

INSTITUTO DE ZOOTECNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO ANIMAL SUSTENTÁVEL

**DESEMPENHO, RESPOSTAS FISIOLÓGICAS E COMPORTAMENTAIS DE
NOVILHAS LEITEIRAS MANTIDAS EM DIFERENTES REGIMES DE
VENTILAÇÃO FORÇADA**

Claiton André Zotti

NOVA ODESSA
AGOSTO DE 2010

Livros Grátis

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

Milhares de livros grátis para download.



GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO
SECRETARIA DE AGRICULTURA E ABASTECIMENTO
AGÊNCIA PAULISTA DE TECNOLOGIA DOS AGRONEGÓCIOS
INSTITUTO DE ZOOTECNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO ANIMAL SUSTENTÁVEL

**DESEMPENHO, RESPOSTAS FISIOLÓGICAS E COMPORTAMENTAIS DE
NOVILHAS LEITEIRAS MANTIDAS EM DIFERENTES REGIMES DE
VENTILAÇÃO FORÇADA**

Claiton André Zotti

Orientador: Dr. Irineu Arcaro Junior
Co-orientadora: Dr^a Luciandra Macedo de Toledo

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação do Instituto de Zootecnia, APTA/SAA, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Produção Animal Sustentável.

Nova Odessa
Agosto, 2010

Ficha elaborada pelo Núcleo de Informação e Documentação do Instituto de Zootecnia.
Bibliotecária responsável – Ana Paula dos Santos Galletta - CRB8/7166

Z89d Zotti, Claiton André

Desempenho, respostas fisiológicas e comportamentais de novilhas leiteiras mantidas em diferentes regimes de ventilação forçada / Claiton André Zotti. Nova Odessa,SP : [s.n.], 2010.
63f.

Dissertação (Mestrado) – Instituto de Zootecnia – APTA/SAA,
Nova Odessa.

Área de Concentração: Produção Animal Sustentável.

Orientador: Irineu Arcaro Júnior

Bibliografia

1. Bovinos leiteiros. 2. Conforto térmico. 3. Termografia de infravermelho. 4. Novilhas. 5. Ventilação.

CDD 636.2



GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO
SECRETARIA DE AGRICULTURA E ABASTECIMENTO
AGÊNCIA PAULISTA DE TECNOLOGIA DOS AGRONEGÓCIOS
INSTITUTO DE ZOOTECNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO ANIMAL SUSTENTÁVEL

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

**DESEMPENHO, RESPOSTAS FISIOLÓGICAS E
COMPORTAMENTAIS DE NOVILHAS LEITEIRAS MANTIDAS EM
DIFERENTES REGIMES DE VENTILAÇÃO FORÇADA**

CLAITON ANDRÉ ZOTTI

Orientador: Dr. Irineu Arcaro Junior

Co-orientador: Dr^a Luciandra Macedo de Toledo

Aprovado como parte das exigências para obtenção de título de MESTRE em Produção Animal Sustentável, pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. Irineu Arcaro Junior:

Dr^a Cecília José Veríssimo

Iran José Oliveira da Silva

Data da realização: 17 de Agosto de 2010

Presidente da Comissão Examinadora
Prof. Dr. Irineu Arcaro Junior

Dedicatória

A Pedro e Carmem Zotti pelo exemplo de amor e carinho; pais que nunca mediram esforços para proporcionar a seus filhos condições de estudo e crescimento profissional.

Aos meus irmãos Vinícius e Calandra pelos quais tenho grande respeito e admiração, sempre preocupados com meu bem-estar.

Ao tio Mauri, meu grande incentivador presente em todas as minhas conquistas.

À Maria Luisa mulher prestativa, incentivadora que sempre esteve ao meu lado, gostaria de compartilhar contigo mais essa conquista.

EU AMO VOCÊS!

"A alegria que se tem em pensar e aprender faz-nos pensar e aprender ainda mais". Aristóteles

AGRADECIMENTOS

À Deus, por ter me propiciado saúde e coragem para seguir em frente a cada dia.

Aos animais que encararam as avaliações de forma harmoniosa e inteligente me surpreendendo diariamente.

Aos idealizadores do Programa de Pós-graduação em Produção Animal Sustentável por fornecerem um curso voltado às necessidades do setor.

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

Ao Prof. Dr. Irineu Arcaro Junior, pela orientação, ensinamentos conselhos e incentivo ao longo desta importante etapa.

À Dr^a. Luciandra Macedo de Toledo, pela orientação e pelo auxílio durante a fase experimental.

Ao Dr. Luis Alberto Ambrósio pela oportunidade e aos sábios ensinamentos estatísticos repassados, incentivando-me à pesquisa.

À Dr^a Juliana Pozzi Arcaro e Dr^a Cláudia Pozzi pelo apoio e contribuição.

A todos os funcionários do setor Palmeira, especialmente a Izildinha, Mariana, ao Edmar, Seu Osmar, Seu Valter e ao Gilberto, profissionais que tenho alta consideração e que nunca mediram esforços no auxílio à pesquisa e na solução de imprevistos, fazendo do planejado uma realidade.

À Dr^a Luciane Martello, Dr. Jackson Barros do Amaral e Prof. Dr. Iran Oliveira da Silva pelas valiosas sugestões e contribuições realizadas para o enriquecimento desta pesquisa.

Aos Professores Dr. Vicente José Savino e Dr. Antonio Augusto Coelho pelo incentivo e oportunidades disponibilizadas.

À amiga Valéria pelo auxílio e colaboração durante o planejamento experimental.

Aos colegas Luciano, Lucas, Ana Cláudia, Tiago, João Gabriel, Joana e Tânia pela troca de experiências e auxílio na condução do experimento.

Aos colegas de pós-graduação pelos momentos de estudo, descontração e amizade

Ao grande e admirado amigo Carlos Eduardo pela força e confiança mútua, companheiro sempre presente. Muito obrigado!

Ao Maicon Sbardella, amigo do peito pelo qual tenho o mais profundo respeito.

Ao ser que durante a elaboração deste trabalho esteve ao meu lado, paciente e compreensivo, sempre disposto a mais um carinho. Mais que um simples cão, Bob!

SUMÁRIO

RESUMO	ix
ABSTRACT	xi
LISTA DE TABELAS	xiii
LISTA DE FIGURAS	xiv
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1 Trocas de calor	3
2.2 Índices ambientais	4
2.2.1 Carga térmica radiante.....	4
2.2.2 Índice de Temperatura do Globo e Umidade.....	4
2.2.3 Índice de Temperatura e Umidade	5
2.3 Efeito do ambiente climático sobre as respostas do animal.....	5
2.3.1 Respostas produtivas	5
2.3.2 Respostas fisiológicas.....	7
2.3.2.1 Frequência respiratória	7
2.3.2.2 Temperatura retal	8
2.3.2.3 Temperatura superficial do pelame (TS).....	9
2.3.3 Respostas comportamentais.....	11
2.4 Climatização das instalações para bovinos leiteiros.....	12
2.4.1 Utilização da ventilação forçada	12
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	15
3.1 Localização do experimento e instalações	15
3.2 Caracterização e manejo dos animais	16
3.3 Delineamento experimental	16
3.4 Alimentação e desempenho.....	17
3.5 Variáveis ambientais.....	18
3.6 Variáveis fisiológicas.....	20
3.6.1 Frequência respiratória	20
3.6.2 Temperatura retal	20
3.6.3 Temperatura superficial.....	20
3.7 Análise comportamental	22
3.8 Análise estatística	22

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
4.1 Variáveis e índices ambientais	25
4.2 Variáveis fisiológicas.....	34
4.2.1 Frequência respiratória	34
4.2.2 Temperatura retal	37
4.2.3 Temperatura superficial.....	42
4.3 Desempenho	48
4.4 Comportamento	49
5 CONCLUSÕES	53
6 REFERÊNCIAS.....	54
ANEXO	63

RESUMO

Desempenho, respostas fisiológicas e comportamentais de novilhas leiteiras mantidas em diferentes regimes de ventilação forçada

Este estudo foi conduzido para avaliar a influência da ventilação forçada sobre o desempenho, respostas fisiológicas e comportamentais de novilhas leiteiras mantidas em sistema confinado. Foram utilizadas 16 novilhas mestiças, distribuídas em quatro tratamentos: sem ventilação forçada (SV); ventilação forçada durante as 24 horas do dia (V24); ventilação forçada das 6 h às 18 h (VD) e ventilação forçada das 18 h às 6 h (VN). Os ventiladores foram acionados automaticamente sempre que a temperatura do ar ultrapassou 25°C. O delineamento experimental adotado foi quadrado latino duplo (4 x 4), no qual cada período (12 dias) consistiu em cinco dias iniciais de adaptação, com três dias de coleta das variáveis fisiológicas, um dia de registro do comportamento por 24 horas, um dia sem atividade e os dois últimos dias sem aplicação de nenhum tratamento (*wash-out*). A frequência respiratória (FR), temperatura retal (TR) e temperatura superficial do pelame (TS) foram avaliadas em cinco horários (7, 10, 13,16 e 19 h). A TS foi tomada com emprego da termografia de infravermelho na região da garupa, flanco, costela e pata. Os animais foram pesados no penúltimo dia de cada período, sendo o consumo de matéria seca (CMS) registrado diariamente. Na análise comportamental foi observada a postura (em pé e deitada) e atividade (comendo, ócio e ruminando) em intervalos de 10 minutos, durante 24 horas, sendo os períodos de observação divididos em diurno (6 - 18h) e noturno (18 - 6 h). A carga térmica radiante (CTR) foi menor significativamente no horário das 10 e 13 h para os tratamentos VD e V24. Os tratamentos não apresentaram diferença significativa ($P>0,05$) em relação ao índice de temperatura e umidade (ITU) e o índice de temperatura de globo e umidade (ITGU). A partir do segundo horário, o uso de ventilação apresentou significativamente ($P<0,05$) menores valores de FR nos tratamentos ventilados em relação aos sem acesso à ventilação. A TR foi significativamente menor para os tratamentos VD e V24 nos horários mais quentes (10 e 13 h), ocorrendo menor TR durante o período noturno para V24 e VN. A presença de ventilação a partir do segundo horário de avaliação teve efeito positivo sobre todas as regiões estudadas, diminuindo a TS. Não houve diferença ($P>0,05$) entre os tratamentos no CMS, bem como no ganho de peso diário. As atividades e posturas corporais durante o dia e a noite não foram afetadas pelos tratamentos. Durante o dia, observou-se maior frequência de animais comendo e em ócio e à noite, o predomínio foi de animais ruminando, seguido de ócio. O sistema de ventilação apresentou efeito positivo em curto espaço de tempo sobre as variáveis fisiológicas, e sua ausência refletiu em piores condições de conforto, o que ressalta a importância de manter o sistema acionado por período integral (V24), sempre que a temperatura indicar condições de estresse por calor.

Palavras-chave: Conforto térmico, termografia de infravermelho, novilhas, ventilação

ABSTRACT**Performance, physiological and behavioral response of dairy heifers kept in different forced ventilation systems**

This study was conducted to evaluate the influence of forced ventilation on performance, physiological and behavioral responses of heifers kept in confinement. Sixteen crossbreeding dairy heifers were used, distributed in four treatments: without forced ventilation (SV); forced ventilation during 24 hours (V24); diurnal forced ventilation from 6AM to 6PM (VD) and nocturnal forced ventilation from 6PM to 6AM (VN). Fans were automatically triggered when air temperature was higher than 25°C. Experimental design adopted was a replicated latin square (4 x 4), in which every period (twelve days) consisted in five days of adaptation, with three days to the collection of physiological variables, one day to behavior register, one day without any collection, and the two last days without using any of the treatments (wash-out). Respiration rate (RR), rectal temperature (RT) and hair coat superficial temperature (ST) were evaluated in five schedules (7AM; 10AM; 1PM; 4PM; 7PM). ST was taken with the use of infrared thermography in the regions of rump, flank, rib and leg. Animals were weighed in the penultimate day of each period, and dry matter intake (DMI) was daily registered. On behavioral analysis were observed lying and standing postures and activities (eating, idling and ruminating) in intervals of 10 minutes, during 24 hours, being the observation periods divided in diurnal (6AM – 6PM) and night (6PM – 6AM). The radiant thermal load (RTL) was significantly smaller in the schedules 10AM and 13PM in VD and V24 treatments. Treatments did not show significant difference ($P>0.05$) in relation to temperature and humidity index (THI) and black globe temperature and humidity index (BGHI). From the second schedule, the use of forced ventilation significantly ($P<0.05$) diminished RR in relation to the treatments without access to ventilation. RT was significantly smaller in VD and V24 treatments in the hottest schedules (10AM and 13PM), and in VN and V24 in the night period. Presence of ventilation from the second evaluation schedule had positive effect under all the studied regions, decreasing ST. There was no difference ($P>0.05$) among treatments on DMI, as well as in daily weight gain. Activities and body postures along the day and night were not affected by treatments. During the day more animals were observed eating and idling, and at night the predominance was of animals ruminating, followed by idling. Ventilation system had positive effect in a short time under physiological variables, and its absence reflected in worse comfort conditions, which stands out the importance of keeping the system triggered for 24 hours, every time that temperature indicates heat stress conditions.

Key words: Heifers, infrared thermography, thermal comfort, ventilation

LISTA DE TABELAS

Tabela 1– Composição bromatológica dos ingredientes da dieta.....	17
Tabela 2 – Representação esquemática dos tratamentos no primeiro quadrado latino.....	23
Tabela 3 – Representação esquemática dos tratamentos no segundo quadrado latino	23
Tabela 4 – Coeficientes para interpolação de polinômios ortogonais, de acordo com o horário de avaliação	23
Tabela 5- Variáveis e índices ambientais (média \pm desvio-padrão), em cada tratamento durante o período diurno (6 h – 18 h).	26
Tabela 6 - Variáveis e índices ambientais (média \pm desvio-padrão), em cada tratamento durante o período noturno (18 h – 6 h).....	27
Tabela 7 – Equações de regressão polinomial para estimar a frequência respiratória em função da hora.....	36
Tabela 8 – Equações de regressão polinomial para estimar a temperatura retal em função da hora.....	40
Tabela 9 – Temperatura superficial (média \pm erro padrão da média) da garupa, flanco, costela e pata de acordo com cada tratamento nos diferentes horários.	43
Tabela 10 – Magnitude de aumento da temperatura superficial de acordo com o tratamento nas diferentes regiões do corpo	46
Tabela 11 – Desempenho (média \pm erro padrão da média) de novilhas mantidas sob diferentes regimes de.....	49

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Visão geral das instalações.....	15
Figura 2 – Esquema do delineamento experimental de cada período.....	17
Figura 3 – Seleção da temperatura da superfície do pelame A) Garupa, B) Flanco e costela e C) Pata.....	21
Figura 4 - Temperatura do ar (A) e umidade relativa (B) máxima e mínima.	25
Figura 5- Médias da carga térmica radiante (CTR) e erro padrão da média de acordo com o tratamento e horário de avaliação.	28
Figura 6 - Equação de regressão polinomial ajustada para Carga Térmica Radiante (CTR) em função dos horários de avaliação.....	29
Figura 7 – Médias do índice de temperatura e umidade (ITU) e erro padrão da média de acordo com o tratamento e horário de avaliação.	30
Figura 8 - Equação de regressão polinomial ajustada para o índice de temperatura e umidade (ITU) em função dos horários de avaliação.....	31
Figura 9 - Médias do índice de temperatura de globo e umidade (ITGU) e erro padrão da média de acordo com o tratamento e horário de avaliação.	32
Figura 10 - Equação de regressão ajustada para índice de temperatura de globo e umidade (ITGU) em função dos horários de avaliação.....	33
Figura 11 – Médias da frequência respiratória e erro padrão da média de acordo com o tratamento em cada horário de avaliação..	34
Figura 12 – Equação de regressão ajustada para FR em função dos horários de avaliação para os tratamentos adotados.....	37
Figura 13 – Temperatura retal de acordo com o tratamento em cada horário de avaliação. ...	38
Figura 14 - Equação de regressão ajustada para TR em função dos horários de avaliação para os tratamentos adotados.....	40
Figura 15 – Temperatura superficial em função da temperatura do ar para os tratamentos: A) SV, B) VD; C) VN; D) V24.....	42
Figura 16 – Ocorrência de atividades de ingestão de alimento (COM), sem atividade (ÓCIO, ruminação (RUM), ingestão de água (BEB) e outras atividades durante o dia (A) e a noite (B).....	50

1 INTRODUÇÃO

A produção de leite no Brasil tem um papel econômico importante, sendo o país classificado como o 6º maior produtor de leite do mundo, com uma produção de 28.795 mil toneladas em 2009. Em termos de eficiência, o setor apresenta sérios problemas, com a modesta produtividade de 1.670 kg de leite/vaca/ano (USDA, 2009).

Apesar destes resultados, a produção leiteira nacional vem passando por transformação em razão da adoção de modernas tecnologias em busca do crescimento substancial da produtividade. No entanto, o fator clima/animal ainda representa perdas expressivas ao setor.

De acordo com dados do zoneamento da produção de leite desenvolvido pela Embrapa, todos os estados da Região Sudeste apresentam regiões nas quais foram constatados valores de índice de temperatura e umidade acima do nível crítico para os animais, onde, portanto medidas a fim de reduzir os efeitos do estresse térmico nos animais são necessárias.

Nesse contexto, muita atenção tem sido dada à produção científica focada à ambiência de vacas leiteiras de alta produtividade. Nääs (1998) ressalta a necessidade de se ter instalações adequadas, com características construtivas que garantam o mínimo de conforto, que permitam ao animal expressar todo seu potencial genético.

Por outro lado, o bem-estar térmico de animais em crescimento tem sido pouco explorado uma vez que novilhas geram menos calor metabólico em comparação a vacas por possuírem maior área superficial em relação à massa corporal, sendo esperado nessa categoria maior tolerância ao estresse térmico (WEST, 2003).

Dentro de um plantel, a criação de novilhas torna-se um fator essencial para o equilíbrio da atividade, pois esses animais representam a reposição das vacas adultas do rebanho (OLIVEIRA et al., 2005). Nesse sentido, é necessário promover condições adequadas às novilhas, garantindo desta forma o máximo desenvolvimento sob condições de bem-estar.

Sendo considerados animais homeotermos com complexo sistema de termorregulação, os bovinos precisam estar em equilíbrio térmico com o ambiente que inclui a radiação, temperatura, umidade e velocidade do ar (KADZERE et al., 2002). Assim, os sistemas de produção devem fornecer um ambiente propício ao desempenho animal, lançando mão de técnicas construtivas e equipamentos adaptados a cada microclima.

Um 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 (NÄÄS e ARCARO JUNIOR, 2001).

Diversos trabalhos têm avaliado a eficiência da ventilação em ambientes de produção intensiva, principalmente no que se refere a vacas lactantes (BERMAN, et al., 1985; YOUNAS, et al., 1993; ARCARO JUNIOR et. al., 2005). No entanto, trabalhos que relatam condições de conforto térmico de animais em crescimento são escassos, assim como o uso de regimes de ventilação forçada.

Assim, este trabalho tem por objetivo avaliar a influência de diferentes regimes de ventilação forçada sobre as condições ambientais (carga térmica radiante, índice de temperatura e umidade e índice de temperatura de globo negro e umidade), desempenho (consumo de matéria seca, ganho de peso e conversão alimentar), variáveis fisiológicas (frequência respiratória, temperatura retal e temperatura da superfície do pelame) e comportamentais de novilhas leiteiras mantidas em sistema confinado.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Trocas de calor

A estratégia de termorregulação dos homeotermos é manter a temperatura corporal superior à temperatura ambiente, permitindo que o calor flua do núcleo corporal para o ambiente externo a partir de quatro vias de troca de calor (radiação, condução, convecção e evaporação). Três dessas vias (radiação, condução, convecção) são caracterizadas como vias sensíveis de perda de calor e requerem um gradiente térmico para operarem (COLLIER et al., 2006).

A quantidade de calor transferida por meio da radiação é proporcional ao gradiente de temperatura do couro e das estruturas circundantes. O calor é adquirido do ambiente pelo animal dentro do espectro visível (0,4 a 0,78 μm) e perdido na forma de radiação térmica no espectro do infravermelho (ROBERTSHAW, 2006).

Na perda de calor por convecção, o transporte de calor é realizado por moléculas, com a substituição das moléculas quentes por outras frias, sendo influenciada pela movimentação do ar e pelo aumento da superfície corporal considerada (MEDEIROS, 2001). Quando o ar mais frio é ventilado sobre o corpo do animal (temperatura maior que o ar), há um rompimento da camada de ar retida no pelame. Este processo faz com que o ar ao redor da superfície do corpo se aqueça e suba levando com ele o calor, e assim resfriando a superfície do corpo pelo processo de convecção (KADZERE et al., 2002).

Além das perdas de calor por convecção e radiação (calor sensível), a habilidade dos animais em resistirem a altas temperaturas é proporcional à sua capacidade de eliminar calor latente através da evaporação (SOUZA JUNIOR, 2008). A perda de calor sensível declina quando a temperatura ambiente apresenta-se acima da zona de conforto, e a manutenção da temperatura corporal se dá por meio da vasodilatação e pela perda de calor evaporativo pela superfície da pele através da sudorese (TURNPENNY et al., 2000). Esse mecanismo é facilitado em animais com pelames bem assentados e pouco densos por possuírem menor resistência à transferência de vapor (LIGEIRO et al., 2006).

Taxas de evaporação cutânea e respiratória de vacas em lactação foram medidas por Maia et al. (2008) em condições tropicais, onde observaram que um aumento da temperatura de 10 °C para 36 °C e queda da umidade relativa de 90% para 30%, fez com que aumentasse a evaporação respiratória de 5 para 57 $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ e a evaporação na superfície corporal passou de 30 para 350 $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$. Estes dados comprovam que a eliminação do calor latente é o principal

mecanismo de perda de energia térmica sob altas temperaturas (>30 °C) e baixa umidade, sendo a evaporação cutânea responsável por 85% da perda total de calor nessa situação.

2.2 Índices ambientais

2.2.1 Carga térmica radiante

O uso da carga térmica radiante (CTR) foi proposta por Esmay (1969), sendo um índice adotado por diversas pesquisas desde então. A CTR considera a energia radiante proporcionada pelo ambiente, procedente de todas as direções e irradiada sobre o animal.

Segundo Silva (2008) a CTR pode ser determinada para um dado ambiente considerando que o animal esteja localizado no centro de uma esfera oca infinitamente grande, cuja superfície interna comporte-se como um corpo negro mantido a uma temperatura uniforme. Assim, com uso da temperatura de globo negro, temperatura do ar e velocidade do vento pode-se estimar as condições térmicas do ambiente através do efeito combinado dessas variáveis.

2.2.2 Índice de Temperatura do Globo e Umidade

O índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) foi desenvolvido por Buffington et al. (1981) como um índice de conforto térmico para vacas leiteiras expostas a níveis de radiação solar direta e indireta.

A temperatura de globo negro é uma maneira de se indicar os efeitos combinados de radiação, convecção e sua influência no organismo vivo (BOND e KELLY, 1955). De acordo com Baccari Junior (1998), o ITGU é um indicador mais preciso do conforto dos animais em relação ao ITU sob condições severas de estresse pelo calor, e, em condições moderadas de estresse, ambas são adequados. Conforme Baêta e Souza (1997), valores de ITGU até 74 definem condição de conforto para os bovinos, entre 75 e 78 é considerada faixa de alerta; 79 a 84 caracterizam perigo, e acima deste valor tem-se o estado de emergência.

2.2.3 Índice de Temperatura e Umidade

O índice de temperatura e umidade (ITU) foi originalmente proposto por Thom (1959), porém aplicado para caracterizar o ambiente de produção animal somente a partir do trabalho descrito por Johnson (1980). Em seguida, Yousef (1985) determinou de forma empírica o ITU para bovinos mantidos em estresse térmico sob condições ambientais controladas.

Dado em valor adimensional, esse índice combina os efeitos da temperatura e da umidade relativa do ar sobre o desempenho animal. Valores de ITU igual a 72 constituem o limite acima do qual vacas em lactação são afetadas (ARMSTRONG, 1994).

Esse índice têm sido aplicado extensivamente em pesquisas no mundo todo, mesmo reconhecendo sua limitação, por não considerar os efeitos da velocidade do vento e radiação térmica. A temperatura do ar e a umidade têm grande influência nas trocas térmicas em ambientes quentes ou frios, assim, representam adequadamente o impacto nos animais (HAHN et al., 2009).

Pesquisas desenvolvidas nos EUA e Austrália apontaram que o ITU é o índice que apresenta maior correlação com as perdas reprodutivas do rebanho leiteiro. Estudos conduzidos na Austrália mostraram que a produção de leite diminuiu com ITU maior que 75, enquanto que a reprodução declinou com ITU maior que 72 (DAVISON, 2007). Em contrapartida, Pereira et al. (2008) relatam que para novilhas não-lactantes e não-gestantes é possível que o ITU igual a 72 não caracterize condição de estresse.

Por outro lado, estudo desenvolvido por Dikmen e Hansen (2009) avaliaram oito equações utilizadas para determinar o índice de temperatura e umidade para vacas em período de lactação. Nessa avaliação, os autores mostraram que na prática existe um ganho pequeno em se utilizar o referido índice ambiental, em relação à utilização da temperatura de bulbo seco isoladamente.

2.3 Efeito do ambiente climático sobre as respostas do animal

2.3.1 Respostas produtivas

Os desafios na produção de leite são constantes, em busca de sistemas competitivos que consigam manter a produtividade dos animais de forma que a atividade torne-se sustentável. Para isso, é importante conhecer os fatores limitantes ao desempenho produtivo,

aspecto dependente da combinação entre o potencial genético e as condições do ambiente de criação.

Nääs e Arcaro Junior (2001) mencionam a faixa de 13 a 18 °C como confortável para a maioria dos ruminantes, e a faixa de 4 a 24 °C para vacas em lactação, podendo ser restringidas a temperaturas entre 7 e 21 °C, em função da umidade relativa e da radiação solar.

Segundo Silanikove (2000), o estresse por calor atua no hipotálamo estimulando a saciedade e inibindo a fome, o que induz o animal a reduzir o consumo de alimento. Nesse sentido, o NRC (2001) descreve que, em condições de estresse térmico há uma queda no consumo de matéria seca de até 55%, quando comparado ao consumo em temperaturas dentro da zona de conforto, aumentando com isso de 7 a 25% as exigências de manutenção.

Para vacas lactantes, o consumo de alimento diminui quando a temperatura média diária excede 25 °C, e o impacto no consumo é de aproximadamente 2% para cada grau Celsius de aumento (DAVISON, 2007). Por outro lado, Quigley et al. (1986), estudando os fatores que afetam o consumo de matéria seca de novilhas, não encontraram queda no consumo em temperaturas acima de 25 °C, o que pode ser explicado pela ingestão de alimentos ter ocorrido nas horas mais frescas da noite.

DeVries e Von Keyserlingk (2009), avaliando o efeito de métodos de alimentação no comportamento alimentar de novilhas em crescimento, verificaram que a dieta completa proporcionou maior equilíbrio na ingestão diária de nutrientes, em comparação a dietas com concentrado e volumoso fornecidos separadamente.

O consumo é a principal resposta associada ao estresse por calor, sendo possível estimar a eficiência produtiva do rebanho a partir deste parâmetro. No entanto, em condições de pesquisa, o registro do consumo de animais mantidos em grupo passa a ser um desafio.

Alguns autores (ROMA JUNIOR, 2004; MARTELLO et al., 2004; FERRIS et al., 2006) têm adotado o uso do sistema de alimentação individual. Este sistema permite o controle preciso do consumo alimentar de cada animal, sem interferência no consumo total de matéria seca, quando comparado a métodos convencionais (FERRIS et al., 2006). A eficiência da mitigação do estresse térmico proporcionada por sistemas de climatização é convencionalmente medida pelo desempenho e respostas fisiológicas dos animais (BERMAN, 2008).

2.3.2 Respostas fisiológicas

As respostas fisiológicas de bovinos às variações da temperatura do ambiente diferem em razão de fatores como o nível e o estágio de produção, a proporção de volumoso na dieta e as amplitudes de variação da temperatura ambiente, dos índices ambientais e da umidade relativa do ar (McDOWELL, 1972).

A avaliação das respostas fisiológicas tem sido comumente empregada como forma de conhecer o comportamento destas, bem como o grau de adaptação dos animais sob condições de estresse térmico (SMITH et al., 2006; SCHARF, et al., 2008; NONAKA et al. 2008). Dentre as respostas fisiológicas destacam-se: a frequência respiratória, a temperatura retal e a temperatura da superficial do pelame.

2.3.2.1 Frequência respiratória

O aumento da frequência respiratória (FR) é o primeiro sinal visível de resposta ao estresse pelo calor, embora seja terceiro lugar na sequência dos mecanismos de adaptação fisiológica, pois a vasodilatação periférica e o aumento da sudorese ocorrem previamente (BACCARI JUNIOR, 2001). Esse aumento geralmente está associado com a exposição ao calor, mudando o comportamento respiratório dos bovinos, devido ao menor volume de ar inspirado. Uma vez ofegante o bovino inicia a troca de calor pela evaporação de umidade do trato respiratório (ROBERTSHAW, 2006).

Conceição (2008) relata que dentre as variáveis fisiológicas estudadas, a FR é a mais interessante para ser utilizada em trabalhos com animais jovens, pelo motivo de apresentar as respostas mais imediatas às alterações do ambiente térmico.

Os valores de FR disponíveis na literatura em geral referem-se a vacas em período de lactação, sendo raros os valores de referência para a predição de condição de estresse de novilhas. Dessa forma, para vacas em lactação, valores de FR situados entre 40-60 movimentos por minuto (mov/min) indicam animais com ausência de estresse térmico; uma condição de estresse médio a alto reflete em FR entre 60-80 mov/min; frequências entre 80-120 mov/min estão ligadas à alta condição de estresse térmico, e quando a FR atinge valores superiores a 150 mov/min a condição requer intervenção imediata na tomada de medidas a fim de reduzir o calor (SILANIKOVE, 2000).

Para bovinos até um ano de idade, Reece (2006) apresenta como FR normal a faixa entre 21 e 25 mov/min. Por outro lado, a situação de estresse retratada por Conceição (2008) (novilhas leiteiras mantidas à pasto sem a disponibilidade de sombra) resultou em FR às 13h de 102 mov/min, o que representou FR 26,5% superior àquela obtida quando os animais foram mantidos com a disponibilidade de sombra de fibrocimento.

2.3.2.2 Temperatura retal

Para Silva (2000), o aumento da temperatura retal (TR) reflete a falha dos mecanismos de liberação de calor. Assim, a medida da TR é usada frequentemente como índice de adaptabilidade fisiológica aos ambientes quentes (MOTA, 1997). Dukes (1996) relata que o limite de variação normal da TR de bovinos adultos é de 38,0 a 39,3 °C.

Martello et al. (2004) em pesquisa durante o verão, utilizando vacas holandesas primíparas e multíparas mantidas sob sistemas de sombreamento ou ventilação e nebulização mencionam que os valores mais elevados de TR foram registrados no final da tarde, e não nos horários mais quentes do dia.

Pereira et al. (2008), trabalhando com novilhas de três grupos genéticos Holandês (H) × Zebu (Z) (7/8 HZ, 15/16 HZ e Holandês puro por cruzada) e dois níveis de fibra na dieta (30 e 60% FDN) encontraram temperaturas retais médias significativamente maior a tarde em relação às da manhã para todos os tratamentos.

Pesquisa de Dikmen e Hansen (2009) utilizou dados ambientais e de TR oriundos de três fazendas leiteiras nos EUA (1.280 vacas em lactação), mantidas em *free-stall* climatizado (ventilação e nebulização). Os dados ambientais e a temperatura retal desses animais foram aferidos com o objetivo de desenvolver equações a partir das variáveis ambientais para prever a temperatura retal de vacas em clima subtropical. Os autores encontraram como valor crítico superior a temperatura de bulbo seco de 31,4 °C, associada com temperatura retal de 39,5 °C. Nessas condições, o ITU crítico encontrado utilizando a equação proposta por Yousef (1985) foi de 77,3 (valores superiores à classificação descrita por Johnson, 1980), provavelmente, devido aos sistemas de climatização presentes nas instalações.

Resultados como os de Dikmen e Hansen (2009) revelam que a associação das variáveis ambientais com a temperatura retal demonstra-se útil na caracterização da magnitude do estresse por calor a que os animais podem estar sujeitos.

2.3.2.3 Temperatura superficial do pelame (TS)

A intensidade da radiação solar está relacionada com a temperatura do ambiente onde o animal vive e influencia os tecidos que revestem seu corpo. Assim, a capa externa do organismo dos bovinos, constituída pelo pelame assume fundamental importância para as trocas térmicas entre o organismo e o ambiente (SILVA, 2000). Segundo McDowell (1972) a transferência de calor do interior do animal é realizada pela combinação da distribuição de calor através do sangue e da condução exercida pelos tecidos mais quentes dentro da cavidade torácica.

O impacto da carga térmica no corpo do animal pode ser determinado pela distribuição da TS. O emprego da termografia de infravermelho possibilita conhecer o perfil térmico do animal, podendo ser útil na avaliação das condições térmicas do ambiente de criação. A TS também depende das condições fisiológicas, como vascularização e evaporação pelo suor que contribuem para a manutenção da temperatura corporal mediante trocas de calor com o ambiente (FERREIRA et al., 2006).

A perda de calor pela pele é dependente do gradiente de temperatura entre a pele e o ar e objetos sólidos circundantes. Assim, a TS é uma medida representativa do microambiente em torno do animal, e apresenta alta correlação com a frequência respiratória (COLLIER et al., 2006).

O aumento do fluxo sanguíneo na pele causado pelo aumento da vasodilatação, como forma de manter o equilíbrio da temperatura corporal em condições de estresse térmico, é favorecido em condições onde a ventilação forçada se faz presente. Esta remove o calor da circunvizinhança do animal, favorecendo a perda de calor para o ambiente.

A TS é uma medida de fácil obtenção e pode ser realizada à distância, sem a necessidade de conter o animal. Associada à FR e TR, a TS está sendo usada como indicativo de estresse térmico (MARTELLO et al., 2004; SANTOS et al., 2005; PERISSINOTTO et al., 2006; CONCEIÇÃO, 2008).

Em pesquisa com novilhas submetidas a diferentes tipos de sombreamento, Conceição (2008) encontrou valores médios de TS que variaram entre 30,5 a 33,5 °C. A autora ressalta a necessidade de maior uniformização dos equipamentos (termômetro de infravermelho), das técnicas de coleta, bem como dos locais de tomada de temperatura, para que essa variável fisiológica seja adequada em pesquisas com animais em crescimento.

Uma ferramenta que pode ser empregada como forma de minimizar erros na aquisição da TS por caracterizar melhor o perfil térmico é a utilização de imagens termográficas, que permitem a análise do perfil térmico do animal.

A termografia de infravermelho foi inicialmente aplicada para fins militares e aplicações industriais (KUNC et al., 2007). Posteriormente, difundiu-se nas pesquisas preventivas na área humana (HOFFMAN e DIMATTIA, 1964; BARNES, 1963).

Na produção animal tem sido empregada como ferramenta na avaliação e detecção de desordens metabólicas (CLARK e CENA, 1977; HURNIK et al., 1984), doenças e infecções (BERRY et al., 2003; SCHAEFER et al., 2007; POLAT et al., 2010), além de auxiliar na compreensão da termorregulação em razão das mudanças na temperatura superficial e o impacto das condições ambientais sobre o bem-estar animal (KASTELIC et al., 1997; STEWART et al., 2005; KNÍZKOVÁ et al., 2002; KOTRBA et al., 2007)

A perda de calor não evaporativa pelo animal é determinada pelo gradiente de temperatura ambiente e por sua área superficial corporal. Uma quantidade notável de energia é perdida na forma de calor através da superfície da pele, causando uma variação na temperatura superficial em resposta à quantidade de calor produzido (BERMAN, 2003).

Os primeiros trabalhos que retratam o estudo da temperatura superficial de diferentes regiões do corpo (WHITTOW, 1962; BITMAN et al., 1984) utilizaram termopares subcutâneos nas regiões de estudo para a coleta de dados. Pesquisas recentes têm empregado a termografia de infravermelho nos estudos da distribuição da temperatura superficial em bovinos (KNÍZKOVÁ et al., 2002; STEWART et al., 2005; KOTRBA et al., 2007).

Montanholi et al. (2008) estabeleceram a correlação das temperaturas superficiais de diferentes regiões do corpo de vacas em lactação com a produção de calor. Conforme os autores, a correlação encontrada para a região da garupa foi de 0,71; flanco 0,72; costela 0,66 e pata 0,88. Essas informações apresentam grande importância para o entendimento sobre os processos termorregulatórios dos bovinos.

A termografia de infravermelho foi utilizada por Knížková et al. (2002) como ferramenta na avaliação da influência das condições microclimáticas de instalações parcialmente fechada sobre a temperatura superficial de vacas em lactação no estágio inicial de lactação (15 kg/leite/dia) na República Tcheca. A proposta do trabalho, conduzido durante a primavera, foi monitorar a influência da intervenção humana através do fechamento e abertura de cortinas na instalação, buscando otimizar a ventilação natural e aliviar o estresse térmico. As imagens termográficas foram tiradas com os animais em pé, a 3 m de distância na região anterior, do costado (tórax) e parte traseira.

A utilização restrita de indicadores fisiológicos na análise do bem-estar animal pode não ser sensível a estressores peculiares, resultando em conclusões inconsistentes. Assim, é importante a inclusão da análise comportamental dos animais, em busca de complementar o entendimento acerca dos tratamentos testados (SEVI, 2003).

2.3.3 Respostas comportamentais

Comportamento animal é a expressão do esforço de adaptação ou ajuste a diferentes condições internas ou externas descrito, portanto, como a resposta do animal a um estímulo (McGREEVY, 2003). Dessa forma, o comportamento passa a ser um importante parâmetro na avaliação do bem-estar animal, pois reflete a primeira tentativa dos animais se adaptarem frente a um estressor (JENSEN, 2002).

Chua et al. (2002), testando o efeito do alojamento de bezerros leiteiros de forma individual e em pares, concluíram que a utilização de baias com pequenos grupos promove a saúde, desempenho e comportamentos normais destes animais. Isto se deve ao fato dos agrupamentos animais oferecerem oportunidades para a socialização, acesso a espaço e resultarem em altos níveis de atividade e comportamentos lúdicos.

Resultados como os demonstrados por Chua et al. (2002) indicam que, além dos comportamentos individuais (atividades, posturas), o registro do comportamento social passa a ter importância crescente quando o objetivo é a avaliação do bem-estar animal.

Um problema associado com sistemas de confinamento inclui dificuldades termorregulatórias e inabilidade dos animais escaparem de estímulos desagradáveis do meio. No entanto, o maior problema do confinamento, em especial o que envolve o alojamento individual, é a privação de comportamentos sociais (FRASER e BROOM, 1990).

Quando o objetivo é avaliar aspectos relacionados à ambiência e bem-estar animal, a metodologia utilizada no registro do comportamento deve ser adequada a este fim. Schütz et al. (2009), avaliando a preferência de vacas por diferentes formas de sombreamento, utilizaram a metodologia denominada amostragem instantânea, registrando o comportamento das vacas a cada 10 minutos, durante a parte mais quente do dia. Este intervalo de tempo entre cada amostragem foi caracterizado como um período de tempo acurado na caracterização das amostras comportamentais quando comparado à análise contínua. Intervalos de amostragem acima de 15 minutos apresentaram baixa correlação, principalmente em relação a comportamentos de curta duração (MITLOHNER et al., 2001).

Avaliando o comportamento de 42 vacas em lactação com média de 34 kg leite/vaca/dia durante o verão, submetidas à ventilação natural (controle), ventilação forçada e ventilação forçada associada com nebulização, Frazzi et al. (2000) encontraram diferenças no padrão comportamental dos animais em ambientes climatizados em relação ao controle, bem como menor temperatura retal e frequência respiratória, comprovando os benefícios do uso de sistemas de climatização em instalações durante períodos quentes do ano.

2.4 Climatização das instalações para bovinos leiteiros

O conforto térmico de uma instalação é função basicamente do isolamento térmico e da ventilação. A radiação solar incidente e o calor gerado pelos animais constituem as principais fontes de calor nas edificações (SILVA, 1998).

Para Stowell et al. (2003), a adoção restrita de recursos naturais pode não conseguir, em condições extremas, um bom desempenho térmico nas instalações, tornando necessária a utilização de sistemas mecânicos. Nesse sentido, Silva (1998) cita a ventilação forçada como um dos principais sistemas de climatização artificial do ambiente.

A utilização de ventiladores nas instalações tem um papel fundamental na manutenção do bem-estar dos animais. A ventilação forçada, se utilizada de maneira adequada, consegue dissipar o calor concentrado no interior do abrigo nas épocas mais quentes do ano (MOURA, 1999; SEVI et al., 2003).

2.4.1 Utilização da ventilação forçada

Durante as trocas térmicas convectivas, a perda ou ganho de calor para o ar pode ocorrer através da ventilação natural ou forçada. Em instalações com aberturas favoráveis o uso exclusivo da ventilação natural pode remover o calor e umidade, entretanto em períodos mais quentes do ano, somente o uso de ventilação natural pode não ser suficiente para a manutenção das condições de conforto dos animais, pois a baixa velocidade do ar pode resultar em condições desfavoráveis de temperatura e umidade.

Para Baêta e Souza. (1997), a ventilação forçada apresenta importância fundamental, por proporcionar um ambiente confortável para o rebanho, tanto para reduzir a transferência de calor proveniente da cobertura, como para melhorar a eficiência da troca de calor do animal por convecção e evaporação. A convecção proporcionada pela ventilação forçada

aumenta a velocidade de vaporização, otimizando a dissipação de calor e conseqüentemente reduzindo a temperatura corporal (PINHEIRO et al., 2005).

As condições de ventilação dentro de uma instalação estão entre os primeiros fatores determinantes de saúde, conforto e bem-estar, o que interfere diretamente no organismo animal, por meio de efeitos sensoriais e físicos, devido a influência na temperatura e umidade das superfícies (SEVEGNANI, 2000).

Berman et al. (1985) trabalharam com 120 vacas holandesas (primíparas e múltiparas) durante o verão em Israel, com o objetivo de avaliar o efeito da ventilação forçada e da temperatura do ar sobre as respostas fisiológicas de vacas em lactação mantidas em instalações abertas. Foram realizadas quatro avaliações diárias das variáveis fisiológicas antes e após a alimentação (fornecida uma vez ao dia) e ordenha (realizada três vezes ao dia). A ventilação forçada diminuiu significativamente a FR e TR.

Avaliando os efeitos da climatização na sala de espera sobre as respostas fisiológicas de vacas em lactação, Arcaro Junior et al. (2005) obtiveram por meio de ventilação forçada decréscimo na frequência respiratória, de 42 mov/min (antes da aplicação da ventilação) para 37 mov/min (após ter sido utilizada a ventilação) quando a temperatura de bulbo seco atingiu valores acima de 26,1 °C.

A preferência de novilhas leiteiras por sistema de ventilação forçada foi analisada por Arcaro Junior et al. (2010), os animais foram acondicionados em uma baia com livre acesso pela instalação. A instalação foi composta por dois ambientes, um com ventilação forçada ininterrupta e outro sem ventilação. Em ambos ambientes os animais dispunham de tapete de borracha para descanso, alimento e água. Verificou-se preferência pelo ambiente ventilado, sendo a temperatura de transição dos animais para o ambiente com ventilação forçada de 27,8 °C.

De acordo com Kadzere et al. (2002), a velocidade do vento é um fator importante na transferência de calor evaporativo quando adotamos o mecanismo de ventilação forçada.

Johnson e Vanjonack (1976) relatam o efeito da velocidade do vento sobre a produção de leite em diferentes temperaturas ambientais. Em condições de termoneutralidade a velocidade do vento de 0,18, 2,24 e 4,02 m.s⁻¹ não foram diferentes quanto à produção de leite. A partir de 27 °C até 35 °C, a velocidade de 2,24 m.s⁻¹ mostrou-se benéfica, mantendo a produção de leite 10% maior que a velocidade de 0,18 m.s⁻¹.

Os efeitos da ventilação forçada sobre aspectos reprodutivos de vacas holandesas foram testados por Younas et al. (1993) que avaliaram durante dois verões nos EUA a ventilação forçada em *free-stall*. A ventilação proporcionou menores valores de temperatura

retal em relação ao tratamento sem ventilação, maior secreção de progesterona luteal e expressão do estro mais pronunciada, sendo, portanto um sistema de climatização eficaz em prevenir os efeitos negativos do aumento da temperatura corporal antes do estro na taxa de concepção.

Frazzi et al. (1997) trabalhando na Itália com vacas holandesas mantidas em instalações fechadas parcialmente, verificaram que a ventilação na velocidade do ar de $0,5 \text{ m.s}^{-1}$ reduziu os efeitos negativos do estresse térmico.

Instalações mal ventiladas apresentam aumento da concentração aérea de microrganismos viáveis, amônia e gás carbônico, além de reduzir o desempenho dos animais e aumentar as interações agressivas (SEVI et al., 2002).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização do experimento e instalações

Antes da realização, o projeto de pesquisa referente a este trabalho foi analisado e aprovado pela comissão de ética no uso de animais do Instituto de Zootecnia.

O experimento foi realizado no Instituto de Zootecnia, localizado no município de Nova Odessa, SP, à altitude de 550 m, coordenadas 22° 42' de latitude Sul e 47° 18' de longitude oeste; compreendendo os meses de dezembro de 2009 a março de 2010.

Foram utilizadas quatro baias contíguas, separadas por parede de madeirite, apresentando características semelhantes no que se refere ao dimensionamento e à estrutura construtiva da área dos comedouros (Figura 1). Cada baia apresentava uma área coberta (4,0 x 5,5 m) com disponibilidade de alimento, água, mistura mineral, sendo que dentro da área coberta foi disponibilizado 1,5 m² de piso de borracha por animal para descanso, além de uma área externa aberta (4,0 x 2,4 m) com trânsito livre.

Os comedouros foram equipados pelo sistema de cancelas eletrônicas (Kloppen[®]), permitindo o acesso de cada animal a somente uma determinada cancela, mediante colar com sensor preso ao pescoço, de modo a possibilitar o controle do consumo alimentar individual das novilhas.



Figura 1- Visão geral das instalações.

O sistema de ventilação era composto por ventiladores (Casp[®] VA 92 *plus*), equipados com motor de ½ cv (495 rpm), com vazão de 300 m³/min. A taxa de renovação em cada tratamento com ventilação foi de 15 trocas por hora. Cada ventilador foi fixado a 2,5 m de altura, com inclinação de 45°, localizado logo à frente da linha dos comedouros.

No tratamento controle (SV) foi instalado um sensor de temperatura no centro da baía, a 1,8 m de altura, conectado ao painel de controle da ventilação (mecanismo que acionava os ventiladores sempre que a temperatura do ar atingisse 25 °C). Essa temperatura foi estabelecida conforme evidenciado por trabalho envolvendo ventilação para animais da raça holandesa que destacaram a faixa de 25 a 26 °C como o limite superior que os animais apresentaram habilidade em manter a temperatura corporal estável (BERMAN et al., 1985).

3.2 Caracterização e manejo dos animais

A seleção dos animais foi fundamentada no peso corporal médio e no escore de condição corporal. Foram utilizadas 16 novilhas mestiças Holandesa x Mantiqueira com idade média de 240 dias e peso inicial médio de 115 kg, apresentando em média escore de condição corporal 3 dentro da escala de 1 (muito magro) a 5 (obeso). Posteriormente, foram divididas em quatro grupos compostos por quatro animais, distribuídos de forma aleatória em cada baía.

Antes do início do período experimental os animais passaram por adaptação de 20 dias para que se habituassem à dieta, às baias e, principalmente, à estrutura de alimentação eletrônica, que foi a principal responsável por um período de adaptação maior que o habitual.

Inicialmente, cada animal recebeu um colar com sensor e as cancelas eletrônicas permaneceram totalmente abertas, permitindo o livre acesso em todos os comedouros. Nesta fase buscou-se observar a preferência dos animais por determinada cancela dentro de cada baía. Para isso, foram oferecidas altas frequências de alimentação diária, estimulando o consumo e obtendo-se, assim, a distribuição dos animais na linha de comedouros. Em seguida, as cancelas foram travadas, sendo abertas somente após o animal entrar em contato com a mesma com seu respectivo sensor. A partir dessa etapa foi iniciada a fase de controle do consumo, e após este apresentar um padrão uniforme procedeu-se então o início do experimento.

3.3 Delineamento experimental

O experimento contou com os seguintes tratamentos: sem ventilação forçada (SV); ventilação forçada durante as 24 horas do dia (V24); ventilação forçada no período diurno das 6 h às 18 h (VD) e ventilação forçada no período noturno das 18 h às 6 h (VN).

Foi adotado um delineamento do tipo quadrado latino 4 x 4 duplo, totalizando oito períodos experimentais, cada um composto por 12 dias. Cada período foi dividido em cinco

dias de adaptação, sendo a coleta das variáveis fisiológicas realizada no sexto, oitavo e décimo dias, enquanto o registro do comportamento foi realizado no sétimo dia de cada período, com o penúltimo dia destinado à pesagem dos animais (Figura 2). Antes da pesagem os animais foram submetidos a jejum de 12 horas com livre acesso à água, minimizando as variações devidas ao enchimento do aparelho digestório. Ao fim de cada período de coleta adotaram-se dois dias sem nenhum tratamento (*wash-out*), evitando assim efeito residual (*carry-over*) do tratamento anterior sobre o período subsequente.

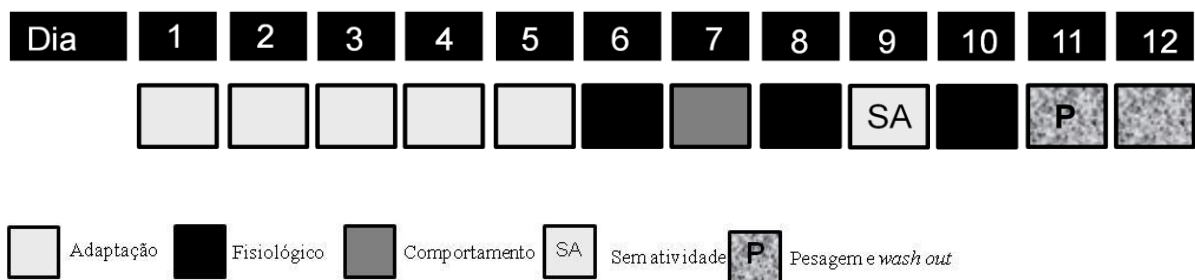


Figura 2 – Esquema do delineamento experimental de cada período.

3.4 Alimentação e desempenho

A dieta foi fornecida como mistura completa, com feno picado de *Cynodon dactylon* cv coastcross representando 50% da matéria seca total e os 50% restantes de concentrado comercial. As análises bromatológicas do feno de coastcross e do concentrado utilizados no experimento encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1– Composição bromatológica dos ingredientes da dieta

Constituintes	Feno coast cross	Concentrado
	% MS	
Matéria Seca	92,52	89
Proteína Bruta	10,92	17,19
Extrato etéreo	1,31	6,44
FDA	38,04	11,75
FDN	74,12	21,79
Celulose	35,21	7,81
Lignina	6,62	3,66
Matéria mineral	5,51	9,42

A dieta foi fornecida duas vezes ao dia (7h00min e 17h00min), e diariamente, foram quantificadas as sobras para ajuste e determinação do consumo voluntário, a fim de

proporcionar, aproximadamente, 10% de sobras. O consumo de matéria seca ingerida por cada animal foi obtido pela diferença entre a quantidade de alimento fornecido e rejeitado. Em todos os tratamentos os animais tinham acesso a bebedouro e compartimento com mistura mineral à vontade.

O desempenho das novilhas foi determinado com base no consumo de matéria seca, expresso em kg/dia, e em relação ao peso metabólico. Também foram avaliados o ganho de peso médio diário e a conversão alimentar.

3.5 Variáveis ambientais

Os dados meteorológicos do ambiente externo ao longo de todo período experimental foram registrados diariamente por uma estação meteorológica localizada no Instituto de Zootecnia.

As variáveis climáticas em cada tratamento, temperatura de bulbo seco (TBS), umidade relativa do ar (UR%) foram coletadas por um *datalogger* (Lufft® Opus 10), e a temperatura de globo negro (TGN) e a temperatura de ponto de orvalho (TO) foram coletadas por um *datalogger* (Hobo® U12) com canal externo, onde foi conectado um termopar tipo T para registro da TGN. Os equipamentos foram instalados no centro geométrico de cada baia a 1,8 m de altura do piso, conforme adotado por Arcaro Junior et al. (2005). A aquisição eletrônica dos dados foi realizada em intervalos de 15 minutos, diariamente, ao longo de todo o experimento.

A velocidade do vento foi medida a partir de um anemômetro digital portátil (Instrutherm® – THAL 300) no centro geométrico de cada baia, na altura do dorso dos animais, antes das avaliações fisiológicas.

A partir dos valores obtidos das variáveis ambientais, e como forma de estimar o impacto das condições ambientais em cada tratamento nos diferentes horários, foram calculados o ITU eq. (1), ITGU eq. (2) e CTR eq. (3). Ao contrário do ITU e ITGU, a CTR foi calculada apenas nos horários de coleta dos dados fisiológicos, ocasião em que o registro da velocidade do vento foi realizado.

$$ITU = T_{bs} + 0,36T_o + 41,2 \quad (1)$$

onde: Yousef (1985)

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

T_o = temperatura de ponto de orvalho (°C)

$$ITGU: T_g + 0,36 T_o + 41,5 \quad (2)$$

onde: Buffington et al. (1981)

T_g = temperatura de globo negro (°C)

T_o = temperatura de ponto de orvalho (°C)

$$CTR = \sigma (TRM)^4 \quad (3)$$

onde: Esmay (1969)

CTR = Carga térmica radiante ($W m^{-2}$);

σ = constante de Stefan-Boltzmann, igual a $5,67051 \cdot 10^{-8}$, em $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-4}$;

TRM = Temperatura radiante média.

A TRM foi obtida pela eq. (4), de acordo com Silva (2000):

$$TRM = \sqrt[0,25]{0,53 \cdot h_c \cdot \sigma^{-1} \cdot (T_g - T_a) + T_g^4} \quad (4)$$

onde:

TRM = temperatura radiante média, em K;

h_c = coeficiente de convecção do globo;

σ = constante de Stefan-Boltzmann, igual a $5,67051 \cdot 10^{-8}$, em $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-4}$;

T_a = temperatura do ar, em K;

T_g = temperatura de globo negro, em K.

O coeficiente de convecção do globo foi calculado pela eq. (5):

$$h_c = 0,38 \cdot k \cdot d_g^{-1} \cdot Re^{0,6} \cdot Pr^{\frac{1}{3}} \quad (5)$$

onde:

h_c = coeficiente de convecção do globo;

k = condutividade térmica do ar, em $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$;

d_g = diâmetro do globo negro, em m;

Re = número de Reynolds, adimensional;

Pr = número de Prandtl, adimensional.

3.6 Variáveis fisiológicas

As variáveis fisiológicas foram coletadas em três dias não consecutivos (6º, 8º e 10º dia de cada período experimental), às 07h00min, 10h00min, 13h00min, 16h00min e 19h00min.

A primeira resposta fisiológica medida dentro de cada horário de avaliação foi a contagem da FR, em seguida efetuava-se o registro da velocidade do vento no centro geométrico da baía. Como cada baía apresentava uma área onde os animais tinham acesso ao ambiente externo, após a coleta da FR estes eram mantidos sempre à sombra para dar início ao registro das imagens termográficas, evitando possível efeito da exposição ao sol na análise da temperatura da superfície do pelame. Por último, realizava-se a aferição da TR.

3.6.1 Frequência respiratória

Esta variável foi obtida por meio da contagem dos movimentos respiratórios na região do flanco durante 20 segundos, e posteriormente multiplicada por três para obter o número de movimentos respiratórios por minuto.

3.6.2 Temperatura retal

A temperatura retal foi medida com o auxílio de um termômetro clínico digital, sendo inserido aproximadamente 5 cm no reto em contato com a mucosa até emitir um sinal sonoro indicando a estabilização da temperatura.

3.6.3 Temperatura superficial

A temperatura superficial (TS) de cada animal foi obtida por meio de uma câmera termográfica (Fluke® Ti 25) com calibração automática, quando os animais permaneceram

imóveis, sem qualquer restrição ou manipulação, evitando causar possível estresse nos mesmos.

As imagens termográficas foram coletadas nos cinco horários descritos acima, a 1,5 m de distância, no pelame preto. Os locais de coleta da TS foram a garupa, flanco, costela (tórax) e pata (Figura 3), conforme adotado por Montanholi et al. (2008). O ponto de leitura da TS da garupa foi localizado a frente da tuberosidade esquiática, enquanto que o ponto de leitura da TS no flanco foi localizado no perímetro dessa região. A TS da costela foi aferida entre o terço médio da 5ª e 8ª costelas, já a TS da região da pata foi localizada na face palmar da extremidade distal do metacarpo.

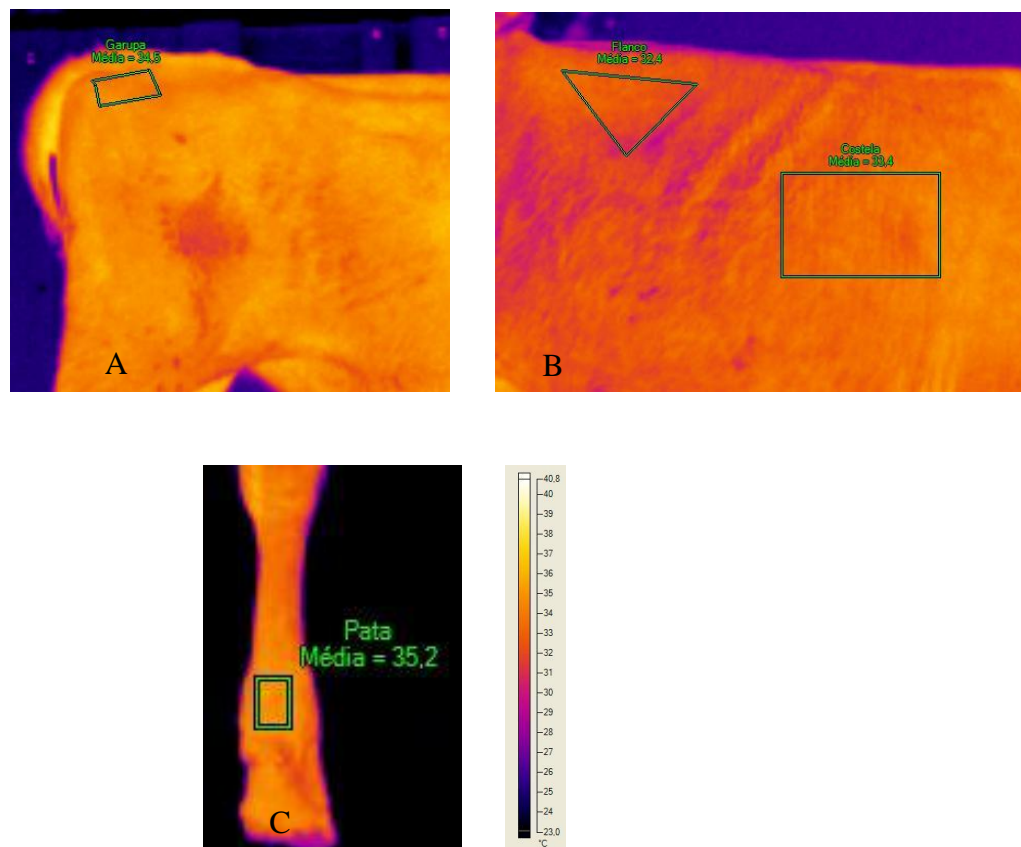


Figura 3 – Seleção da temperatura da superfície do pelame A) Garupa, B) Flanco e costela e C) Pata.

Para cada imagem realizada uma forma específica foi utilizada para delimitar cada região de estudo. Todas as imagens térmicas foram realizadas do lado direito do animal, de modo a obter a real flutuação da temperatura corporal, evitando que os processos digestivos ocorridos no rúmen (algumas horas após a alimentação) tivessem participação no aumento da temperatura superficial, como comprovado por (MONTANHOLI et al., 2008).

Cada termograma gerado foi gravado em cartão de memória e posteriormente analisado pelo *software* Smartview[®], onde foram obtidas as temperaturas médias de cada região de estudo, considerando-se a emissividade de 0,95.

3.7 Análise comportamental

Padrões de postura e atividades foram registrados pelo método de amostragem instantânea em intervalos de 10 minutos durante o período de 24 horas, em todos os períodos experimentais. Os comportamentos foram obtidos anotando-se: a postura corporal (1- deitado, 2- em pé) e as atividades (1- sem atividade aparente, 2- comendo, 3- ruminando, 4- bebendo, 5- outras atividades: limpeza corporal, interagindo, urinando, defecando, coçando).

3.8 Análise estatística

O delineamento quadrado latino 4 x 4 testou 4 níveis de tratamentos (t_k , para $k = 1$ a 4) de ventilação, totalizando 16 parcelas. Foram consideradas como unidades experimentais os 4 grupos de 4 animais distribuídos em uma estrutura de classificação de dupla-blocagem sendo o controle local em dois sentidos: nas de linha (l_i , para $i = 1$ a 4), representando as baias, e nas colunas (c_j , para $j = 1$ a 4), representando os períodos. Os quadrados latinos foram repetidos duas vezes (q_h , para $h = 1$ a 2), porém manteve-se os mesmos grupos de animais em ambos os quadrados.

O modelo estatístico para análise do delineamento foi:

$$Y_{hij} = \mu + \theta_h + \lambda_i + \gamma_j(\theta_h) + \tau_k + \varepsilon_{hij(k)}$$

ou seja: cada parcela Y_{hij} deve estar afetada pelo efeito da média m , do quadrado h , da linha i , da coluna j dentro do quadrado h , do tratamento k e do erro aleatório $\varepsilon_{hij(k)}$. Os componentes μ , θ_h , λ_i , γ_j e τ_k são fixos. Os erros são supostos serem $\sim N(0, \sigma^2)$, ou seja, deve haver distribuição normal e homogeneidade de variâncias.

Para testar a distribuição normal dos dados obtidos adotou-se o teste de Anderson-Darling, teste baseado na função de distribuição cumulativa empírica; a hipótese H_0 : os dados seguem distribuição normal e a hipótese alternativa H_a : os dados não seguem distribuição normal, foram testadas com 95% de confiança. Para testar a homogeneidade de variâncias entre as respostas aos tratamentos foi usado o teste de Levene com 95% de confiança.

O esquema do quadrado latino com os quatro tratamentos em dois quadrados é apresentado nas Tabelas 2 e 3, onde os tratamentos estão representados conforme segue: SV, VD, VN e V24.

Tabela 2 – Representação esquemática dos tratamentos no primeiro quadrado latino

Baia	QL I			
	Períodos			
	I	II	III	IV
1	SV	V24	VN	VD
2	VD	VN	V24	SV
3	V24	VD	SV	VN
4	VN	SV	VD	V24

Tabela 3 – Representação esquemática dos tratamentos no segundo quadrado latino

Baia	QL II			
	Períodos			
	I	II	III	IV
1	VN	VD	SV	V24
2	V24	SV	VD	VN
3	VD	VN	V24	SV
4	SV	V24	VN	VD

Foram utilizados os dados correspondentes a todo o período de avaliação experimental. A análise de variância para as variáveis, ITU, ITGU, FR, TR e TS foi realizada de acordo com cada horário de coleta (7, 10, 13, 16 e 19 h), permitindo a comparação dos tratamentos dentro dos horários.

Para avaliar as tendências dos efeitos dos horários de avaliação sobre as variáveis CTR, ITU, ITGU, FR, TR e TS, para cada tratamento, adotou-se regressão polinomial ortogonal, usando os coeficientes para interpolação de polinômios ortogonais para os efeitos lineares e quadráticos, como ilustrado na Tabela 4.

Tabela 4 – Coeficientes para interpolação de polinômios ortogonais, de acordo com o horário de avaliação

Horário	7 h	10 h	13 h	16 h	19 h
Termo constante	1	1	1	1	1
Coefficiente linear	-2	-1	0	1	2
Coefficiente quadrático	2	-1	-2	-1	2

Para análise das variáveis ambientais (TBS, UR, TGN) e dos índices (CTR, ITU e ITGU) foi adotado o teste t de Student com 5% de probabilidade, sendo os dias utilizados como repetições.

Na análise das respostas fisiológicas da FR, TR, TS (para cada região) foi adotado o teste t de Student unilateral a 5% de probabilidade. As análises de correlações entre as variáveis paramétricas foram estimadas pelo método de Pearson, utilizando o procedimento CORR do SAS[®].

As atividades contempladas pelo etograma de trabalho foram divididas em período diurno (6 – 18 h) e noturno (18 – 6 h). As frequências de cada atividade dentro dos respectivos períodos foram calculadas pelo procedimento freq do pacote estatístico SAS[®], e posteriormente comparadas as frequências amostrais pelo teste qui-quadrado.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Variáveis e índices ambientais

As variáveis ambientais obtidas no ambiente externo ao longo de todo o período experimental (temperatura e umidade relativa do ar mínimas e máximas) são apresentadas na Figura 4.

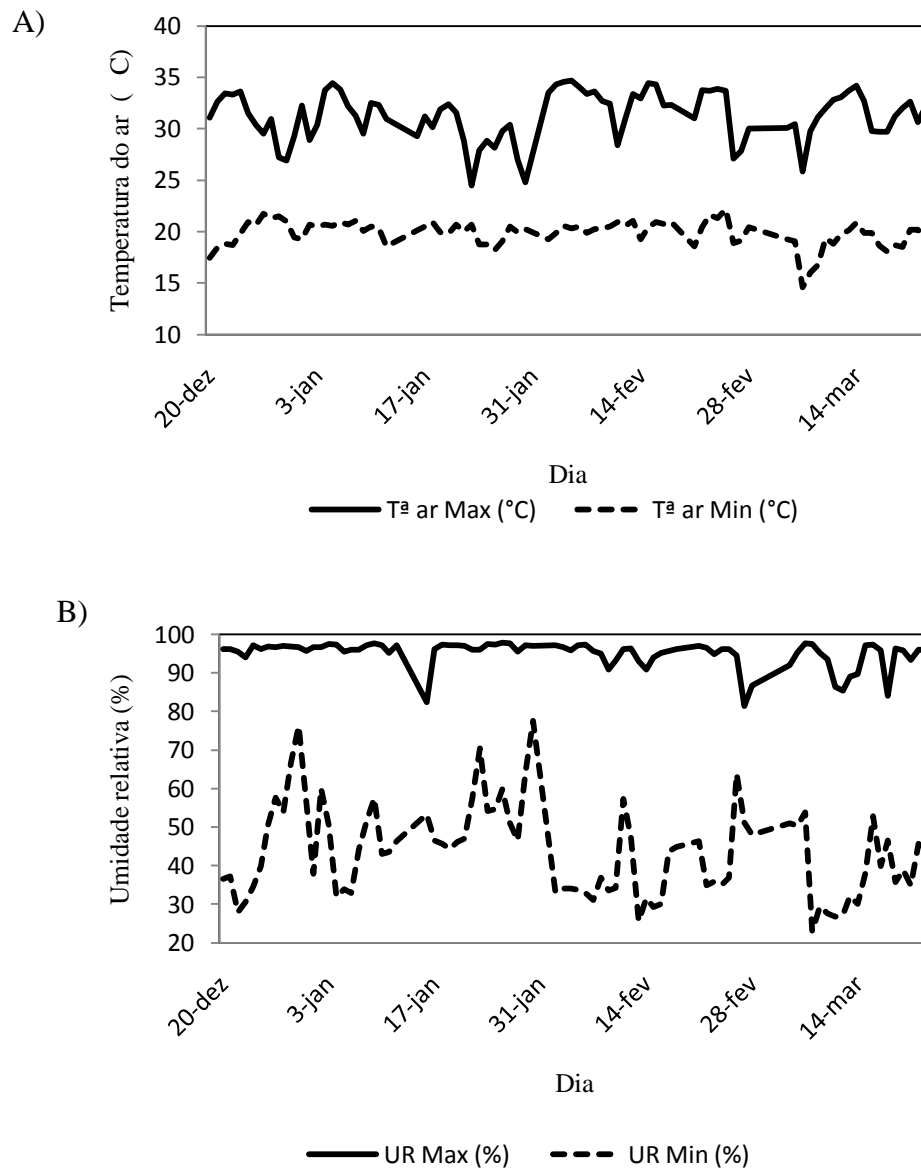


Figura 4 - Temperatura do ar (A) e umidade relativa (B) máxima e mínima.

Observa-se que os primeiros meses de avaliação foram caracterizados por altos valores de umidade relativa do ar devido à ocorrência de maior pluviosidade no período (Anexo), condição típica da região nesta época do ano, apresentando temperaturas máximas

diárias de 34,4 °C. A partir do segundo mês de avaliação a temperatura máxima do ar apresentou um aumento de 2 °C (passando de 30 °C para 32 °C) em relação ao primeiro mês, sendo observado também um aumento na amplitude da temperatura do ar diária e queda da umidade relativa. Em estudo sobre as condições de conforto presentes ao longo de 20 anos na Região Sudeste, Oliveira et al. (2006) relatam o mês de fevereiro como de maior número de horas mensais sob condição de desconforto térmico para os animais, com ITU entre 74 a 79.

Os valores meteorológicos do ambiente externo revelam que a temperatura do ar média foi de 25,6 °C, sendo classificada como condição de conforto (FUQUAY, 1981).

Uma síntese das variáveis e dos índices ambientais em cada tratamento obtidos ao longo do período experimental durante o período diurno (6 h – 18 h) e noturno (18 h – 6 h) é apresentada na Tabela 5 e Tabela 6, respectivamente.

Tabela 5- Variáveis e índices ambientais (média ± desvio-padrão), em cada tratamento durante o período diurno (6 h – 18 h).

Variáveis	Tratamento			
	SV	VD	VN	V24
Período diurno				
Temperatura de bulbo seco, °C				
Min ¹	17,65 ± 0,73	17,35 ± 0,77	17,16 ± 0,68	17,31 ± 0,68
Máx ¹	33,16 ± 0,40	33,66 ± 0,31	33,04 ± 0,45	33,23 ± 0,43
Média	27,04 ± 3,61	27,03 ± 3,70	27,05 ± 3,62	27,00 ± 3,64
Umidade relativa, %				
Min ¹	36,82 ± 0,75	36,71 ± 0,93	36,70 ± 0,96	34,55 ± 0,83
Máx ¹	95,28 ± 1,21	95,50 ± 0,98	93,90 ± 1,29	95,75 ± 1,15
Média	70,84 ± 15,15	70,25 ± 15,96	70,57 ± 15,40	70,63 ± 15,63
Temperatura globo negro, °C				
Min ¹	17,77 ± 0,70	16,42 ± 0,55	16,83 ± 0,30	17,48 ± 0,66
Máx ¹	34,21 ± 0,41	33,98 ± 0,4	35,07 ± 0,32	34,00 ± 0,43
Média	27,82 ± 3,75	27,84 ± 3,73	28,00 ± 3,80	27,20 ± 3,94
ITU				
Min ¹	68,15 ± 1,26	68,16 ± 1,24	68,15 ± 1,25	67,89 ± 1,35
Máx ¹	80,51 ± 0,8	80,44 ± 0,73	80,13 ± 0,87	80,54 ± 0,82
Média	75,59 ± 3,68	75,53 ± 3,68	75,61 ± 3,63	75,46 ± 3,66
ITGU				
Min ¹	68,81 ± 1,28	68,39 ± 1,38	68,41 ± 1,32	68,25 ± 1,30
Máx ¹	81,99 ± 0,82	81,31 ± 0,84	82,15 ± 0,79	81,72 ± 0,79
Média	76,74 ± 3,84	76,63 ± 3,72	76,84 ± 3,83	76,27 ± 3,93

¹ Temperatura de bulbo seco mínima, máxima e média, umidade relativa, temperatura de globo negro, ITU e ITGU, respectivamente.

Tabela 6 - Variáveis e índices ambientais (média ± desvio-padrão), em cada tratamento durante o período noturno (18 h – 6 h).

Variáveis	Tratamento			
	SV	VD	VN	V24
Período noturno				
Temperatura de bulbo seco, °C				
Min ¹	18,17 ± 0,51	17,68 ± 0,48	17,68 ± 0,48	17,80 ± 0,49
Máx ¹	30,46 ± 0,46	31,16 ± 0,46	30,48 ± 0,49	30,30 ± 0,4
Média	23,14 ± 1,92	23,23 ± 2,01	23,08 ± 1,87	23,11 ± 1,87
Umidade relativa, %				
Min ¹	45,88 ± 1,21	43,12 ± 1,79	47,70 ± 1,30	45,00 ± 1,11
Máx ¹	93,73 ± 1,11	94,93 ± 1,14	92,86 ± 0,83	95,07 ± 1,07
Média	83,42 ± 8,7	82,92 ± 8,93	83,80 ± 8,25	83,39 ± 8,33
Temperatura globo negro, °C				
Min ¹	18,42 ± 0,47	17,79 ± 0,55	18,04 ± 0,58	18,08 ± 0,50
Máx ¹	32,02 ± 0,48	30,58 ± 0,43	30,74 ± 0,42	30,12 ± 0,49
Média	23,33 ± 1,92	23,35 ± 1,92	23,28 ± 1,9	23,34 ± 1,99
ITU				
Min ¹	69,01 ± 1,16	68,63 ± 1,16	68,74 ± 1,12	68,13 ± 1,21
Máx ¹	76,99 ± 1,06	77,13 ± 1,03	76,84 ± 1,02	76,97 ± 1,03
Média	71,50 ± 2,23	71,62 ± 2,26	71,47 ± 2,12	71,47 ± 2,24
ITGU				
Min ¹	69,44 ± 1,15	68,93 ± 1,16	69,27 ± 1,10	68,73 ± 1,23
Máx ¹	78,93 ± 1,14	77,33 ± 0,93	77,33 ± 1,02	77,75 ± 0,97
Média	72,08 ± 2,22	72,02 ± 2,17	71,95 ± 2,16	72,01 ± 2,32

¹ Temperatura de bulbo seco mínima, máxima e média, umidade relativa, temperatura de globo negro, ITU e ITGU, respectivamente.

A análise das condições térmicas diurnas e noturnas mostra que a média da temperatura de bulbo seco em todos os tratamentos variou entre 27 °C e 23 °C, respectivamente. A análise dos valores médios de temperatura revela que os animais encontraram-se dentro da zona de termoneutralidade, o que segundo Fuquay (1981) estende-se de 25 °C até 27 °C. Apesar das médias diurnas e noturnas serem enquadradas dentro das condições de conforto, cabe ressaltar a ocorrência de temperaturas máximas acima de 33 °C, ultrapassando a condição de conforto térmico, assim como os valores registrados pelo globo negro, atingindo temperaturas acima de 34 °C. As maiores amplitudes da temperatura de bulbo seco e temperatura de globo negro foram, em todos os tratamentos, registradas durante o período diurno. Esse comportamento térmico está relacionado à maior incidência de

radiação solar durante o dia e aos menores valores médios de umidade. Os valores diurnos da umidade relativa média (70%) são considerados dentro da zona de conforto de acordo com Nääs (1998), quando conciliada a temperaturas ambiente dentro da faixa de conforto. O ITU e o ITGU apresentaram médias diurnas de 75 e 76, acima das condições de conforto conforme estabelecido para cada índice (72 e 74, respectivamente) (JOHNSON, 1980; BAËTA, 1997). Já durante o período noturno, ambos tiveram médias dentro da faixa considerada normal.

Os registros da velocidade do vento variaram de 1,1 a 4 m/s para os tratamentos com utilização da ventilação forçada quando acionado, sendo registrada uma velocidade média de 2,3 m/s. Para o tratamento SV, a velocidade do vento média proveniente da ventilação natural foi de 0,3 m/s. As diferenças obtidas entre os valores de velocidade do vento para os tratamentos com e sem ventilação forçada foram importantes para que estes pudessem ser testados com a mínima influência da ventilação natural, revelando a real contribuição da ventilação forçada sobre as variáveis analisadas.

Os valores médios da carga térmica radiante de acordo com o tratamento em cada horário de avaliação são apresentados na Figura 5.

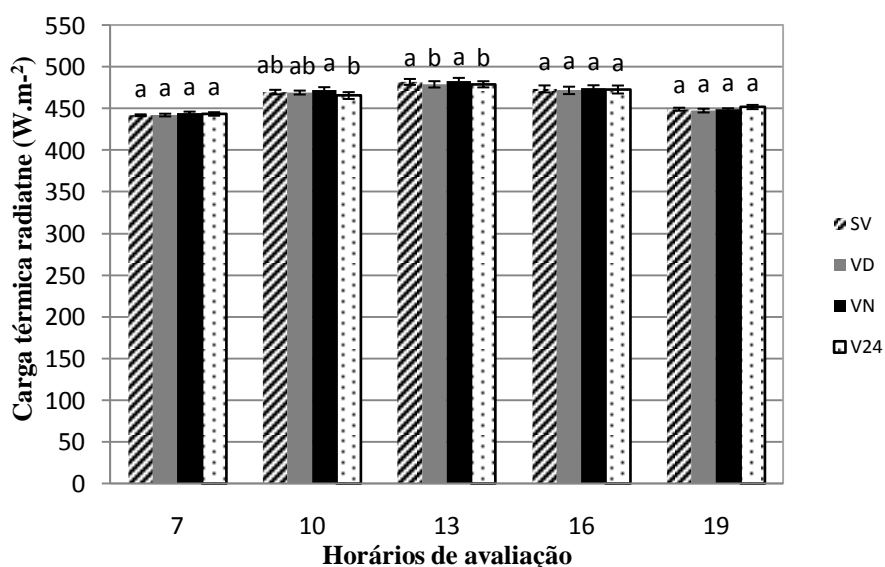


Figura 5- Médias da carga térmica radiante (CTR) e erro padrão da média de acordo com o tratamento e horário de avaliação. Letras iguais dentro de cada horário não diferem entre si pelo Teste t a 5% de probabilidade.

No horário das 7 h não houve diferença significativa entre os tratamentos, e maiores valores de CTR foram observados no tratamento VN (444,16 W.m⁻²). Às 10 h foi detectado efeito significativo ($P < 0,05$) dos regimes de ventilação sobre a CTR. O tratamento VN apresentou 472,5 W.m⁻², não diferindo dos regimes SV (469,92 W.m⁻²) e VD (469,35 W.m⁻²),

porém diferindo significativamente do tratamento V24. O tratamento V24 apresentou os menores valores de CTR ($465,75 \text{ W.m}^{-2}$) diferindo significativamente apenas do tratamento VN.

Tratamentos que receberam ventilação forçada às 13 h (VD e V24) apresentaram CTR ($479,2 \text{ W.m}^{-2}$ para ambos) significativamente menor ($P < 0,05$) em relação aos tratamentos SV ($482,12 \text{ W.m}^{-2}$) e VN ($483,31 \text{ W.m}^{-2}$). No horário das 16 h não houve diferença estatística ($P > 0,05$) entre os tratamentos, e o maior valor de CTR foi encontrado no tratamento VN com ($474,12 \text{ W.m}^{-2}$). Às 19 h a carga térmica não sofreu diferença significativa ($P > 0,05$), e notou-se menor amplitude entre os valores médios em todos os tratamentos em comparação aos demais horários.

Não houve interação significativa ($P > 0,05$) entre os tratamentos e horários de avaliação, portanto, foram comparados os valores de CTR entre os horários, sendo observado efeito quadrático ($P > 0,05$) em todos os tratamentos em relação aos horários de avaliação (Figura 6).

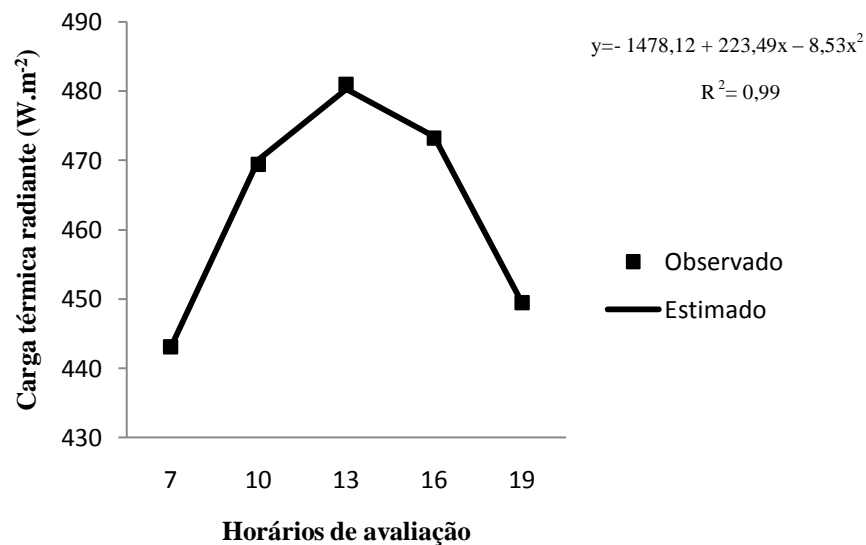


Figura 6 - Equação de regressão polinomial ajustada para Carga Térmica Radiante (CTR) em função dos horários de avaliação

Os menores valores de CTR, independente dos tratamentos, foram registrados no período da manhã (7 h), e os maiores, às 13h06min. O comportamento diurno da CTR observado neste trabalho também foi evidenciado por Furtado et al. (2003), explicado pelo fato de que os valores que definem a CTR ocorrem em função da radiação solar, que atinge os valores mais elevados próximos de 12 h quando o sol se posiciona de forma mais perpendicular ao plano do horizonte local.

No horário em que a CTR apresentou valores mais críticos (13 h), os tratamentos com ventilação forçada acionada (VD e V24) foram capazes de proporcionar melhores condições de conforto aos animais, uma vez que a carga térmica foi menor do que os tratamentos que não apresentavam a ventilação forçada. O uso da CTR como índice ambiental foi adequado em detectar alterações na carga térmica ambiente proporcionada pelos diferentes regimes de ventilação, uma vez que considera os efeitos da velocidade do vento.

Não foram observadas diferenças significativas ($P>0,05$) entre os tratamentos em relação ao ITU em todos os horários avaliados (Figura 7).

Os tratamentos e os horários de avaliação não apresentaram interação significativa ($P>0,05$) para o ITU. Desta forma, os valores obtidos foram comparados entre os horários. Os resultados observados apresentaram efeito quadrático ($P<0,05$) para todos os tratamentos quanto aos horários de avaliação (Figura 8), e o maior valor de ITU foi observado às 13h14min.

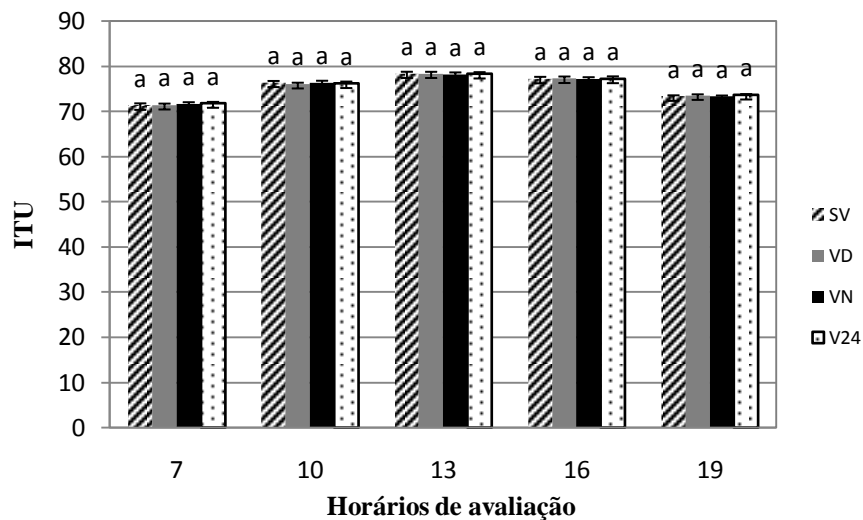


Figura 7 – Médias do índice de temperatura e umidade (ITU) e erro padrão da média de acordo com o tratamento e horário de avaliação. Letras iguais dentro de cada horário não diferem entre si pelo Teste t a 5% de probabilidade.

Os resultados de ITU no horário das 7 h apresentaram-se na faixa de 71, com aumento às 10 h para a faixa de 76, o que revela situação de desconforto (JOHNSON, 1980). No horário das 13 h, a condição de desconforto já verificada no horário das 10 h foi agravada em todos os tratamentos, atingindo valores médios de 78. A condição das 16 h demonstrou certa estabilidade em relação ao horário anterior, e obteve o valor de 77. Mesmo no último

horário de coleta (19 h), horário de menor radiação direta, a situação presente no microclima de cada tratamento encontrava-se acima da zona de conforto, com ITU de 73.

Somente no primeiro horário de avaliação o ITU manteve-se a abaixo da faixa de 72, considerada confortável para bovinos. Nos demais horários, atingiu níveis classificados como estresse ameno conforme Johnson (1980).

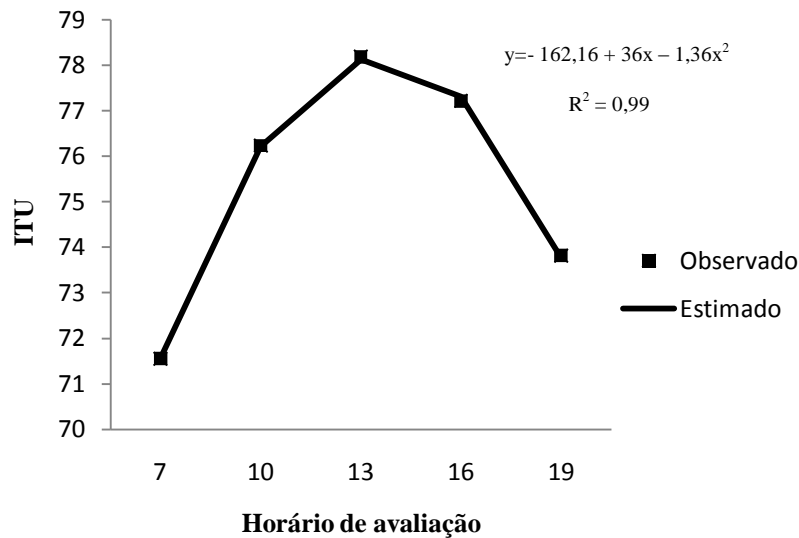


Figura 8 - Equação de regressão polinomial ajustada para o índice de temperatura e umidade (ITU) em função dos horários de avaliação.

Frazzi et al. (2000) na Itália avaliaram a utilização de três sistemas: ventilação natural (controle), ventilação forçada e ventilação associada à nebulização para vacas em *free stall*. Não foram observadas diferenças quanto ao uso da ventilação forçada em relação às condições microclimáticas observadas no tratamento controle, corroborando com os resultados supracitados.

Para o índice de temperatura de globo e umidade (ITGU) os regimes de ventilação não apresentaram diferenças significativas ($P > 0,05$) dentro de cada horário de avaliação (Figura 9).

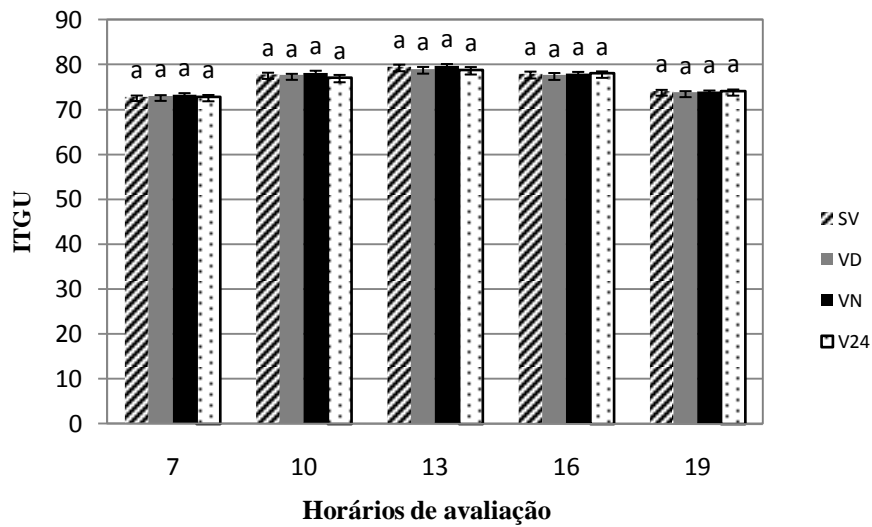


Figura 9 - Médias do índice de temperatura de globo e umidade (ITGU) e erro padrão da média de acordo com o tratamento e horário de avaliação. Letras iguais dentro de cada horário não diferem entre si pelo Teste t a 5% de probabilidade.

No horário das 7 h e 19 h o ITGU manteve-se na faixa de 72 e 74, respectivamente, considerados dentro da zona de conforto aos animais. No entanto, às 10 h e 16 h o ITGU para ambos horários foi de 77, nível considerado como estado de alerta. Os maiores valores de ITGU foram observados no tratamento VN (79,7), seguido por SV (79,6) às 13 h, sendo que os tratamentos com ventilação VD e V24 às 13 h apresentaram 79,0 e 78,9, respectivamente. Esses valores revelam que o ITGU atingiu a faixa considerada como perigo, conforme Baêta et al. (1997).

A interação tratamento e horário de coleta não foi significativa ($P > 0,05$), portanto, os tratamentos tiveram as mesmas respostas sobre o ITGU nos cinco horários avaliados (Figura 10). Uma vez comparados os resultados entre os horários de avaliação observou-se efeito quadrático ($P < 0,05$) para todos os regimes de ventilação, o maior valor de ITGU estimado correspondeu às 13h08min.

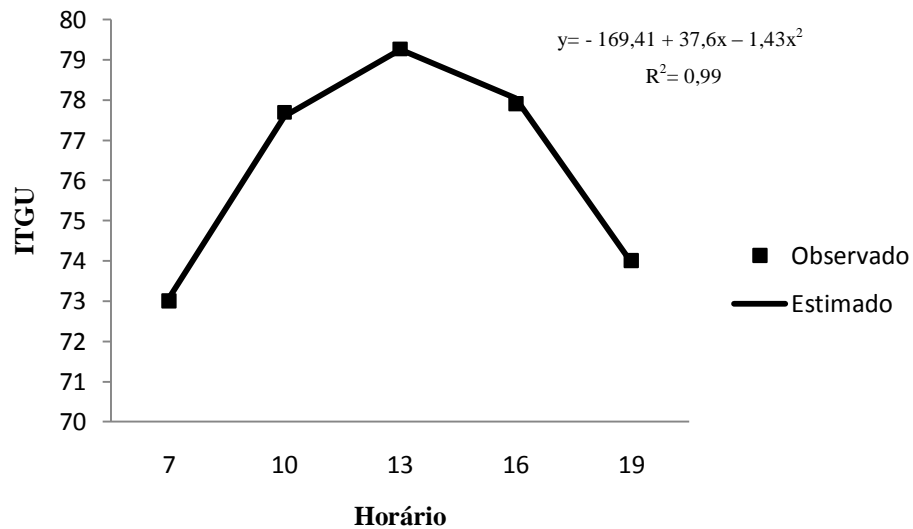


Figura 10 - Equação de regressão ajustada para índice de temperatura de globo e umidade (ITGU) em função dos horários de avaliação.

O ITGU elevado na maior parte do dia demonstra que altos níveis de radiação foram combinados com níveis consideráveis de umidade, se tornando um agravante para a dissipação do excesso de calor corporal.

Os resultados encontrados concordam com Matarazzo (2004) que observou valores médios de ITGU ao redor de 75,3 com uso de ventilação forçada, e não verificou diferença entre ventilação associada à nebulização e sem climatização.

Com objetivo de identificar a adequação de diferentes equações de ITU em duas condições de clima (quente e úmido, e semi-àrido), como forma de estimar a perda da produção de leite nos EUA, Bohmanova et al. (2007) concluem que índices com coeficientes de maior ponderação para umidade são mais adequados para climas úmidos. Por outro lado, sob condições de menor umidade, os índices com maior ênfase na temperatura do ar são preferíveis. Como visto, os índices ambientais devem ser estudados antes de seu emprego, buscando, a partir das limitações presentes em cada um, ponderar o(s) índice(s) mais adequado (s) para representar as condições a que os animais serão submetidos.

A ausência de efeito dos regimes de ventilação empregados sobre os índices ambientais (ITU e ITGU) revela a pouca sensibilidade destes em ilustrar o condicionamento ambiental proporcionado pelo sistema de ventilação. O ITU e ITGU apresentaram pouca contribuição na avaliação do ambiente em relação à temperatura de bulbo seco. Estas evidências podem ser melhor ilustradas pela alta e positiva correlação encontrada entre os índices e os valores de temperatura de bulbo seco ($r=0,98$ e $r=0,94$ respectivamente para ITU e ITGU). Estes resultados corroboram com os encontrados por Dikmen e Hansen (2009)

quando compararam a efetividade de diferentes modelos de ITU em prever estresse térmico em vacas em lactação.

O uso da CTR como índice ambiental mostrou a eficiência do uso da ventilação forçada para animais em crescimento. Em consonância, Arcaro Junior et al. (2010) verificaram que os animais demonstram preferência por ambientes ventilados, em condições de estresse térmico. Essa preferência pode estar ligada à perda de calor por convecção facilitada pela ventilação forçada.

4.2 Variáveis fisiológicas

4.2.1 Frequência respiratória

Exceto no primeiro horário de avaliação, em todos os demais, foram constatadas diferenças ($P < 0,05$) entre os regimes de ventilação sobre a FR. Os valores da FR de acordo com o horário de avaliação são apresentados na Figura 11.

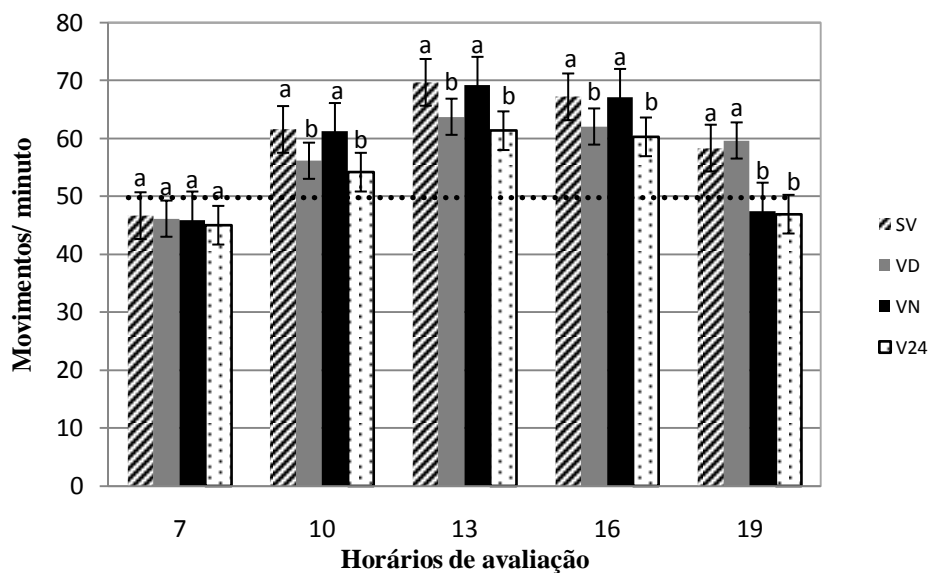


Figura 11 – Médias da frequência respiratória e erro padrão da média de acordo com o tratamento em cada horário de avaliação. Letras iguais dentro de cada horário não diferem entre si pelo Teste t unilateral a 5% de probabilidade. A linha horizontal pontilhada representa FR sob condição normal (SILANIKOVE, 2000).

Às 7 h observou-se que em todos os tratamentos a FR caracterizou condição de conforto, retratado por Silanikove (2000) como sendo de 40 a 60 mov/min para vacas em lactação. Às 10 h houve um aumento na FR dos tratamentos SV e VN de 31 e 33%,

respectivamente, em relação às 7 h, enquanto os tratamentos com uso de ventilação no período apresentaram 20 e 21% de aumento, para V24 e VD.

Em todos os tratamentos as maiores FR foram registradas na avaliação das 13 h, horário em que foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos não ventilados (SV e VN) em relação aos ventilados (VD e V24). Às 16 h e 19 h, assim como às 10 h e 13 h, os tratamentos que receberam ventilação forçada apresentaram menor FR, diferindo estatisticamente ($P < 0,05$) dos tratamentos não ventilados.

No horário das 19 h, o regime de ventilação noturna (VN) afetou positivamente o primeiro sinal visível de estresse térmico (taquipnéia), uma vez que houve redução média de 19,6 mov/min em relação ao horário das 16 h, quando a ventilação forçada não estava disponível neste tratamento. Assim, o acionamento da ventilação somente no período noturno (VN) parece ter agido diretamente sobre os mecanismos de perda de calor por evaporação (respiração).

A ventilação forçada fornecida no período diurno (VD) proporcionou a partir das 10 h menores valores ($P < 0,05$) de FR em relação aos tratamentos SV e VN. Porém, às 19 h, após cessar a ventilação forçada, a FR do tratamento VD sofreu uma pequena redução (2,4 mov/min) em relação às 16 h, enquanto o tratamento SV apresentou redução de 8,8 mov/min. Este resultado ilustra o efeito negativo da ausência de ventilação forçada no início da noite sobre a FR registrada no tratamento VD. Às 19 h os maiores valores foram encontrados nos tratamentos VD (59,6 mov/min) e SV (58,3 mov/min), não existindo diferença significativa ($P > 0,05$) entre ambos.

A resposta dos animais quando desafiados termicamente não apresenta uma uniformidade, de forma que a exposição constante à ventilação ao longo do dia gerou uma resposta diferenciada em relação ao tratamento não ventilado. Nesse sentido, Silva (2008) comenta que a tolerância dos animais em diferentes condições térmicas pode ser alterada com o tempo, ocorrendo certo grau de adaptação, de modo que uma contínua exposição a um ambiente térmico próximo ao limite de tolerância pode ocasionar uma expansão desse limite.

Os valores mais elevados de FR encontrados nos tratamentos sem uso de ventilação, bem como nos horários de maior temperatura, sugerem que os animais utilizaram a termólise evaporativa como forma de manter a homeotermia, comprovando assim a descrição de McDowell et al. (1976), que ressaltaram a importância da FR como via de perda de calor em condições de estresse térmico, responsável por aproximadamente 15% da perda de todo calor endógeno gerado.

Berman et al. (1985), durante o verão em Israel encontraram redução média da FR de 73 para 59 mov/min com o uso da ventilação forçada para vacas em lactação, mantidas em condições de temperatura do ar na faixa de 21 a 31 °C.

Trabalhando com diferentes materiais de cobertura com e sem climatização (ventilação e nebulização) para bezerros na fase de crescimento, Roma Junior (2004) observou queda na FR em função do uso de climatização, com redução variando de 13 a 15 mov/min.

Nonaka et al. (2008), trabalhando no Japão com novilhas holandesas mantidas em condições controladas observaram que quando o ITU atingiu o patamar de 76 (28 °C e 60% UR) os animais apresentaram FR de aproximadamente 55 mov/min, resultados semelhantes aos encontrados neste trabalho para os animais com acesso a ventilação forçada (VD e V24) na avaliação das 10 h.

Foram estudadas as respostas da FR de acordo com cada tratamento em relação ao horário de avaliação. As equações da regressão polinomial respectivas a cada tratamento encontram-se na Tabela 7.

Tabela 7 – Equações de regressão polinomial para estimar a frequência respiratória em função da hora.

Tratamento	Coeficiente de regressão ¹			R ² ajustado (%)
	a (probabilidade)	b (probabilidade)	c (probabilidade)	
	FR			
SV	- 678,22 (0,0001)	110,8 (0,006)	- 4,15 (0,002)	99,4
VD	- 397,63 (0,0001)	66,73 (0,067)	- 2,44 (0,022)	96,2
VN	-918,41 (0,0001)	149,35 (0,35)	- 5,71 (0,012)	95,5
V24	- 601,58 (0,0001)	99,79 (0,307)	- 3,8 (0,025)	90,4

¹ Modelo ajustado: $Y = a + bx + cx^2$

Y = FR

a = intercepto

b = coeficiente da hora – linear

c = coeficiente da hora*hora – quadrático

A interação entre os tratamentos e horários apresentou efeito quadrático ($P < 0,05$) para todos os tratamentos, comprovando as diferenças no comportamento da FR em relação aos tratamentos e a hora de avaliação (Figura 12).

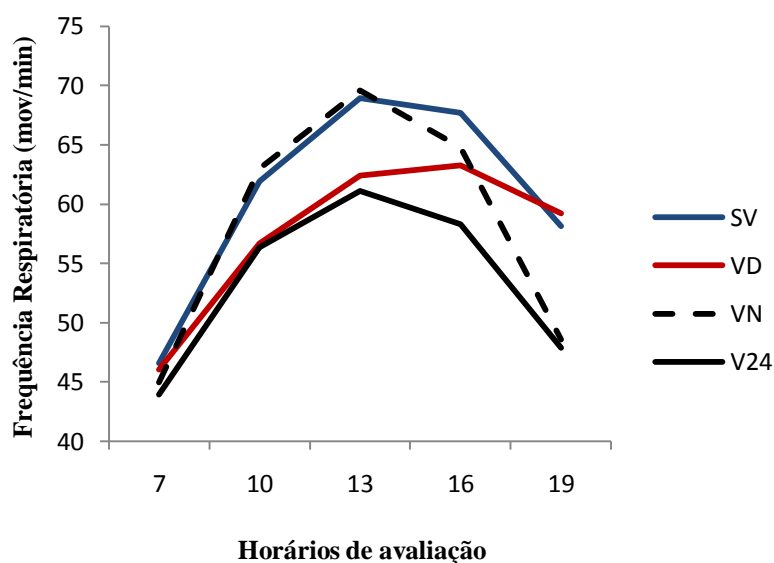


Figura 12 – Equação de regressão ajustada para FR em função dos horários de avaliação para os tratamentos adotados.

Conforme observado, a FR apresentou pico de movimentos respiratórios ao longo da avaliação das 13 h, acompanhando o comportamento dos índices ambientais. A FR é apresentada por Hahn (1999) como a variável fisiológica que durante a exposição ao calor tem o aumento mais rápido e pronunciado em relação às outras respostas, como a TR e o consumo de matéria seca.

De acordo com os dados obtidos foram avaliados por meio de regressão linear os efeitos do ITGU acima da condição de conforto (>74) sobre a FR. As estimativas obtidas revelaram que a cada unidade de aumento no ITGU a FR poderia aumentar 3,5 mov/min ($p < 0,001$) e 4,3 mov/min ($p < 0,001$), respectivamente para os tratamentos ventilados e não ventilados. Nos tratamentos não ventilados, o aumento na FR é uma resposta termorregulatória em condições de estresse térmico, auxiliando na dissipação de calor pela via evaporativa.

4.2.2 Temperatura retal

Os valores da TR em cada horário de avaliação são apresentados na Figura 13. Diferenças significativas ($P < 0,05$) foram observadas em todos os horários avaliados para todos os tratamentos.

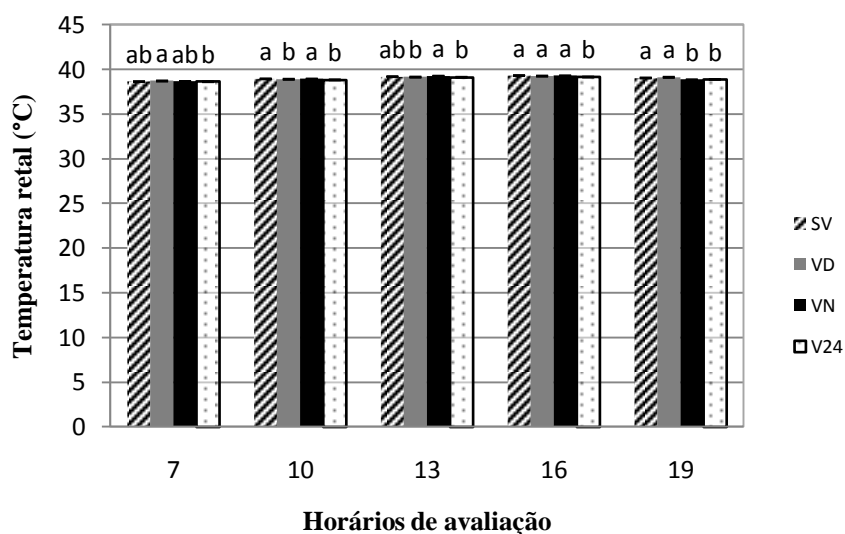


Figura 13 – Temperatura retal de acordo com o tratamento em cada horário de avaliação. Letras iguais dentro de cada horário não diferem entre si pelo Teste t unilateral a 5% de probabilidade.

No primeiro horário de avaliação, a TR do tratamento VD (38,72 °C) foi significativamente maior do que a do tratamento V24 (38,64 °C), sendo que ambos não diferiram dos tratamentos SV (38,66 °C) e VN (38,67 °C).

O fato do tratamento VD apresentar TR significativamente maior às 7 h em relação a V24 pode estar relacionado ao fato de animais submetidos à ventilação exclusivamente diurna (VD) apresentarem-se menos eficientes na recuperação dos efeitos das condições de desconforto durante a noite.

Às 10 h, com a ascensão dos índices ambientais, foram observados valores significativamente menores da TR para os tratamentos VD e V24, em relação a VN e SV. Ou seja, os valores de TR às 10 h foram inferiores nos tratamentos onde a ventilação forçada estava acionada.

Durante a avaliação das 13 h, enquanto a FR atingia os valores de pico, a TR continuava aumentando. Neste horário, os tratamentos VD, VN e V24 não apresentaram diferença significativa em relação ao tratamento SV (39,21 °C). No entanto, a análise apenas dos tratamentos com uso de ventilação permite verificar que no horário das 13 h o tratamento VN (39,27 °C) apresentou valor significativamente maior ($P < 0,05$) de TR, quando comparado aos tratamentos VD (39,15 °C) e V24 (39,14 °C). Assim, a ausência de ventilação forçada no horário das 13 h, verificada no tratamento VN acarretou em maiores valores de TR neste horário em relação aos outros regimes de ventilação em estudo.

Na avaliação das 16 h, os valores de TR do tratamento V24 (39,16 °C) foram significativamente ($P < 0,05$) menores em relação aos demais. Entre os tratamentos VD, VN e SV não foram observadas diferenças significativas. Neste horário, quando supostamente os animais estiveram expostos a condição de estresse térmico devido ao armazenamento de calor ao longo do dia, apenas o uso de ventilação contínua (V24) apresentou-se eficiente em reduzir a TR dos animais.

Os maiores valores de FR registrados no horário das 13 h para os tratamentos SV e VN podem ter contribuído para o equilíbrio da TR no horário das 16 h, não surtindo em diferença significativa quando comparados a VD.

Às 19 h os tratamentos SV e VD não apresentaram diferença significativa entre si. Os demais regimes (VN e V24) foram semelhantes, e apresentaram valores de TR significativamente inferiores em relação aos tratamentos SV e VD. Verifica-se com isso que o término da ventilação forçada às 18 h, característica do regime adotado no tratamento VD, afetou os valores de TR aferidos no horário das 19 h.

O maior gradiente de TR entre os horários das 16 h e 19 h foi verificado no tratamento VN (-0,44 °C). Ou seja, o início da ventilação forçada às 18 h no VN acarretou em maior diminuição da TR, uma vez que os animais deste tratamento estiveram expostos ao calor durante o período diurno sem o uso da ventilação forçada. Já os tratamentos V24, VD e SV apresentaram em relação ao horário das 16 h os gradientes de -0,27 °C, -0,13 °C e -0,27 °C, respectivamente.

A queda mais acentuada da TR do tratamento recebendo ventilação forçada, também foi observada por Younas et al. (1993). Vacas com acesso à ventilação apresentaram no horário das 20 h TR de 39,5 °C, enquanto o tratamento sem ventilação atingiu 40 °C, quando o ITU médio registrado variou entre 74 a 80.

Apesar das diferenças significativas obtidas em todos os horários de avaliação, ressalta-se que os valores médios de TR, em nenhum horário, ultrapassaram a faixa limite de conforto, retratada por Du Preez (2000) como 39,5 °C.

Foram estudadas as respostas da TR de acordo com cada tratamento em relação ao horário de avaliação. As equações de regressão polinomial respectivas a cada tratamento encontram-se na Tabela 8.

Tabela 8 – Equações de regressão polinomial para estimar a temperatura retal em função da hora.

Tratamento	Coeficiente de regressão ¹			R ² ajustado (%)
	a (probabilidade)	b (probabilidade)	c (probabilidade)	
TR				
SV	21,96 (0,0001)	2,51 (0,041)	- 0,092 (0,048)	91,0
VD	27,97 (0,0001)	1,58 (0,032)	- 0,056 (0,09)	90,3
VN	17,23 (0,0001)	3,27 (0,17)	- 0,123 (0,059)	81,6
V24	23,22 (0,0001)	2,33 (0,096)	- 0,086 (0,064)	84,0

¹ Modelo ajustado: $Y = a + bx + cx^2$

$Y = TR$

a = intercepto

b = coeficiente da hora – linear

c = coeficiente da hora*hora – quadrático

A interação entre tratamento e hora foi significativa ($P < 0,05$), caracterizando as diferenças dos tratamentos em relação à TR de acordo com os horários de avaliação (Figura 14).

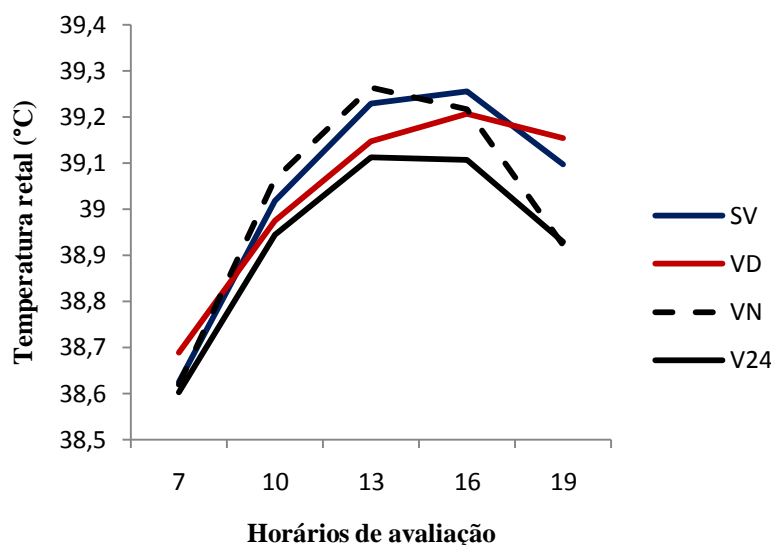


Figura 14 - Equação de regressão ajustada para TR em função dos horários de avaliação para os tratamentos adotados.

A análise do padrão da TR ao longo do dia mostra que, independentemente do tratamento em questão, os animais dissiparam calor nas horas mais frias (noite) amenizando o estresse sofrido nos períodos de temperaturas elevadas. No entanto, os diferentes regimes de ventilação desta pesquisa implicam em necessidades diferenciadas de recuperação da condição de estresse, o que pode ser comprovado com os valores dos indicadores fisiológicos obtidos nos horários de avaliação.

Esta relativa capacidade das novilhas em dissipar o calor adquirido durante o dia, quando em situações de desconforto térmico, se deve ao fato dessa categoria animal não apresentar o calor metabólico de lactação como agravante dos mecanismos de perda de calor (LEFCOURT e SCHMIDTMANN, 1989).

A partir das 15 h a temperatura do ar começou a declinar, e a TR declinou somente após a avaliação das 16 h. Essas evidências se enquadram nas observações feitas por Baccari Junior et al. (1979), que, mantendo os animais em termoneutralidade encontraram maior dependência desta variável em relação à hora do dia do que propriamente com a temperatura do ar. Além do efeito circadiano na TR relacionado à hora dia (BITMAN et al., 1984), observou-se o efeito da ventilação forçada sobre esta variável, uma vez que às 16 h o tratamento SV apresentou um gradiente de 0,17 °C em relação ao V24.

Collier et al. (2006), avaliando sistemas de nebulização conciliados ou não com fluxo de ar em vários tempos de intermitência (5, 10 e 15 min) e o uso exclusivo de ventilação, não observaram efeitos do tratamento ventilação sobre a temperatura retal de vacas em lactação, diferindo dos resultados encontrados no presente trabalho.

Por outro lado, trabalho realizado por Aii et al. (1989) demonstraram que a ventilação forçada foi eficiente na queda da temperatura retal de vacas em lactação no horário das 14 h, com decréscimo de 0,4 °C, quando comparada ao tratamento controle (sem climatização).

Da mesma forma, a ventilação forçada para vacas em lactação teve a taxa de aumento da temperatura retal reduzida pela metade quando comparada ao tratamento sem ventilação sob temperatura do ar de 26 a 36 °C (BERMAN et al., 1985). No entanto, apesar dos resultados desta pesquisa convergirem com a literatura, ainda são escassas pesquisas que avaliam os efeitos da climatização em novilhas.

Ferreira et al. (2006), estudando as variáveis fisiológicas em bovinos mestiços (Gir x ½ Holandês) machos e fêmeas em câmara bioclimática, submetidos ao estresse térmico, encontraram correlação positiva ($r=0,92$) entre FR e TR.

Neste trabalho, a análise de correlação entre FR e TR demonstrou-se positiva ($P<0,001$) em todos os regimes de ventilação. O tratamento SV apresentou alta correlação ($r=0,72$), enquanto os tratamentos VN ($r=0,65$), VD ($r=0,63$) e V24 ($r=0,47$), apresentaram correlações médias. Esses dados revelam que no tratamento SV o aumento da TR é mais dependente do aumento da FR, quando comparado aos outros tratamentos.

4.2.3 Temperatura superficial

A Figura 15 ilustra a resposta da TS nas quatro regiões estudadas de acordo com a temperatura do ar dentro de cada regime de ventilação.

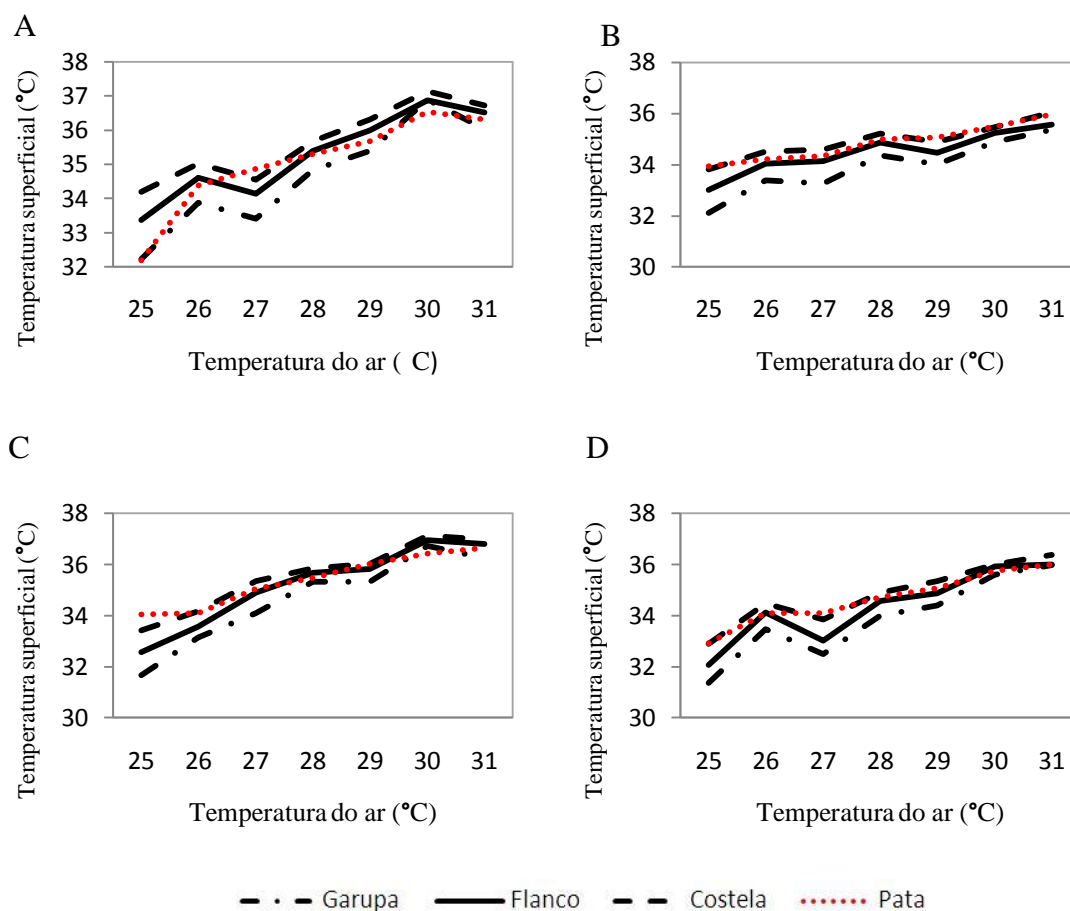


Figura 15 – Temperatura superficial em função da temperatura do ar para os tratamentos: A) SV, B) VD; C) VN e D) V24.

Todas as regiões apresentaram TS positivamente correlacionada com a temperatura do ar, obtendo-se para garupa ($r= 0,77$; $P< 0,0001$); flanco ($r= 0,75$; $P<0,0001$), costela ($r= 0,77$; $P<0,0001$) e pata ($r= 0,84$; $P<0,0001$).

Em estudo sobre a resposta da TS de vacas em diferentes condições ambientes, Kotrba et al. (2007) encontraram alta correlação da temperatura do ar sobre todas as regiões estudadas. Estes resultados são esperados, uma vez que com o aumento da temperatura do ar os animais absorvem o calor ambiental, aumentando consequentemente sua TS.

A TS média da região da garupa, flanco, costela e pata em cada horário de avaliação são apresentadas na Tabela 9.

Tabela 9 – Temperatura superficial (média \pm erro padrão da média) da garupa, flanco, costela e pata de acordo com cada tratamento nos diferentes horários.

Tratamentos	Horários				
	7 h	10 h	13 h	16 h	19 h
Garupa (°C)					
SV	32,93 \pm 0,46a	34,97 \pm 0,28a	35,89 \pm 0,36a	34,63 \pm 0,34a	32,39 \pm 0,19a
VD	32,7 \pm 0,32a	34,13 \pm 0,25b	35,12 \pm 0,26b	34,01 \pm 0,35b	32,28 \pm 0,21a
VN	32,43 \pm 0,24a	35,31 \pm 0,39a	36,09 \pm 0,31a	34,61 \pm 0,44a	31,32 \pm 0,24b
V24	32,52 \pm 0,3a	34,07 \pm 0,26b	35,01 \pm 0,35b	33,86 \pm 0,42b	31,4 \pm 0,09b
Flanco (°C)					
SV	33,81 \pm 0,37a	35,55 \pm 0,21a	36,34 \pm 0,31a	35,25 \pm 0,3a	33,44 \pm 0,13a
VD	33,60 \pm 0,32a	34,67 \pm 0,19b	35,47 \pm 0,17b	34,53 \pm 0,29b	33,28 \pm 0,19a
VN	33,38 \pm 0,18a	35,6 \pm 0,34 a	36,45 \pm 0,29a	35,29 \pm 0,37a	32,28 \pm 0,25b
V24	33,36 \pm 0,2a	34,51 \pm 0,21b	35,45 \pm 0,3b	34,48 \pm 0,28b	32,37 \pm 0,23b
Costela (°C)					
SV	34,17 \pm 0,39a	35,78 \pm 0,22a	36,49 \pm 0,28a	35,65 \pm 0,31a	34,2 \pm 0,1a
VD	34,01 \pm 0,26a	35,06 \pm 0,14b	35,8 \pm 0,15b	34,92 \pm 0,28b	33,93 \pm 0,19a
VN	33,88 \pm 0,14a	35,79 \pm 0,25a	36,64 \pm 0,26a	35,64 \pm 0,34a	33,08 \pm 0,24b
V24	33,92 \pm 0,18a	34,96 \pm 0,18b	35,69 \pm 0,27b	34,85 \pm 0,29b	33,09 \pm 0,2b
Pata (°C)					
SV	32,73 \pm 0,45ab	35,07 \pm 0,21a	36 \pm 0,19a	35,41 \pm 0,31ab	34,54 \pm 0,22a
VD	32,82 \pm 0,3ab	34,54 \pm 0,19b	35,47 \pm 0,19b	35,08 \pm 0,27b	34,02 \pm 0,19b
VN	32,59 \pm 0,35b	35,2 \pm 0,18a	36,18 \pm 0,22a	35,57 \pm 0,35a	33,51 \pm 0,23c
V24	33,03 \pm 0,24a	34,58 \pm 0,2b	35,5 \pm 0,21b	34,62 \pm 0,39c	33,71 \pm 0,13bc

^{a,b,c} Médias seguidas por letras distintas nas colunas para cada região diferem pelo Teste t de Student unilateral ($P < 0,05$).

No primeiro horário de avaliação, a TS não apresentou diferenças significativas ($P > 0,05$) entre os tratamentos nas regiões da garupa, flanco e costela.

As condições de temperatura e umidade neste horário de avaliação estavam dentro da faixa considerada de conforto aos animais. Assim, provavelmente os animais apresentam apenas ajustes circulatórios sem recorrer a processos de trocas mais onerosos, e com isso mantiveram em geral os padrões de temperatura corporal.

Para a temperatura da garupa foram constatadas diferenças significativas ($P < 0,05$), entre os tratamentos nos demais horários, sendo que às 10 h, 13 h e 16 h, a adoção da ventilação forçada durante o dia (VD e V24) diminuiu a TS da garupa, em relação ao tratamento SV e VN. No horário das 19 h, os menores valores de TS foram observados nos tratamentos V24 e VN, ou seja, tratamentos cujo sistema de ventilação encontrava-se em operação. Além disso, vale ressaltar que às 19 h foram verificados os maiores gradientes de temperatura entre o tratamento controle (SV) e os tratamentos com ventilação ligada, gradientes de 1,07 e 0,99 °C para o VN e o V24, respectivamente.

As temperaturas do flanco e costela apresentaram diferença significativa entre os diferentes regimes de ventilação empregados, de forma semelhante ao verificado na garupa. Às 13 h a TS do flanco dos tratamentos sob ventilação (VD e V24) foi em média 1 °C menor do que os não ventilados (VN e SV). Este gradiente pode ser devido à maior frequência respiratória registrada neste horário para os tratamentos VN e SV em relação à VD e V24, visto que esta pode causar um sensível acréscimo no calor armazenado nos tecidos devido ao trabalho acelerado dos músculos respiratórios (SILVA et al., 2003).

A costela apresentou menor variação de TS (diferença entre a TS às 13 h e 18 h) dentro de cada tratamento em relação às demais regiões estudadas.

O primeiro ajuste fisiológico a que os bovinos recorrem ao serem expostos a condições de desconforto é a vasodilatação (TURNPENNY et al., 2000). Este mecanismo é ativo na região do tronco, porém podem ocorrer falhas na atividade vasomotora devido a presença de gordura subcutânea e músculos (EHRLEMARK et al., 1996). Dessa forma, a vasodilatação em condições de estresse térmico pode ocorrer, não refletindo em grandes mudanças na temperatura da pele (SLEE, 1966). Os trabalhos conduzidos por Whittow (1962) e Scharf et al. (2008) também encontraram certa uniformidade da temperatura superficial da costela.

Na região da pata às 7 h, apesar dos animais estarem em condição de conforto térmico, o tratamento VN apresentou menores valores de TS, diferindo do tratamento V24, porém sem diferença significativa em relação aos tratamentos VD e SV. Na avaliação das 10 e 13 h, as TS dos tratamentos VD e V24 foram significativamente menores que nos tratamentos SV e VN. No horário das 16 h, o tratamento VN apresentou o maior valor de TS, não diferindo de SV. O tratamento VD apresentou temperatura superficial de 35,08 °C, e não foi diferente ($P>0,05$) em relação ao tratamento SV (35,41 °C). O tratamento V24 apresentou queda de 0,88 °C em relação às 13 h, diferindo significativamente dos demais tratamentos.

Às 19 h, uma vez acionada a ventilação noturna (VN), observou-se menor TS na região da pata, não diferindo estatisticamente do tratamento V24, mas sim do VD e SV. O tratamento V24, que já vinha recebendo a ventilação durante todo o período do dia, não apresentou diferença significativa ($P>0,05$) em relação ao VD e ao VN, diferindo somente do SV. No tratamento VD, que estava com os ventiladores desligados neste horário, a TS apresentou valores significativamente menores em relação à SV. Ou seja, a perda convectiva facilitada durante os horários mais quentes do dia, verificado no VD, foi suficiente para que a TS da pata fosse menor que o tratamento SV no período das 19 h, mesmo com o sistema de ventilação desligado neste horário.

Os resultados sugerem que a resposta na TS à ventilação verificada por meio da termografia ocorre em curto espaço de tempo. Prova disso pode ser vista na TS da pata quando são comparadas as diferenças do tratamento VD e VN às 19 h em relação às 16 h, onde se verifica uma queda duas vezes maior na TS para VN em relação a VD. Desta forma, verifica-se que o acionamento do sistema de ventilação às 18 h no tratamento VN gera uma rápida redução da TS da pata.

Spain et al. (2001) também encontraram respostas rápidas da temperatura da pele e temperatura retal após as vacas em lactação serem expostas à ventilação noturna, com queda (14 às 20 h) de 2,1 °C e 0,1 °C para temperatura da garupa e retal, respectivamente. Neste trabalho a queda (16 às 19 h) na TS da garupa para o tratamento VN foi de 3,2 °C e a temperatura retal diminuiu 0,44 °C, provavelmente pelas diferenças existentes na produção de calor metabólico entre vacas em lactação e novilhas.

Montanholi et al. (2008), utilizando câmera termográfica para registro da TS encontrou aumento da temperatura da pata de vacas em lactação, da ordem de 2,7 °C. No presente trabalho, a variação média ao longo do dia, obtida na temperatura da pata para os tratamentos ventilados e não ventilados, foi de 2,5 °C e 3,4 °C, respectivamente. Cabe ressaltar que, no trabalho de Montanholi et al. (2008), a máxima temperatura do ar obtida foi de 27,3 °C, inferior às registradas nesta pesquisa.

Knížková et al. (2002) encontraram pequenas mudanças na TS de vacas lactantes sob ventilação natural, provavelmente ligada à temperatura do ar que se manteve durante o estudo na faixa de 16 a 25 °C, portanto, dentro da zona de termoneutralidade. Os autores observaram que com a temperatura do ar dentro da zona de termoneutralidade o aumento da velocidade do vento (até 1,75 m/s) repercutiu em redução da perda de calor, manifestada pela resposta vascular e mudanças na TS. Por outro lado, uma diminuição na velocidade do ar fez com que as vacas aumentassem a perda de calor, o que demonstra que mudanças nas condições térmicas podem acionar rapidamente respostas vasculares na pele que resultam em maior ou menor perda de calor no animal.

Em geral, nos tratamentos com ventilação forçada observou-se queda significativa na TS em todas as regiões avaliadas. As TS aumentaram com a temperatura do ar, diminuindo o gradiente existente entre a TS e a TR. Menor diferença entre a TS e TR reduz a transferência de calor para superfície corporal, bem como a transferência de calor entre a superfície da pele e o ambiente. Assim, observou-se de forma mais crítica conforme descrito anteriormente, o efeito do estresse térmico no aumento significativo ($P < 0,05$) da TR dos tratamentos não

ventilados durante o dia (SV e VN) nos segundo e terceiro horários (10 h e 13 h), quando as TS da região da garupa, flanco e costela encontravam-se ao redor dos 35,5 °C.

A faixa de TS (ao redor de 35 °C) foi descrita por Collier et al. (2008) como ponto limite a que os bovinos são capazes de manter a temperatura do núcleo corporal, acima desta TS os animais começam a armazenar calor, aumentando a TR.

Avaliando o efeito dos tratamentos, observa-se que o tratamento VN não apresentou diferença significativa em relação ao SV enquanto permaneceu sem ser acionado; ambos proporcionaram as maiores TS nos horários mais quentes do dia. Quando acionado, fica evidente o efeito significativo do tratamento VN sobre a TS de todas as regiões, onde as temperaturas foram diminuídas ao mesmo nível dos animais mantidos no tratamento V24.

De acordo com as condições de temperatura presenciadas durante o período experimental, e o reflexo desta na TS (Figura 15), foi estimada por meio de regressão linear a resposta relativa de cada região estudada de acordo com o tratamento, como forma de conhecer a efetividade da ventilação forçada sob a perda de calor (Tabela 10).

Tabela 10 – Magnitude de aumento da temperatura superficial de acordo com o tratamento nas diferentes regiões do corpo.

Tratamentos	Mudança por °C da temperatura do ar			
	Garupa	Flanco	Costela	Pata
SV	0,45	0,38	0,35	0,45
VD	0,35	0,26	0,24	0,37
VN	0,63	0,53	0,47	0,53
V24	0,47	0,37	0,33	0,39

Pode-se observar o efeito benéfico da ventilação forçada nos tratamentos VD e V24 sobre a TS de todas as regiões, uma vez que as respostas de aumento da TS em função da temperatura ambiental foram sempre menores nestes tratamentos (Tabela 10). Quanto maior a resposta de aumento da TS maiores serão as exigências perante os mecanismos homeostáticos na tentativa de manter a temperatura corporal, o que pode gerar prejuízos no desempenho dos animais.

A ocorrência de variações na TS semelhantes entre os tratamentos SV e V24 podem não representar os mesmos efeitos nas respostas termorregulatórias, pois, conforme pode ser observado na Tabela 9, o tratamento SV apresentou TS superior para todas as regiões e horários de avaliação.

A região da garupa e da pata foram, para todos os tratamentos as mais responsivas à variação da temperatura do ar (Tabela 10). Isso pode ser explicado pelo fato das extremidades serem regiões de grande importância na perda de calor corporal (WHITTOW, 1962; AMES, 1970), pois apresentam maior relação superfície/volume, perdendo mais calor proporcionalmente, devido a aumento do fluxo de sangue.

A região da pata dos mamíferos apresenta rede venosa rica em ramificações e anastomoses, o que permite a ocorrência do mecanismo de transferência térmica denominado processo contracorrente. Ele ocorre na proximidade entre uma artéria e uma veia, resultando em transferência de calor do sangue quente da artéria para o sangue da veia mais frio oriundo das extremidades (SILVA, 2000).

Os animais quando submetidos à ventilação diurna (VD) parecem ter apresentado condições mais adequadas (menor variação na TS), conforme retratado na Tabela 9, do que aqueles que receberam ventilação durante 24 h.

As maiores variações na TS encontradas no V24, em relação a VD podem estar confundidas ao período em que os ventiladores permanecerem acionados durante a noite. Pois quando observamos o comportamento da TS dos animais sob ventilação noturna (VN) notamos que o referido tratamento apresentou as maiores variações em todas as regiões avaliadas. Os maiores acréscimos foram registrados na garupa 0,63 °C (80% superior ao tratamento VD), seguida pelo flanco e pata com 0,53 °C.

A ventilação noturna (VN) apesar de ser eficiente na queda significativa da TS às 19 h em todas as regiões avaliadas (Tabela 9) obteve a maior magnitude de aumento da temperatura superficial com o acréscimo da temperatura do ar.

Dessa forma, o tratamento VN não se apresentou vantajoso quanto a TS, pois uma das pressuposições de sua adoção seria a de que este apresentaria respostas fisiológicas menores em relação ao tratamento SV durante o dia, o que não foi observado neste trabalho.

Slee (1968) sugeriu a utilização da magnitude de aumento da TS em relação a temperatura do ar como um método indicativo de atividade vasomotora. A variação na TS por grau Celsius de mudança deve ser no mínimo de 0,4 °C para indicar significativa atividade vasomotora. Neste trabalho, esta condição foi verificada na região da garupa, para os tratamentos SV, VN e V24, no flanco e costela para o tratamento VN e na pata a mudança foi superior a 0,4 °C para SV e VN.

Este método indicativo pode ser adotado desde que assumida a hipótese afirmativa que a vasodilatação é desencadeada somente em função da temperatura ambiente. Fatores associativos envolvidos na resposta da TS nas diferentes regiões da superfície corporal podem

desencadear diferentes graus de atividade vasomotora em uma dada temperatura ambiente (SCHARF et al., 2008), ilustrando a complexidade desta resposta.

Embora alguns indicadores físicos do ambiente (ITU e ITGU) não tenham mostrado diferença nos diferentes regimes de ventilação, as diferenças nas temperaturas superficiais certamente são indicadores importantes que mostram respostas diferenciadas ao ambiente. Pois, de acordo com Silva (2008), a TS juntamente com a temperatura ambiente e das diferentes partes do corpo determinam a eficiência do processo de manutenção da homeostase.

Os efeitos benéficos da ventilação forçada registrados neste trabalho se devem principalmente ao fato de que a temperatura do ambiente em nenhum momento foi superior a temperatura corporal dos animais. Caso contrário, conforme ressaltado por Saito et al. (1989) a ventilação, ao invés de melhorar as perdas convectivas, pode se tornar uma fonte de estresse térmico aos animais, direcionando o fluxo de ar quente sobre os mesmos, agravando as trocas térmicas.

Dentro da avaliação dos indicadores fisiológicos foi observado um efeito rápido da ventilação forçada, com menor condição de estresse entre os regimes de ventilação quando estes estavam acionados. A partir dessa observação, a opção pela ventilação 24 h (V24), como a que apresentou efeito positivo sobre os indicadores fisiológicos, é a mais adequada. Os regimes de ventilação seccionados, com acionamento por período de tempo específico (VD e VN), quando a ventilação forçada não estava presente, repercutiram em maior desafio térmico aos animais, a níveis semelhantes ao tratamento SV.

4.3 Desempenho

A Tabela 11 apresenta o desempenho dos animais de acordo com os diferentes regimes de ventilação empregados.

Tabela 11 – Desempenho (média \pm erro padrão da média) de novilhas mantidas sob diferentes regimes de ventilação forçada.

Tratamento	CMS (kg/dia)	CMSPM (g MS/PV ^{0,75})	GMD (kg/dia)	CA (kg MS/kg de GP)
SV	3,96 \pm 0,21a	99,57 \pm 2,18a	0,72 \pm 0,06a	5,99 \pm 0,59a
VD	3,93 \pm 0,23a	99,10 \pm 1,82a	0,61 \pm 0,11a	5,98 \pm 0,58a
VN	4,08 \pm 0,2a	101,13 \pm 1,89a	0,70 \pm 0,08a	6,16 \pm 0,67a
V24	3,91 \pm 0,24a	98,43 \pm 2,1a	0,71 \pm 0,09a	6,10 \pm 0,73a
CV (%)	15,8	5,7	34,0	26,9

Médias seguidas de letras iguais na coluna, não diferem ($P > 0,05$) entre si pelo Teste t de Student.

CMS = Consumo de matéria seca; CMSPM= Consumo de matéria seca em função do peso metabólico

GMD = Ganho médio diário; CA = Conversão alimentar

Os consumos de MS, expressos em kg/dia e em função do peso metabólico (g MS/PV^{0,75}) não apresentaram diferença ($P > 0,05$) em relação aos tratamentos.

Os efeitos positivos da velocidade do vento sobre o CMS encontrados por Yousef (1968) não foram evidenciados neste trabalho, provavelmente pela magnitude (intensidade e duração) das condições térmicas não comprometerem os mecanismos compensatórios de perda de calor. O aumento do CMS gera maior produção de calor endógeno, e o animal aumenta as vias de perda de calor sensível e latente em busca de manter a homeotermia, sem comprometer seu desempenho.

Nonaka et al. (2008) observaram que dentro da faixa de 20 – 28 °C novilhas leiteiras apresentaram CMS similar, com queda de 9% quando a temperatura atingiu 33 °C. Estes dados estão de acordo com os encontrados no presente trabalho, uma vez que a temperatura do ar média diária permaneceu dentro da faixa retratada pelo autor, sem comprometer o CMS.

O GMD e a conversão alimentar não apresentaram diferença ($P > 0,05$) entre os tratamentos. Este resultado pode ser atribuído ao similar CMS entre os tratamentos, retratando o mesmo padrão de resposta dos animais, independente do regime de ventilação.

Valores semelhantes de desempenho para novilhas leiteiras foram encontrados por Oliveira et al. (2009), que observaram conversão média de 6,17 e CMSPM de 95 g MS/PV^{0,75}. Maior ganho de peso (0,78 kg/dia) foi observado por Lima et al. (2009), em estudo com novilhas leiteiras mestiças mantidas confinadas, sendo a conversão encontrada de 8,12 kg MS/kg de GP .

4.4 Comportamento

As percentagens de ocorrência de cada atividade durante o período diurno e noturno são apresentadas na Figura 16.

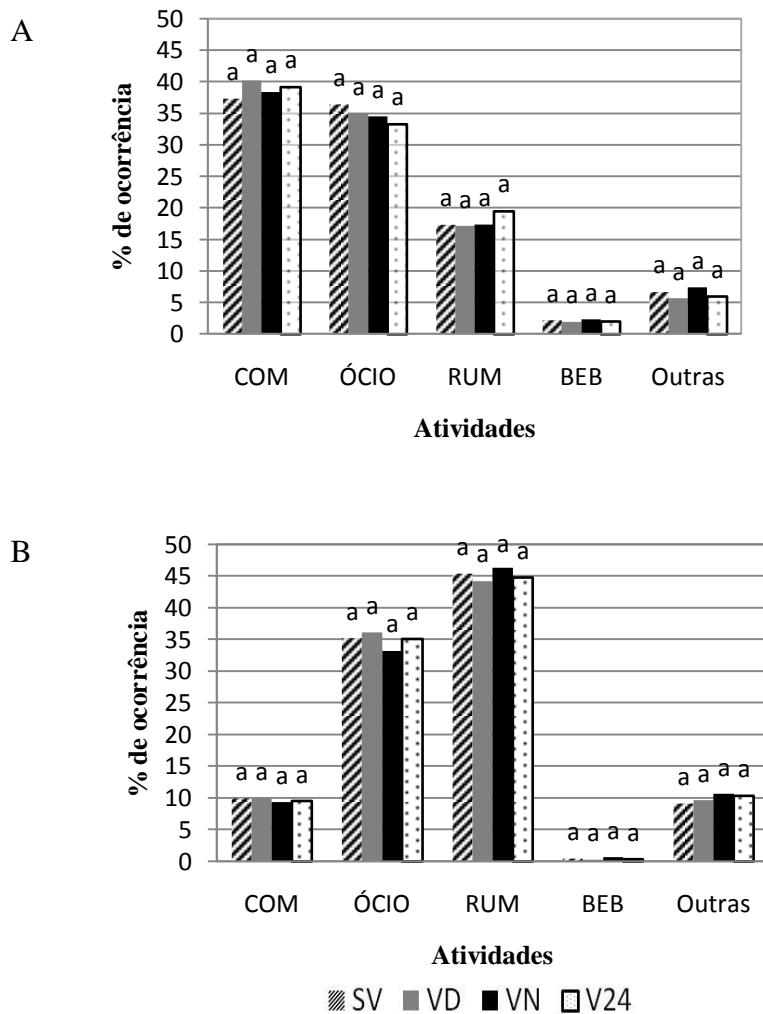


Figura 16 – Ocorrência de atividades de ingestão de alimento (COM), sem atividade (ÓCIO), ruminção (RUM), ingestão de água (BEB) e outras atividades durante o dia (A) e a noite (B)

Independente do regime de ventilação, a maior frequência de alimentação dos animais foi observada no período diurno, visto que a dieta foi fornecida no início da manhã (7h00min) e no final da tarde (17h00min), sendo as frequências do período da manhã mais pronunciadas (33% maior) do que as observadas no final da tarde. Em todos os tratamentos, a frequência de alimentação observada no horário noturno ocorreu em maior intensidade até o horário das 19 h, posteriormente, observou-se queda gradativa, com a ocorrência de pequenos picos às 23 e 24 h. Dentre todas as atividades, o comportamento ingestivo durante o dia correspondeu a cerca de 40% dos registros comportamentais. Em contraposição, durante a noite, os registros comportamentais de alimentação foram de 10%.

Todos os tratamentos apresentaram frequência de animais sem atividade igualmente distribuída entre os períodos. Dentro do período diurno o maior pico de ocorrência de animais

em ócio foi registrado no período das 9 h, logo após a alimentação. Já no período noturno, após as 19 h houve aumento gradativo do ócio para todos os tratamentos, estabilizando durante a madrugada.

As frequências de ruminação apresentaram comportamento semelhante entre os períodos diurno e noturno. As primeiras atividades de ruminação foram registradas no horário das 8 h, a frequência foi aumentando ao longo do dia, até atingir um platô às 11 h, diminuindo gradativamente até às 17 h. Após às 19 h, a ruminação teve frequência mais pronunciada em todos os tratamentos, aumentos progressivos foram observados até às 4 h. Apesar de haver presença de ruminação marcante entre os dois arraçoamentos, esse comportamento se apresentou de forma mais consistente no período noturno (45%).

Durante o dia, foi observado que animais que não estavam recebendo ventilação (SV e VN) apresentaram maior frequência de ruminação em pé (21,5 e 23,7%, respectivamente) quando comparados a VD (16%) e V24 (18,5%). Ao contrário, durante a noite a ausência de ventilação diminuiu a ruminação em pé (2 e 2,5% para SV e VD) em relação aos tratamentos VN (3,47%) e V24 (3,82%).

As diferenças em relação à postura em ruminação nos diferentes regimes de ventilação podem estar relacionadas aos mecanismos comportamentais para facilitar trocas térmicas entre o animal e o ambiente.

Segundo Damasceno et al. (1999) os bovinos preferem ruminar deitados, com o peito junto ao solo, porém, em situações de desconforto, permanecem ruminando mais tempo em pé.

A ocorrência de ingestão de água durante o dia foi ao redor de 2% para todos os tratamentos, sendo os picos de ingestão registrados nas primeiras horas da manhã, mantendo-se estável até o final da tarde. No período noturno a procura por água foi pequena. As maiores ocorrências foram entre 23 e 24 h.

Laganá et al. (2005) encontraram taxa de ingestão de água para vacas em lactação mais elevadas durante as horas mais quentes do dia, justificando este comportamento como um mecanismo auxiliar de termorregulação.

Em relação às demais atividades, maiores ocorrências foram registradas durante o período noturno. Grande parte destas observações foi atribuída às interações sociais entre os animais de cada baia e à limpeza corporal, relacionadas a um estado de maior tranquilidade dos animais.

A utilização de ventilação forçada não foi suficiente para causar alterações no comportamento dos animais. Este resultado pode estar vinculado à categoria animal utilizada

na presente pesquisa, uma vez que novilhas se apresentam menos susceptíveis ao estresse térmico que animais em produção. A necessidade de serem adotadas outras medidas de alívio de estresse térmico mais efetivas em termos de condições ambientais também pode gerar diferenças comportamentais mesmo em pesquisas com animais em crescimento.

5 CONCLUSÕES

Os tratamentos com ventilação forçada durante o dia apresentaram menor CTR, efeito não observado entre os tratamentos quando utilizado o ITU e ITGU.

Regimes com ventilação forçada, quando disponíveis, apresentaram-se vantajosos em relação ao controle, quanto à resposta sobre as variáveis fisiológicas, diminuindo a frequência respiratória, temperatura retal e temperatura da superfície do pelame em todas as regiões estudadas.

Regimes seccionados de ventilação (VD e VN) apresentaram dificuldades em manter a condição de homeotermia, o que a longo prazo pode refletir negativamente sobre o desempenho animal. O sistema de ventilação apresentou efeito em curto espaço de tempo sobre os parâmetros fisiológicos, o que ressalta a importância de manter o sistema acionado por período integral (V24), sempre que a temperatura ultrapassar as condições de conforto.

O desempenho de novilhas leiteiras, caracterizado pelo consumo de matéria seca, ganho médio diário e conversão alimentar não sofreu efeito dos regimes de ventilação forçada.

A análise comportamental não revelou influência dos regimes de ventilação forçada, indicando baixa capacidade desse sistema em alterar o padrão comportamental dos animais.

6 REFERÊNCIAS

- AII, T.; TAKAHASHI, S.; KURIHARA, M.; KUME, S. The economical evaluation of a mist and fan system for dairy cows based o milk production increases. **Japanese Journal Zootech Science**, v.59, p.637-642, 1989.
- AMES, D. R.; NELLOR, J. E.; ADAMS, T. Biothermal vasomotion in sheep. **Journal Animal Science**, v.31, p.80-84, 1970.
- ARCARO JÚNIOR, I ARCARO, J. R. P.; POZZI, C. R.; DEL FAVA, C.; FAGUNDES, H.; MATARAZZO, S. V.; OLIVEIRA, J. E. Respostas fisiológicas de vacas em lactação à ventilação e aspersão na sala de espera. **Ciência Rural**, v.35, p.639-643. 2005.
- ARCARO JÚNIOR, I.; TOLEDO, L. M. de.; ARCARO, J. R. P.; POZZI, C. R.; AMBROSIO, L. A.; MIRANDA, M. S.; ZOTTI, C. A. Temperatura de transição da preferência de novilhas leiteiras por ambientes climatizados. In: XXII Congresso Panamericano de Ciências Veterinárias. 2010, Lima **Anais**.
- ARMSTRONG, D.V. Heat stress interaction with shade and cooling. **Journal of Dairy Science**, v.77, p.2044-2050, 1994.
- BACCARI JUNIOR, F.; CAMPOS NETO, O.; ROCHA, G.P. Variação fisiológica da temperatura retal das 8 às 18 horas em bovinos holandeses – correlação com a temperatura ambiente e hora do dia. In: JORNADA CIENTÍFICA DA ASSOCIAÇÃO DOS DOCENTES DO CÂMPUS DE BOTUCATU. **Anais**. p.5-8, 1979.
- BACCARI JUNIOR, F. Adaptação de sistemas de manejo na produção de leite em climas quentes. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AMBIÊNCIA NA PRODUÇÃO DE LEITE, Piracicaba, 1998. **Anais**. Piracicaba: FEALQ, 1998. p.24-67.
- BACCARI JUNIOR, F. **Manejo ambiental da vaca leiteira em climas quentes**. Londrina: Universidade Estadual de Londrina, 2001. 142 p.
- BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. **Ambiência em edificações rurais: conforto animal**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1997. 246p.
- BARNES, R. B. Thermography of the human body: infrared radiant energy provides new concepts and instrumentation for medical diagnosis. **Science**, v.140, p 870–877, 1963.
- 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. **Journal of Dairy Science**, v.68, p. 1488-1495, 1985.
- BERMAN, A. Effects of body surface area estimates on predicted energy requirements and heat stress. **Journal of Dairy Science**, v.86, p.3605-3610, 2003.

BERMAN, A. Increasing heat stress relief produced by coupled coat wetting and forced ventilation. **Journal of Dairy Science**, v.91, p.4571-4578, 2008.

BERRY, R. J.; KENNEDY, A. D.; SCOTT, S. L.; KYLE, B. L.; SCHAEFER, A. L. Daily variation in the udder surface temperature of dairy cows measured by infrared thermography: Potential for mastitis detection. **Canadian Journal Animal Science**, v.83, p.687-693, 2003.

BITMAN, J.; LEFCOURT, A.; WOOD, D. L.; STROUD, B. Circadian and ultradian temperature rhythms of lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.67, p.1014-1023, 1984.

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

BUFFINGTON, D.E.; COLLAZO-AROCHO, A.; CANTON, G.H.; PITT, D. Black globe-humidity index (ITGU) as confort equation for dairy cows. **Transactions of American Society of Agricultural Engineering**, v.24, p.711-714, 1981.

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

CHUA, B.; COENEN, E.; Van DENLE, J.; WEARYET, D. M. Effects of pair versus individual housing on the behavior ad performance of dairy calves. **Journal of Dairy Science**, v.85, p.360-364, 2002.

CLARK, J. A.; CENA, K. The potential of infrared thermography in veterinary diagnosis. **The Veterinary Record**, v.100, p.402-404, 1977.

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

COLLIER, R.J.; COLLIER, J. L.; RHOADS, R. P.; BAUMGARD, L. H. Invited review: Genes involved in the bovine heat stress response. **Journal of Dairy Science**, v.91, p.445-454, 2008.

CONCEIÇÃO, M. N. **Avaliação da influência do sombreamento artificial no desenvolvimento de novilhas leiteiras em pastagens**. 2008. 138 p. Tese (Doutorado em Física do Ambiente Agrícola) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

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

DAVISON, T. **Climate change impacts on the Australian dairy industry and implications for on farm research**. IN: NOVOS DESAFIOS PARA O LEITE DO BRASIL, Juiz de Fora, 2007. EMBRAPA GADO DE LEITE. p.129-143.

De VRIES, T. J; Von KEYSERLINGK, M. A. G. Feeding method affects the feeding behavior of growing dairy heifers. **Journal of Dairy Science**, v.92, p.1161-1168. 2009.

DIKMEN, S.; HENSEN, P. J. Is the temperature-humidity index the best indicator heat stress in lactating dairy cows in a subtropical environment? **Journal of Dairy Science**, v.92, p.109-116, 2009.

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

DUKES, H.H. **Fisiologia dos animais domésticos**. 11.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1996. 856p.

EHRLEMARK, A.G.; SÄLLVIK K.G. A model of heat and moisture dissipation from cattle based on thermal properties. **Transactions of American Society of Agricultural Engineering**, vol.39, p.187-194, 1996.

ESMAY, M.L. **Principles of animal environment**. 2^a ed. Westport CJ, AGI Publishing Co., 1969, 325 p.

FERREIRA, F.; PIRES, M.F.A.; MARTINEZ, M.L.; COELHO, S.G.; CARVALHO, A.U.; FERREIRA, P.M.; FACURY FILHO, E.J.; CAMPOS, W.E. Parâmetros fisiológicos de bovinos cruzados submetidos ao estresse calórico. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.58, p.732-738, 2006.

FERRIS, C.P.; KEADY, T.W.J.; GORDON, F.J.; KILPATRICK, D.J. Comparison of a *calan gate* and a conventional feed barrier system for dairy cows: feed intake and cow behavior. **Irish Journal of Agricultural and Food Research**. v.45, p.149-156, 2006.

FRASER, A. F; BROOM, D. M. **Farm animal behaviour and welfare**. London, UK: Baillière Trindall, 1990. 437p.

FRAZZI, E.; CALAMARI, L.; CALEGARI, F. The aeration, with and without misting: Effects on heat stress in dairy cows. **Proceeding of the fifth International Symposium Minnesota**, p.907-914, 1997.

FRAZZI, E.; CALAMARI, L.; CALEGARI, F.; STEFANINI, L. Behavior of dairy cows in response to different barn cooling systems. **Transactions of American Society of Agricultural Engineering**, v.43, p.387-394, 2000.

FUQUAY, J.W. Heat stress as it affects animal production. **Journal Animal Science**, v.52, p.164-174, 1981.

FURTADO, D. A.; AZEVEDO, P. V.; TINOCO, I. F. F. Análise do conforto térmico em galpões avícolas com diferentes sistemas de condicionamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.7, p.559-564, 2003.

HAHN, G. L. Dynamic responses of cattle to thermal heat loads. **Journal Animal Science**, v.77, p.10-20, 1999.

HAHN, G. L.; GAUGHAN, J. B.; MADER, T. L.; EIGENBERG, R. A. Thermal indices and their applications for livestock environments. In: *Livestock energetics and thermal environmental management*, 2009. ASABE, p.113-130, 2009.

HOFFMAN, L.; DIMATTIA, A. Clinical use of infrared thermogram. **Archives of Internal Medicine**, v.113, p.218-224, 1964.

HURNIK, J. F.; DEBOER, S.; WEBSTER, A. B. Detection of health disorders in dairy cattle utilizing a thermal infrared scanning technique. **Canadian Journal Animal Science**, v.64, p.1071-1073, 1984.

JENSEN, P. (ed.). **The Ethology of domestic animals: An introductory text**. Cab international 2002.

JOHNSON, H.D.; VANJONACK, W.J. Effects of environmental and other stressors on blood patterns in lactating animals. **Journal Dairy Science**, v.59, p.1603-1617, 1976.

JOHNSON, H.D. Environmental management of cattle to minimize the stress of climatic change. **International Journal of Biometeorology**. v.24, p.65-78, 1980.

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

KASTELIC, J. P.; COOK, R. B.; COULTER, G. H.; WALLINS, G. L.; ENTZ, T. Environmental factors affecting measurement of bovine scrotal surface temperature with infrared thermography. **Animal Reproduction Science**, v.41, p.153-159, 1996.

KNÍŽKOVÁ, I.; KUNC, P.; KOUBKOVA, M.; FLUSSER, J.; OLDRICH, D. Evaluation of naturally ventilated dairy barn management by a thermographic method. **Livestock Production Science**, v.77, p.349-353, 2002.

KOTRBA, R.; KNÍŽKOVÁ, I.; KUNC, P.; BARTOS, L. Comparison between the coat temperature of the eland and dairy cattle by infrared thermography. **Journal of Thermal Biology**, v.32, p.355-359, 2007.

KUNC, P.; KNÍŽKOVÁ, I.; PŘIKRYL M.; MALOUN J. Infrared thermography as a tool to study the milking process: a review. **Agricultura Tropica et Subtropica**, v.40, p.29-32, 2007.

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

LEFCOURT, A.M.; SCHMIDTMANN, E.T. Body temperature of dry cows on pasture: environmental and behavioral effects. **Journal Dairy Science**, v.72, p.3040-3049, 1989.

LIGEIRO, E.C.; MAIA, A. S. C.; SILVA, R. G. da.; LOUREIRO, C. M. B. Perda de calor por evaporação cutânea associada às características morfológicas do pelame de cabras leiteiras criadas em ambiente tropical. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, p.544-549, 2006.

LIMA, M.L.M.; FERNANDES, J. J.; CARVALHO, E. R.; SANTOS, S.; CRUZ, M. C.; BRITO, A. C. Desempenho de novilhas mestiças leiteiras alimentadas com cana-de-açúcar corrigida e suplementadas com concentrado contendo extrato de *Quillaja saponaria molina*. **Ciência Animal Brasileira**, v.10, p.730-734, 2009.

MAIA, A.S.C.; SILVA, R. G.; LOUREIRO, C. M. B.; Latent heat loss of Holstein cows in a tropical environment: a prediction model. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.1837-1843, 2008.

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

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

McDOWELL, R.E. **Bases biológicas de la producción animal en zonas tropicales**. Zaragoza: Acribia, 1972. 692p.

McDOWELL, R.E.; HOOVEN, N.M.; CAMOENS, J.K. Effect of climate on performance of Holstein in first lactation. **Journal of Dairy Science**, v.59, p.965-973, 1976.

McGREEVY, P. **Notes on some topics in applied animal behaviour**. University of Sydney, Austrália, 2003. 102p.

MEDEIROS, C.M. **Ajuste de modelos e determinação de índice térmico ambiental de produtividade para frangos de corte**. 2001. 125p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.

MITLOHNER, F. M.; MORROW-TESCH, J. L.; WILSON, S. C.; DAILEY, J. W.; McGLONE, J. J. Behavioral sampling techniques for feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, v.79, p.1189-119, 2001.

MONTANHOLI, Y.R.; ODONGO, N. E.; SWANSON, K. C.; SCHENKEL, F. S.; McBRIDE, B. W.; MILLER, S. P. Application of infrared thermography as an indicator heat and methane production and its use in the study of skin temperature in response to physiological events in dairy cattle (*Bos taurus*). **Journal of Thermal Biology**, v.33, p.468–475, 2008.

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

MOURA, D. J. Ventilação na suinocultura. In: AMBIÊNCIA E QUALIDADE NA PRODUÇÃO DE SUÍNOS, Piracicaba, 1999. **Anais**. Piracicaba: FEALQ, 1999. p.149-179.

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

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

NONAKA, I.; TAKUSARI, N., TAJIMA, K.; SUZUKI, T., HIGUCHI, K.; KURIHARA, M. Effects of high environmental temperatures on physiological and nutritional status of prepubertal Holstein heifers. **Livestock Science**, v.113, p.14-23, 2008.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle**. Washington, D.C.: National Academy of Sciences, 2001. 363p.

OLIVEIRA, A.A.; AZEVEDO, H. C.; MELO, C. B. **Criação de bezerras em sistema de produção de leite**. EMBRAPA TABULEIROS COSTEIROS, ARACAJU, SE. 2005.

OLIVEIRA, L. M. F.; YANAGI JUNIOR, T.; FERREIRA, E.; CARVALHO, L. G.; SILVA, M. P. Zoneamento bioclimático da região sudeste do Brasil para o conforto térmico animal e humano. **Engenharia Agrícola**, v.26, p.823-831, 2006.

OLIVEIRA, M. V. M.; LANA, R. P.; EIFERT, E. C.; LUZ, D. F.; VARGAS JUNIOR, F. M. Desempenho de novilhas Holandesas confinadas com dietas com diferentes níveis de monensina sódica. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.1835-1840, 2009.

PEREIRA, J. C.; CUNHA, D. N. F.; CECON, P. R.; FARIA, E. S. Desempenho, temperatura retal e frequência respiratória de novilhas leiteiras de três grupos genéticos recebendo dietas com diferentes níveis de fibra. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.328-334, 2008.

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

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

POLAT, B.; COLAK, A.; CENGIZ, M.; YANMAZ, L.E.; ORAL, H.; BASTAN, A.; KAYA, S.; HAYIRLI, A. Sensitivity and specificity of infrared thermography in detection of subclinical mastitis. **Journal of Dairy Science**, v.93, p.3525–3532, 2010.

QUIGLEY, J.D.; JAMES, R. E.; MCGILLIARD, M. L. Dry matter intake in dairy heifers. 1. Factors affecting intake of heifers under intensive management. **Journal Dairy Science**, v.69, p.2855–2862, 1986.

REECE, W. Respiração nos mamíferos. In: **Dukes: Fisiologia dos animais domésticos**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2006. p.103-134.

ROBERTSHAW, D. **Regulação da temperatura e o ambiente térmico**. In: Dukes, fisiologia dos animais domésticos. Rio de Janeiro. Guanabara Koogan 2006. p 899 -909.

ROMA JUNIOR, L. C. **Cobertura de fibrocimento e sistema de climatização: influência no desempenho de vitelos mestiços e da raça holandesa**. 2004. 83 p. Dissertação (Mestrado em Qualidade e Produtividade Animal) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Pirassununga, 2004.

SAITO, T.; TOMABECHI, T.; ISHIDA, T.; HAGIWARA, K.; NEGISHI, Y.; KABASAWA, K. Effect of cool air to lactating dairy cows by an air conditioner in summer. **Gunma Journal of Agricultural Research**, v.6, p.1-7, 1989.

SANTOS, S.A.; McMANUS, C.; SOUZA, G. S.; SORIANO, B. M. A.; SILVA, R. A. M. S.; COMASTRI FILHO, J.A.; ABREU, U. G. P.; GARCIA, J. B. Variação da temperatura corporal e da pele de vacas e bezerros das raças Pantaneira e Nelore no Pantanal. **Archivos de Zootecnia**, v.54, p.237-244. 2005.

SAS Institute, Inc. 2003. **SAS/STAT® user's guide**. Vol. 2. SAS Institute, Inc., Cary, NC.

SCHAEFER, A. L.; COOK, N. J. CHURCH, J. S.; BASARAB, J.; PERRY, B.; MILLER, C.; TONG, A. K. W. The use of infrared thermography as an early indicator of bovine respiratory disease complex in calves. **Research in Veterinary Science**, v.83, p.376–384, 2007.

SCHARF, B.; WAX, L. E.; AIKEN, G.E.; SPIERS, D.E. Regional differences in sweat rate response of steers to short-term heat stress. **International Journal Biometeorology**, v.52, p.725-32, 2008.

SCHÜTZ, K. E.; ROGERS, A. R.; COX, N. R.; TUCKER, C. B.. Dairy cows prefer shade that offers greater protection against solar radiation in summer: Shade use, behaviour, and body temperature. **Applied Animal Behaviour Science**, v.116, p.28-34. 2009.

SEVEGNANI, K. B. **Avaliação dos efeitos fisiológicos causados pela ventilação artificial em frangos de corte, em dispositivos de simulação climática**. 2000. 106 p. Tese (Doutorado em Construções Rurais e Ambiente) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000.

SEVI, A.; ALBENZIO, M.; ANNICCHIARICO, G.; CAROPRESE, M.; MARINO, R.; TAIBI, L. Effects of ventilation regimen on the welfare and performance of lactating ewes in summer. **Journal of Animal Science**, v.80, p.2349-2361, 2002.

SEVI, A.; TAIBI, L.; ALBENZIO, M.; CAROPRESE, M.; MARINO, R.; MUSCIO, A. Ventilation effects on air quality and on the yield and quality of ewe milk in winter. **Journal Dairy Science**, v.86, p.3881-3890, 2003.

SILANIKOVE, N. Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. **Livestock Production Science**, v.67, p.1-18, 2000.

SILVA, I.J.O. Climatização das instalações para bovino leiteiro. In: Simpósio Brasileiro de Ambiente na Produção de Leite, Piracicaba, 1998. **Anais**. Piracicaba: FEALQ, 1998. p.114-145.

SILVA, R.G. **Introdução à bioclimatologia animal**. 1.ed. São Paulo: Nobel 2000. 286p.

SILVA, R.G., STARLING, J.M.C. Evaporação cutânea e respiratória em ovinos sob altas temperaturas ambientes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, p.1956-1961, 2003.

SILVA, R. G. **Biofísica Ambiental: Os animais e seu ambiente**. Jaboticabal, SP: Editora FUNEP, 2008. v.1. 300 p.

SMITH, T. R.; CHAPA, A.; WILLARD, S.; HERNDON, C.; WILLIAMS, R. J.; CROUCH, J.; RILEY, T.; POGUE, D. Evaporative tunnel cooling of dairy cows in Southeast I: Effect in body temperature and respiration rate. **Journal Dairy Science**, v.89, p.3904-3914, 2006.

SOUZA JÚNIOR, J.B.F. Sudação e características morfológicas do pelame de bovinos manejados em ambiente tropical. **PUBVET**, v.2, 2008.

SPAIN, J.N., SPIERS, D.E., SAMPSON, J. D. The effects of nighttime versus continuous - cooling on thermal balance and milk production of lactating dairy cows. In: **Livestock environment vi**: Proceedings of the 6th International Symposium, Kentucky, 2001. p.56-63.

STEWART, M.; WEBSTER, J. R.; SCHAEFER, A. L.; COOK, N.J.; SCOTT, S. L. Infrared thermography as a non-invasive tool to study animal welfare. **Animal Welfare**, v.14, p.319-325, 2005.

STOWELL, R.R.; GOOCH, C. A.; BICKERT, W. G. Design parameters for hotweather ventilation of dairy housing: a critical review. Forth Worth, Tx, 2003. In: **International Dairy Housing**, 5, 2003, ASAE. 2003.

THOM, E.C. **The discomfort index**. *Weathewise*. v.12, p.57-59, 1959.

TURNPENNY, J.R.; WATHES, C. M.; CLARCK, J. A. McARTHUR, A. J. Thermal balance of livestock 2. Applications of a parsimonious model. **Animal and Forest Meteorology**, v.101, p.29-52, 2000.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **Dairy: World Markets and Trade**. December 2009. 25p.

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

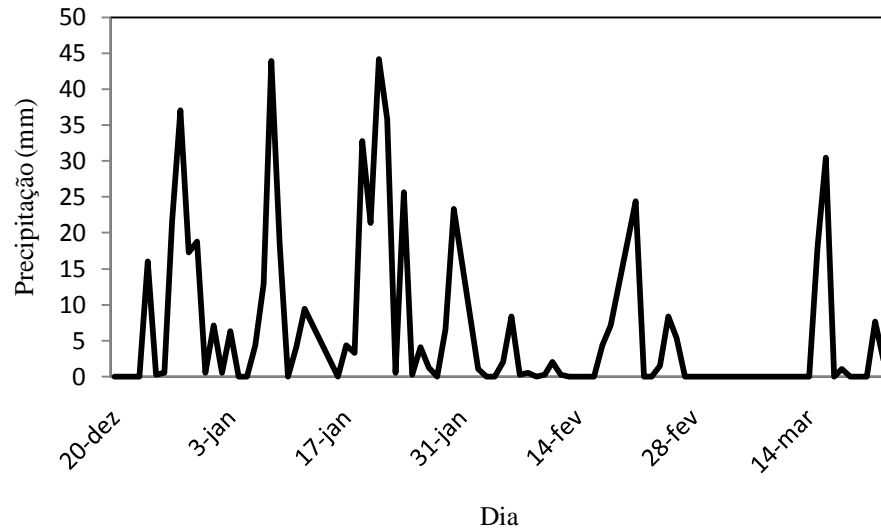
WHITTOW, G.C. The significance of the extremities of the ox (*Bos taurus*) in thermoregulation. **Journal of Agricultural Science**, v.58, p.109-120, 1962.

YOUNAS, M.; FUQUAY, J. W.; SMITH, J.A.; MOORE, A. B. Estrous and endocrine responses of lactating Holsteins to forced ventilation during summer. **Journal Dairy Science**, v.76, p.430-436, 1993.

YOUSEF, M. K. Effect of ruminal heating on thyroid function and heat production of cattle. **Journal Animal Science**, v.27, p.677-683, 1968.

YOUSEF, M. K. **Stress Physiology in Livestock**. CRC Press, Boca Raton, FL. 1985.

ANEXO



Precipitação pluviométrica durante o período experimental

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](#)