 6, p. 2000-2008, 2005.

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

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

BACCARI JÚNIOR, Flávio. **Manejo ambiental da vaca leiteira em climas quentes**. Londrina: UEL, 2001. 142 p.

BAÊTA, F. C. e SOUZA, C. F. **Ambiência em edificações rurais: conforto animal**. Viçosa: UFV, 1997. 246 p.

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

BASENGE, Indústria e Comércio Ltda. **Resfriamento Evaporativo**. São Paulo: Basenge, Artigos técnicos. Disponível em <www.basenge.com.br/index2.htm>. Acesso em: 04 maio 2007.

BERMAN, A.; FOLMAN, Y.; KAIM, M.; MAMEN, M.; HERZ, Z.; WOLFENSON, D.; ARIELI, A. ; GRABER, Y. Upper critical temperatures and forced ventilation effects for high-yielding dairy cows in a subtropical climate. **J. Dairy Sci.**, v. 68, p. 1488-1495, 1985.

BERTIPAGLIA, E. C. A.; SILVA, R. G.; CARDOSO, V.; MAIA, A. S. C. Estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos de características do pelame e de desempenho reprodutivo de vacas holandesas em clima tropical. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 2, p. 350-359, 2007.

BOND, T.E.; KELLY, C.F. The globe thermometer in agriculture research. **Agricultural Engineer**, v.36, n.2, p.251-260, 1955.

BRASIL. Instrução Normativa nº 51, de 18 de setembro de 2002. Ministério Agricultura, Pecuária e Abastecimento -MAPA, Secretária de Defesa Agropecuária. **Regulamentos técnicos de produção, identidade e qualidade do leite tipo...** Diário Oficial da União - DOU, Brasília, p. 13, 21 set. 2002, Seção 1.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº. 22, de 14 de abril 04 de 2003. **Métodos Analíticos Oficiais Físico-Químicos para Controle de Leite e Produtos Lácteos**. Brasília: Ministério da Agricultura, 2003.

BRODY, Samuel. Climatic physiology of cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 39, n. 6, p. 715-725, 1956.

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

CAMPOS, A. T.; KLOSOWSKI, E. S.; GASPARINO, E.; CAMPOS, A. T. Estudo do potencial de redução da temperatura do ar por meio do sistema de resfriamento adiabático evaporativo na região de Maringá, Estado do Paraná. **Acta Scientiarum**, v. 24, n. 5, p. 1575-1581, 2002.

CARDOSO, R. M. **Conforto Animal em Pastejo**. In: Produção de Bovinos a Pasto; anais do 13º Simpósio sobre manejo da pastagem / editado por Aristeu Mendes Peixoto, José Carlos de Moura, Vidal Pedroso de Faria. Piracicaba: FEALQ, 1997. p. 352.

CHEN, K. H.; HUBER, J. T. ; THEURER, C. B.; ARMSTRONG, R. G.; WANDERLEY, R. C.; SIMAS, J. M.; CHAN, S. C.; SULLIVAN, J. L. Effect of protein quality and evaporative cooling on lactational performance of Holstein cows in hot weather. **J. Dairy Sci.**, v. 76, p. 819-825, 1992.

COLLIER, J. R.; BEEDE, D. K.; THATCHER, W. W.; ISRAEL, L. A.; WILCOX, C. J. Influences of environment and its modification on dairy animal health and production. **J. Dairy Sci.**, v. 65, p. 2213-2227, 1982.

DOMINGUES, O. **Elementos de Zootecnia Tropical**. 6ª ed. São Paulo: Nobel, 1984, p. 143.

DAMASCENO, J. C. e TARGA, L. A. Definição de variáveis climáticas na determinação da resposta de vacas Holandesas em um sistema "Free Stall". **Energia na Agricultura**, v. 12, n. 2, p. 12-25, 1998.

DAMASCENO, J. C.; BACCARI JÚNIOR, F.; TARGA, L. A. Respostas comportamentais de vacas Holandesas, com acesso à sombra constante ou limitada. **Pesq. Agropec. Bras.**, v. 34, n. 4, p. 709-715, 1999.

ENCARNAÇÃO, R. O. Estresse e produção animal. In: I CICLO INTERNACIONAL DE PALESTRAS SOBRE BIOCLIMATOLOGIA ANIMAL, 1986, Botucatu. **Anais...** Jaboticabal: FUNEP, 1989. p. 111-129.

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

FLAMENBAUM, I.; WOLFENSON, D.; MAMEN, M.; BERMAN, A. Cooling dairy cattle by a combination of sprinkling and forced ventilation and its implementation in the shelter system. **J. Dairy Sci.**, v. 69, p. 3140-3147, 1986.

FUQUAY, J. W.; ZOOK, A. B.; DANIEL, J. W.; BROWN, W. H.; POE, W. E. Modifications in freestall housing for dairy cows during the summer. **J. Dairy Sci.**, v. 62, p. 577-583, 1979.

GEBREMEDHIN, K. G. e WU, B. A model of evaporative cooling of wet skin surface and fur layer. **Journal of Thermal Biology**, v. 26, p. 537-545, 2001.

KEISTER, Z. O.; MOSS, K. D.; ZHANG, H. M.; TEEGERSTROM, T.; EDLING, R. A.; COLLIER, R. J.; AX, R. L. Physiological responses in thermal stressed Jersey cows subjected to different management strategies. **J. Dairy Sci.**, v. 85, p. 3217-3224, 2002.

KEOWN, J. F.; KONONOFF, P. J.; GRANT, R. J. **How to reduce heat stress in dairy cattle.** University of Nebraska-Lincoln: Agricultural publication. G1582-reviewed October 1, 2005. Disponível em: <www.ianrpubs.unl.edu/epublic/live/g1582/build/g1582.pdf> Acesso em: 15 jan. 2007.

KLOSOWSKI, E. S.; CAMPOS, A. T.; CAMPOS, A. T.; GASPARINO, E. Estimativa do declínio na produção de leite, em período de verão, para Maringá-PR. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 10, n. 2, p. 283-288, 2002.

HAHN, G. L. Bioclimatologia e instalações zootécnicas: aspectos teóricos e aplicados. In: II WORKSHOP BRASILEIRO DE BIOCLIMATOLOGIA ANIMAL, 2., 1993, Jaboticabal. **Boletim H148b**. Jaboticabal: FUNEP, 1993. 28 p.

HARNER, J. P.; SMITH, J. F.; BROOK, M.; MURPHY, J. P. Sprinkler systems for cooling dairy cows at a feed line. **Kansas State University**. July, 1999.

HER, E.; WOLFENSON, D.; FLAMENBAUM, I.; FOLMAN, Y.; KAIM, M.; BERMAN, A. Thermal, productive, and reproductive responses of high yielding cows exposed to short-term cooling in summer. **J. Dairy Sci.**, v. 71, n. 4, p. 1085-1092, 1988.

HUBER, J.T. Alimentação de vacas de alta produção sob condições de stress térmico. In: SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA. Bovinocultura leiteira. Piracicaba: FEALQ, 1990. p.33-48.

IGONO, M. O.; STEEVENS, B. J.; SHANKLIN, M. D.; JOHNSON, H. D. Spray cooling effects on milk production, milk, and rectal temperatures of cows during a moderate temperature e summer season. **J. Dairy Sci.**, v. 68, n. 4, p. 979-985, 1985.

IGONO, M. O.; JOHNSON, H. D.; STEEVENS, B. J.; KRAUSE, G. F.; SHANKLIN, M. D. Physiological, productive, and economic benefits of shade, spray, and fan system versus shade for Holstein cows during summer heat. **J. Dairy Sci.**, v. 70, n. 5, p. 1069-1079, 1987.

JOHNSON, H. D. e VANJONACK, W. J. Effects of environmental and other stressors on blood hormone patterns in lactating animals. **J. Dairy Sci.**, v. 59, n. 9, p. 1303-1617, 1976.

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

LEE, J. F. ; SEARS, F. W. . **Termodinâmica.** Rio de Janeiro : McGraw Hill , 1992. 302 p.

MACHADO, P. F. Efeitos da alta temperatura sobre a produção, reprodução e sanidade de bovinos leiteiros. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AMBIÊNCIA NA PRODUÇÃO DE LEITE, 1998, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1998, p. 179-188.

MAIA, A. S. C.; SILVA, R. G.; LOUREIRO, C. M. B. Respiratory heat loss of Holstein cows in a tropical environment. **Int. J. Biometeorol.**, v. 49, p. 332-336, 2005a.

MAIA, A. S. C.; SILVA, R. G.; LOUREIRO, C. M. B. Sensible and latent heat loss from the body surface of Holstein cows in a tropical environment. **Int. J. Biometeorol.**, v. 50, p. 17-22, 2005b.

MARCHETO, F. G.; NÄÄS, I. A.; SALGADO, D. D'ALESSANDRO.; SOUZA, S. R. L. Efeito das temperaturas de bulbo seco e de globo negro e do índice de temperatura e umidade, em vacas em produção alojadas em sistema de free-stall. **Braz. J. vet. Res. Anim. Sci.**, v. 39, n. 6, p. 320-323, 2002.

MARTELLO, Luciane Silva. **Diferentes recursos de climatização e sua influência na produção de leite, na termorregulação dos animais e no investimento das instalações.** 2002. 67 f. Dissertação (Mestrado em zootecnia). Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos — Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2002.

MARTELLO, L. S.; SAVASTANO JÚNIOR, H.; PINHEIRO, M. DAS GRAÇAS. et al. Avaliação do microclima de instalações para gado de leite com diferentes recursos de climatização. **Engenharia Agrícola**, v. 24, n. 2, p. 263-273, 2004a.

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

MATARAZZO, S. V.; SILVA, I. J. O.; PERISSINOTO, M.; MOURA, D. J. et al. Eficiência de sistemas de climatização na área de descanso em instalações do tipo Freestall e sua influência nas respostas produtivas e fisiológicas de vacas em lactação. **B. Industr. Anim.**, v. 64, n. 3, p. 221-232, 2007.

MATARAZZO, S. V.; SILVA, I. J. O.; PERISSINOTO, M.; FERNANDES, S. A. A. Intermitência do sistema de resfriamento adiabático evaporativo por aspersão em instalação para vacas em lactação. **Engenharia Agrícola**, v. 26, n. 3, p. 654-662, 2006.

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

MILLAN, E. **Zootecnia e Veterinária: Teoria e Práticas Gerais.** v.2 Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1982. p. 361.

MÜLLER, P. B. **Bioclimatologia aplicada aos animais domésticos**. 2ª ed. Porto Alegre: Sulina, 1982. 158 p.

NÄÄS, I. A. **Princípios de conforto térmico na produção animal**. São Paulo: Ícone, 1989. 183 p.

NÄÄS, I.A. Tipologia de instalações em clima quente. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AMBIÊNCIA NA PRODUÇÃO DE LEITE, 1998, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1998. p. 146-155.

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

NRC - NATIONAL RESEARCH COUNCIL. 2001. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7 ed. Washigton DC: National Academy Press. 381p. 2001.

PEREIRA, J. C. C. **Fundamentos de Bioclimatologia Aplicados à Produção Animal**. Belo Horizonte: FEPMVZ, 2005. 195 p.

PERISSINOTO, M.; MATARAZZO, S. V.; SILVA, I. J. O.; MOURA, D. J.; PANDORFI, V. Variação da intermitência de acionamento do sistema de resfriamento adiabático evaporativo em freestall e seus reflexos nas trocas de calor sensível e latente. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 2003, Goiânia. Jaboticabal, SP. : SBEA, 2003a.

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

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

PERISSINOTO, M.; MOURA, D. J.; MATARAZZO, S. V.; LIMA, K. A.; MENDES, A. S. Avaliação da eficiência energética de sistemas de climatização em galpões tipo “Freestall” para confinamento de bovinos leiteiros. XI Congresso Internacional sobre Geração Distribuída e energia no Meio Rural AGRENER 2006b.

PIRES, M. F. A. e CAMPOS, A. T. **Relação dos dados climáticos com o desempenho animal**. Embrapa Gado de leite. p. 103 a 114 Disponível em: <www.cnp.gl.embrapa.br/cursos/artigos/ambiencia04.pdf> Acesso em: 20 nov. 2007.

RYAN, D. P.; BOLAND, M. P.; KOPEL, E.; ARMSTRONG, D.; MUNYAKASI, L. GODKE, R. A.; INGRAHAM, R. H. Evaluating two different evaporative cooling management systems for dairy cows in a hot, dry climate. **J. Dairy Sci.**, v. 75, p. 1052-1059, 1992.

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

ROMA JR., et al. Avaliação do sistema de resfriamento adiabático evaporativo (SRAE) em instalações tipo Free-Stall para bovinos de leite. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 30, 2001, *Anais...* Foz do Iguaçu. **CD-ROM ...** Cascavel: UNIOESTE-SBEA, 2001.

SANTOS, M. V. e FONSECA, L. F. L. Composição e propriedades físico-químicas do leite. In: Curso Online: Monitoramento da Qualidade do leite, Módulo 1. **AGRIPOINT Ltda**, Piracicaba –SP; Hipertexto; 06 de outubro, 2004, 16 p.

SARTOR, V.; BAÊTA, F. C.; TINÔCO, I. F. F.; LUZ, M. L. Efeito do resfriamento evaporativo no desempenho de suínos em fase de terminação. **Engenharia na Agricultura**, v. 11, n. 1-4 p. 58-64, 2003.

SHARMA, A. K.; RODRIGUEZ, L. A.; MEKONNEN, G.; WILCOX, C. J.; BACHMAN, K. C.; COLLIER, R. J. Climatological and genetic effects on milk composition and field. **J. Dairy Sci.**, v. 66, p. 119-126, 1983.

SHARMA, A. K.; RODRIGUEZ, L. A.; WILCOX, C. J.; COLLIER, R. J.; BACHMAN, K. C.; MARTIN, F. G. Interactions of climatic factors affecting milk yield and composition. **J. Dairy Sci.**, v. 71, n. 3, p. 819-825, 1988.

SHULTZ, T. A. e WILLIAMS, P. Electric power saving fan options for cow cooling. In: 41^a Annual Dairy Day, Animal Science Department, 20 de março de 2002. Disponível em: <http://cetulare.ucdavis.edu/PUB/CalFan.pdf>

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

SILVA, I. J. O. Vacas produzem mais e melhor em ambientes adequados. **Balde Branco**, v.35, n. 413, p.20-27, 17 Mar 1999a.

SILVA, I. J. O. Sistemas naturais e artificiais do controle do ambiente - climatização. In: SILVA, I. J. O. (Ed.) **Ambiência e qualidade na produção industrial de suínos**. Piracicaba: FEALQ, p.81-111, 1999b.

SILVA, I. J. O. e MOURA, D. J. Automação de sistemas para aumento do conforto animal. In: MATTOS, W. R. S. et al. **A produção animal na visão dos brasileiros**. Piracicaba: Fealq, 2001. p. 347-360.

SILVA, I. J. O.; PANDORFI, H.; ARCARO Jr., I.; PIEDADE, S. M. S.; MOURA, D. J. Efeitos da climatização do curral de espera na produção de leite de vacas holandesas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 5, p. 2036-2042, 2002.

SILVA, P. H. F. Leite: Aspectos de composição e propriedades. **Revista Química Nova na Escola**, n. 6, p. 3-5, novembro, 1997.

SILVA, R.G. **Introdução à Bioclimatologia Animal**. São Paulo: Editora Nobel, 2000. 286 p.

SILVA, R.G. Transmissão de radiação ultravioleta através do pelame e da epiderme de bovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 6, p. 1939-1947, 2001.

SILVA, R.G. Estimativa do balanço térmico por radiação em vacas Holandesas expostas ao sol e à sombra em ambiente tropical. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 28, n. 6, p. 1403-1411, 1999.

SOUZA, Regina Lucas de. **Análise do ambiente físico de vacas leiteiras alojadas em sistema de freestall**. 2003. 60 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) — Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

SOUZA, S. R. L.; NÄÄS, I. A.; MARCHETO, F. G.; SALGADO, D. D. Análise das condições ambientais em sistemas de alojamento freestall para bovinos de leite. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 8, n. 2/3, p. 299-303, 2004a.

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

STOBER, M. Identificação, anamnese, regras básicas da técnica do exame clínico geral. In: ROSEMBERG (Ed). **Exame clínico dos bovinos**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1993. 419p.

SWENSON, M.J. & REECE, W.O. **Dukes: Fisiologia dos Animais Domésticos**. 11ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan, 1996, 799 p.

TAYLOR, R. B.; HUBER, J. T.; GOMEZ-ALARCONQ, R. A.; WIERSMA, F.; PANG, X. Influence of Protein Degradability and Evaporative Cooling on Performance of Dairy Cows During Hot Environmental Temperatures. **Journal of Dairy Science**, v. 74, p. 243-249, 1991.

THATCHER, W. W. Effects of season, climate, and temperature on reproduction and lactation. **Journal of Dairy Science**, v. 57, n. 3, p. 360-368, 1974.

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

TINÔCO, I. F. F.; FIGUEIREDO, J. L. A.; SANTOS, R. C. et al. Avaliação de materiais alternativos utilizados na confecção de placas porosas para sistemas de resfriamento adiabático evaporativo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 6, n. 1, p. 147-150, 2002.

TINÔCO, I. F. F.; FIGUEIREDO, J. L. A.; SANTOS, R. C. et al. Placas porosas utilizadas em sistemas de resfriamento evaporativo. **Engenharia na Agricultura**, v. 12, n. 1, p. 17-23, 2004.

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

THOM, E.C. Cooling degress: day air-conditioning, heating and Ventilating. **Transaction of the American Society of Heating**, v.55, n.7, p.65-72, 1958.

TURCO, S. H. N.; SILVA, T. G. F.; SANTOS, L. F. C.; et al. Zoneamento bioclimático para vacas leiteiras no Estado da Bahia. **Engenharia Agrícola**, v. 26, n. 1, p. 20-27, 2006.

TURCO, S. H. N.; ARAÚJO, G. G. L.; TEIXEIRA, A. H. C. et al. **Temperatura retal e frequência respiratória de bovinos da raça sindi sob as condições térmicas do semi-árido brasileiro**. In: XXXVI REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, **Anais...** 26 a 29 de julho de 1999, Porto Alegre – RS.

VIGODERIS, Ricardo Brauer. **Desenvolvimento de um protótipo para resfriamento adiabático evaporativo, em instalações climatizadas para animais, usando argila expandida**. 2002. 53 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) — Universidade federal de Viçosa, Viçosa, 2002.

WEGNER, T. N.; SCHUH, J. D.; NELSON, F. E.; STOTT, G. H. Effect of Stress on Blood Leucocyte and Milk Somatic Cell Counts in Dairy Cows. **Journal of Dairy Science**, v. 59, p. 949-956, 1976.

WEST, J. W. Physiological Effects of Heat Stress on Production and Reproduction. In: TRI-STATE DAIRY NUTRITION CONFERENCE, 2002, University of Georgia: Animal e Dairy Science Department, abril 16 e 17, 2002. p.1-9.

WEST, J. W. Effects of Heat-Stress on Production in Dairy Cattle. **J. Dairy Sci.** v.86, n.6, p. 2131-2144, 2003.

WHITAKER, J.H. **Agricultural building and structure**. Heston: Heston Publishing Company, 1979, 262 p.

WILLIAMS, J. S.; SHRODE, R. R.; LEIGHTON, R. E.; RUPEL, I. W. A study of the influence of solar radiation on physiological responses of dairy cattle. **J. Dairy Sci.**, v. 43, n. 9, p. 1245-1254, 1960.

WISE, M. E.; ARMSTRONG, D. V.; HUBER, J. T.; HUNTER, R.; WIERSMA, F. Hormonal Alterations in the lactating dairy cow in response to thermal stress. **J. Dairy Sci.**, v. 71, p. 2480-2485, 1988.

APÊNDICE

APÊNDICE A – ALGUNS RESULTADOS ESTATÍSTICOS

Tabela A1. Análise de variância para a produção de leite média diária.

CV	G.L.	SQ	QM	F	Prob
Tratamento	3	57,7	19,2	4,6441	0,003065
Turno	1	3110,0	3110,0	750,5232	$<2,2 \times 10^{-16}$
Tratamento X Turno	3	120,1	40,0	9,6637	$<2,486 \times 10^{-16}$
Resíduo	1941	8043,0	4,1		

Tabela A2. Análise de variância para temperatura retal.

CV	G.L.	SQ	QM	F	Prob
Tratamento	3	0.16	0.16	0.4096	0.5222
Turno	1	223.46	223.46	565.3902	$<2e-16$
Tratamento X turno	3	0.10	0.10	0.2636	0.6078
Resíduos	1724	681.38	0.40		

Tabela A3. Análise de variância para temperatura do úbere.

CV	G.L.	SQ	QM	F	Prob
Tratamento	3	337.4	112.5	43.6975	$<2e-16$
Turno	1	15.2	15.2	5.9161	0.01510
Tratamento X turno	3	299.1	99.7	38.7458	$<2e-16$
Resíduos	1724	681.38	0.40		

Tabela A4. Análise de variância para a frequência respiratória.

CV	G.L.	SQ	QM	F	Prob
Tratamento	3	961	320	4.1488	0.006115
Turno	1	13637	13637	176.6656	$<2.2e-16$
Tratamento X turno	3	810	270	3.4960	0.015037
Resíduos	1752	135241	77		

Tabela A5. Análise de variância para a frequência cardíaca.

CV	G.L.	SQ	QM	F	Prob
Tratamento	3	1186	395	8.4080	1.506e-05
Turno	1	3097	3097	65.8939	8.871e-16
Tratamento X turno	3	224	75	1.5874	0.1905
Resíduos	1752	82351	47		

Tabela A6. Análise de variância, para a temperatura da pelagem de cor branca

CV	G.L.	SQ	QM	F	Pr(>F)
Tratamento	3	60.8	20.3	3.7444	0.01074
Turno	1	502.0	502.0	92.8158	$<2.2 \times 10^{-16}$
Tratamento X turno	3	161.2	53.7	9.9364	1.769×10^{-6}
Resíduos	1312	7096.0	5.4		

Tabela A7. Análise de variância, para a temperatura da pelagem de cor preta

CV	G.L.	SQ	QM	F	Pr(>F)
Tratamento	3	33.1	11.0	2.0885	0.09981
Turno	1	765.7	765.7	145.1449	$< 2.2 \times 10^{-16}$
Tratamento X turno	3	292.4	97.5	18.4785	8.501×10^{-12}
Resíduos	1697	8952.0	5.3		

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)